

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS**

**CLASSIFICAÇÃO DO DESEMPENHO  
TÉRMICO DA ENVOLTÓRIA DE  
HABITAÇÃO POPULAR EM CONCRETO  
ARMADO**

**2015**

**Raquel Diniz Oliveira**

**CLASSIFICAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO  
DA ENVOLTÓRIA DE HABITAÇÃO POPULAR EM  
CONCRETO ARMADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Estruturas.

Área de Concentração: Estruturas

Orientador: Prof. Dr. Roberto Márcio da Silva

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Roberta Vieira Gonçalves de Souza

2015

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Raquel Diniz  
OXXo Classificação do desempenho térmico da envoltória de  
habitação popular em concreto armado./ Raquel Diniz Oliveira - 2015.  
278 f. : il.

Orientador: Roberto Márcio da Silva  
Orientadora: Roberta Vieira Gonçalves de Souza  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de  
Engenharia.

1. Desempenho Térmico. 2. Parede de Concreto. 3.  
Normas de Desempenho I. Silva, Roberto Márcio da II.  
Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia  
III. Título

CDD : XXX.XX

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

**"CLASSIFICAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DA ENVOLTÓRIA DE  
HABITAÇÃO POPULAR EM CONCRETO ARMADO"**

Raquel Diniz Oliveira

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "Doutor em Engenharia de Estruturas".

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dr. Roberto Márcio da Silva  
DEES - UFMG (Orientador)

---

Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza  
TAU - UFMG (Coorientador)

---

Profa. Dra. Sofia Maria Carrato Diniz  
DEES - UFMG

---

Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger  
UTFPR

---

Prof. Dr. Henor Artur de Souza  
UFOP

---

Prof. Dr. Aldomar Pedrini  
UFRN

Belo Horizonte, 04 de dezembro de 2015

Ao meu grande amor e maior incentivador.

## AGRADECIMENTOS

Ao longo dos vários anos de desenvolvimento desta pesquisa pude contar com o apoio de diversas pessoas e Instituições que tornaram possível a realização desta Tese, sem as quais eu jamais teria chegado até aqui. Diante da árdua tarefa de traduzir o imensurável por meio de palavras, gostaria de registrar meu sincero agradecimento:

A Deus, pelo dom da vida e por proporcionar-me diferentes caminhos e oportunidades guiando as minhas escolhas e contribuindo para que eu pudesse perseverar nos meus objetivos e superar os obstáculos apresentados.

Aos meus pais, pela formação e estímulo ao meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Leo, pelas críticas, sabedoria, paciência, amor, compreensão e apoio incondicional.

Ao prof. Eduardo Cabaleiro pela oportunidade, incentivo, confiança, amizade e por me apresentar um mundo novo de saberes.

À prof.<sup>a</sup> Roberta Vieira pelo apoio e aceite em um novo desafio, pela experiência proporcionada junto ao Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações (LABCON), pelo aprendizado que vai muito além do âmbito acadêmico e por despertar em mim a paixão pela pesquisa, ensino e pela área da arquitetura bioclimática, conforto, eficiência energética e afins.

Ao prof. Roberto Márcio, Mestre com o qual tive o privilégio de conviver e a todos os professores que contribuíram para minha formação profissional, em especial, a professora Eleonora Assis e Rejane Magiag.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas pelo auxílio na participação do 40th *International Association for Housing (IAHS) World Congress* ocorrido em dezembro de 2014 na cidade de Funchal em Portugal e por disponibilizar os recursos necessários para impressão dos vários volumes desta tese.

Aos amigos do LABCON, em especial, à Camila Ferreira e Ana Carolina Veloso pela motivação e auxílios no desenvolvimento da simulação e aos bolsistas que colaboraram neste trabalho: Cibele Eller, Rafael Ruela, Fernanda Campos e principalmente para Carolina Vilela, Ana Júlia Mairink e Magno Rizzi que contribuíram, substancialmente na formatação dos resultados desta pesquisa na etapa final. E também aos colegas do CEFET MG. À Eletrobrás pelo incentivo à pesquisa e apoio financeiro e a todos os amigos pela torcida e que, de alguma forma, contribuíram para o êxito deste trabalho.

*“O arquiteto tem que fazer da luz, do sol e do calor, um problema seu.”*

(Louis Kahn)

*“Os edifícios estarão bem adequados se, desde o princípio, se tem em conta o clima do lugar, porque não há dúvida de que devem ser distintos os edifícios que se fazem no Egito dos que se fazem em Roma.”*

(Vitruvio)

## RESUMO

Este estudo tem por escopo analisar o desempenho térmico da envoltória de Habitação de Interesse Social (HIS), naturalmente ventilada, estruturada em paredes de concreto armado. A partir dos principais instrumentos brasileiros, avaliou-se o desempenho térmico das unidades habitacionais pelo método prescritivo da NBR 15.575 (2013), NBR 15.220 (2005), do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (2012) e Selo Casa Azul (2014). O método de simulação computacional também foi avaliado para o RTQ-R e NBR 15.575 por meio do programa *Energy Plus*. Para tanto, foram selecionadas oito cidades representativas de cada zona bioclimática (ZB) brasileira, contemplando diferentes condições climáticas. Foram propostas mudanças nos requisitos em desconformidade normativa. Verificou-se, o acréscimo de sombreamento nas aberturas e a variação da implantação da HIS. No que tange o método de simulação analisaram-se os limites de temperatura da edificação. Ao final, foram verificadas as temperaturas internas, nas diferentes condições climáticas, em relação a zona de conforto adaptativa proposta pela ASHRAE 55/2010 bem como se a metodologia utilizada nas normas para análise do desempenho térmico do edifício foi adequada para garantir condições de conforto térmico aos usuários. Constatou-se, de modo geral, maior rigor no método prescritivo. Já em relação ao método de simulação verificaram-se incongruências nos limites estabelecidos pela NBR 15.575 possibilitando aprovação de habitações desconfortáveis termicamente para os usuários. Quanto ao RTQ-R notou-se que o limite para avaliação das condições de inverno encontra-se elevado em alguns casos, possibilitando resultados de classificação que ocultam deficiências do sistema construtivo. Verifica-se, ademais, que as paredes de concreto podem ser utilizadas no Brasil com alguns ajustes em sua composição, exceto nas zonas bioclimáticas mais quentes. Para estes casos as estratégias associadas ao sistema construtivo como a ventilação natural, sombreamento das aberturas, isolamento da envoltória, entre outras, se mostraram insuficiente para garantir condições aceitáveis para os usuários sem uso de sistemas artificiais de condicionamento.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social; Paredes de concreto; Normas Brasileiras; Desempenho térmico edilício.

## **ABSTRACT**

This study aims to analyze the thermal performance in naturally ventilated Social Housing, with concrete walls ( $U=4.40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\alpha= 0.4$ ), in Brazilian territory. The building envelope was evaluated by the main thermal performance Brazilian standards (NBR 15,220/2005, NBR 15,575/2013, RTQ-R/2012 and Blue House Labeling/2014), considering the simplified and computer simulation methods using Energy Plus software. Eight cities represents the Brazilian bioclimatic zones and climate differences. It proposes some changes to unapproved requirements especially in building envelope. Moreover, it adds shutters in the bedrooms and direction changes in the site plan. Results showed that the simplified method was, in general, stricter than the simulation method. It founds contradictions in the simulation method limits set by the NBR 15,575 that allowed the approval uncomfortable dwellings for users. For the RTQ-R it notes that the limit for winter conditions enable, in some cases, hide the inappropriate thermal behavior of the building system in their evaluation. Concluding the concrete walls can be used in Brazil with some building system changes, except in the hottest bioclimatic zones. For these cases, natural ventilation, windows shutters and as well as the envelope insulation increase proved insufficient to ensure human acceptable conditions without use artificial ventilation and air conditioning equipment.

**Keywords:** Social Housing; Concrete walls; Brazilian Standards; Building Thermal Performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	46
Figura 2 - Carta Bioclimática adaptada para o Brasil .....	46
Figura 3 - Dados de entrada apresentados no campo relativo ao dia típico ( <i>SizingPeriod: DesignDay</i> ) do programa de simulação computacional <i>Energy Plus</i> versão 8.1.0 .....	54
Figura 4 - Fluxograma com as etapas de estudo do presente trabalho .....	69
Figura 5 - Mapa de Classificação Climática de Köppen-Geiger com a localização das oito cidades brasileiras selecionadas .....	75
Figura 6 - Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Campos do Jordão - SP .....	78
Figura 7 - Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Manaus - AM .....	81
Figura 8 - Planta do primeiro pavimento do protótipo padrão estudado .....	82
Figura 9 - Fachada 1 do protótipo padrão estudado .....	83
Figura 10 - Fachada 4 do protótipo padrão estudado .....	83
Figura 11 - Fachada 5 do protótipo padrão estudado .....	83
Figura 12 - Corte AA do protótipo padrão estudado .....	83
Figura 13 - Corte BB do protótipo padrão estudado .....	83
Figura 14 - Planta com a localização das janelas auto sombreadas pela volumetria da edificação .....	84
Figura 15 - Detalhe ampliado da máscara de sombreamento da abertura J1, em Campos do Jordão - SP .....	86
Figura 16 - Configuração original da janela da sala de estar .....	87
Figura 17 - Configuração modificada da janela da sala de estar .....	87
Figura 18 - Planta dos eixos das paredes do modelo de simulação .....	89
Figura 19 - Perspectiva do modelo da Edificação do estudo de caso .....	89
Figura 20 - Perspectiva do entorno considerado para o cálculo do coeficiente de pressão do vento sendo o projeto analisado destacado em vermelho .....	94
Figura 21 - Proporção da área de abertura em relação à fachada da sala para o limite de 15% em relação à área de piso .....	102
Figura 22 - Proporção da área de abertura em relação à fachada da sala para o limite de 40% em relação à área de piso .....	102

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Faixas de temperatura operativa aceitáveis para espaços naturalmente ventilados ...	43
Gráfico 2 - Variação da temperatura de Campos do Jordão- SP em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010 .....	76
Gráfico 3 - Variação da temperatura de Manaus - AM em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010 .....	79
Gráfico 4 - Comparativo dos limites de temperatura para desempenho no verão e inverno em face da NBR 15.575 .....	150
Gráfico 5 - Temperatura interna versus externa para as Parede de concreto maciça e cobertura isolada e sem isolamento na cidade de Campos do Jordão - SP .....	153
Gráfico 6 - Temperatura interna versus externa para as Parede de concreto maciça e cobertura isolada e sem isolamento na cidade de Manaus - AM .....	153
Gráfico 7 - Temperatura interna versus externa para a Parede de Concreto com vermiculite e cobertura com lã de vidro na cidade de Campos do Jordão - SP .....	153
Gráfico 8 - Temperatura interna versus externa para a Parede de Concreto com vermiculite e cobertura com lã de vidro na cidade de Manaus - AM .....	153
Gráfico 9 - Temperatura interna versus externa para a Parede de Concreto com EPS e cobertura com lã de vidro na cidade de Campos do Jordão - SP .....	154
Gráfico 10 - Temperatura interna versus externa para a Parede de Concreto com EPS e cobertura com lã na cidade de Manaus - AM .....	154

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação em percentual dos principais eletrodomésticos no consumo residencial brasileiro .....	24
Tabela 2 - Participação em percentual dos equipamentos de climatização artificial nos domicílios brasileiros .....	24
Tabela 3 - Percentual de uso do ar condicionado em relação ao tipo de clima.....	25
Tabela 4 - Recomendações da NBR 15.220 para as oito ZBs brasileiras .....	47
Tabela 5 - Dados apresentados nas tabelas anexas da NBR 15.575 .....	53
Tabela 6 - Arquivos climáticos do tipo CSV, EPW, TRY e SWERA .....	56
Tabela 7 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão .....	57
Tabela 8 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno .....	58
Tabela 9 - Comparativo das áreas de abertura para ventilação e iluminação do Selo Casa Azul .....	60
Tabela 10 - Modelo para cálculo da eficiência da envoltória naturalmente ventilada .....	62
Tabela 11 - Variáveis consideradas pelas normas analisadas .....	70
Tabela 12 - Variações consideradas para o método de simulação da norma NBR 15.575 .....	72
Tabela 13 - Variáveis consideradas para o método de simulação do RTQ-R .....	73
Tabela 14 - Valores médios horários de T mensal de Campos do Jordão - SP .....	76
Tabela 15 - Valores médios horários de velocidade do vento de Campos do Jordão - SP .....	77
Tabela 16 - Valores médios horários de T mensal de Manaus - AM .....	78
Tabela 17 - Valores médios horários de velocidade do vento de Manaus - AM .....	80
Tabela 18 - Máscaras de sombreamento das aberturas da edificação em análise .....	85
Tabela 19 - Área disponível para ventilação natural na sala de estar .....	87
Tabela 20 - Variações do sistema construtivo analisado no estudo de caso .....	88
Tabela 21 - Pré-requisitos da envoltória: Transmitância térmica de paredes (Upar) .....	97
Tabela 22 - Pré-requisitos da envoltória: Transmitância térmica de coberturas (Ucob) .....	99
Tabela 23 - Pré-requisitos da envoltória: Ventilação Natural .....	101
Tabela 24 - Pré-requisitos da envoltória: Ventilação Cruzada .....	103
Tabela 25 - Área disponível para iluminação natural nos ambientes de permanência prolongada .....	103
Tabela 26 - Pré-requisitos da envoltória: Iluminação Natural .....	105
Tabela 27 - Classificação Máxima da UH em face dos pré-requisitos do RTQ-R .....	108

Tabela 28 - Classificação da UH pelo RTQ-R para o projeto original na ZB1, implantação N1 e N2, antes e após a aplicação dos pré-requisitos .....	109
Tabela 29 - Classificação da UH 401 para os diferentes tipos de cobertura nas 8 ZBs na implantação N1, antes e após a aplicação dos pré-requisitos .....	110
Tabela 30 - Classificação média das UHs para os diferentes sistemas construtivos pelo RTQ-R, considerando os pré-requisitos .....	112
Tabela 31 - Desempenho da edificação em face das recomendações para as aberturas, sombreamento e sazonais .....	113
Tabela 32 - Características do sistema construtivo para aproveitamento da inércia térmica .....	116
Tabela 33 - Transmitância térmica, Atraso térmico e Fator Solar das paredes .....	117
Tabela 34 - Transmitância térmica, Atraso térmico e Fator Solar das coberturas .....	118
Tabela 35 - Desempenho dos sistemas de vedação da edificação .....	118
Tabela 36 - Opção para variação do sistema de vedação vertical .....	119
Tabela 37 - Opção para variação do sistema de vedação horizontal .....	120
Tabela 38 - Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Campos do Jordão - SP ..	122
Tabela 39 - Desempenho térmico da UH nas condições de inverno de Campos do Jordão - SP .....	123
Tabela 40 - Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Manaus - AM .....	125
Tabela 41 - Desempenho médio dos ambientes das UHs nas condições de verão .....	128
Tabela 42 - Desempenho médio dos ambientes das UHs nas condições de inverno .....	129
Tabela 43 - Classificação média das UHs térreas .....	130
Tabela 44 - Classificação média das UHs de cobertura .....	131
Tabela 45 - Classificação média ponderada das UHs térreas e de cobertura .....	132
Tabela 46 - Comparativo dos métodos de avaliação da NBR 15.575 para UHs térreas .....	138
Tabela 47 - Comparativo dos métodos de avaliação da NBR 15.575 para UHs de cobertura ...	139
Tabela 48 - Comparativo dos métodos de avaliação do RTQ-R para UHs térreas .....	140
Tabela 49 - Comparativo dos métodos de avaliação do RTQ-R para UHs de cobertura .....	141
Tabela 50 - Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Campos do Jordão - SP .....	146
Tabela 51 - Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Campos do Jordão - SP .....	147
Tabela 52 - Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Manaus - AM .....	149
Tabela 53 - Síntese do Percentual de Horas Ocupadas em Conforto e Desconforto por frio ou calor para as UHs térreas e de cobertura .....	155
Tabela 54 - Comparativo entre o GHR e o POD por calor para as UHs térreas .....	158

Tabela 55 - Comparativo entre o CA e o POD por frio para as UHs térreas .....	158
Tabela 56 - Comparativo entre o GHR e o POD por calor para as UHs de cobertura .....	159
Tabela 57 - Comparativo entre o CA e o POD por frio para as UHs de cobertura .....	160

## LISTA DE ABREVIATURAS

A - Área ( $m^2$ )

Apa - Área de piso do ambiente ( $m^2$ )

AU - Área útil ( $m^2$ )

AUamb - Área útil do ambiente ( $m^2$ )

Alfa ( $\alpha$ ) - Absortância solar das superfícies

Alfa cob ( $\alpha$  cob) - Absortância solar da cobertura

Alfa par ( $\alpha$  par) - Absortância solar da parede

Amb - Ambiente

AAb - Área da Abertura ( $m^2$ )

AAbL - Área da Abertura Leste ( $m^2$ )

AAbN - Área da Abertura ( $m^2$ )

AAbO - Área da Abertura Oeste ( $m^2$ )

AAbS - Área da Abertura Sul ( $m^2$ )

Apa - Área de piso do ambiente ( $m^2$ )

APamb - Áreas de parede externa do ambiente ( $m^2$ )

APambL - Área de parede externa do ambiente voltada para o Leste ( $m^2$ )

APambN - Área de parede externa do ambiente voltada para o Norte ( $m^2$ )

APambO - Área de parede externa do ambiente ( $m^2$ )

APambS - Área de parede externa do ambiente voltada para o Sul ( $m^2$ )

AparInt - Área das paredes internas, excluindo as aberturas ( $m^2$ )

CA - Consumo relativo para aquecimento ( $kWh/m^2$ )

$C_{altura}$  - Coeficiente de altura

CD - Coeficiente de descarga

CQ - Coeficiente de fluxo de ar por frestas

CP - Coeficiente de pressão superficial

CT - Capacidade térmica ( $J/K$ )

CT par - Capacidade térmica da parede

cob - Cobertura

Env - Envoltória

EqNum - Equivalente numérico

EqNumAA - Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água

EqNumEnv - Equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente

FS<sub>o</sub> - Fator de ganho de calor solar de elementos opacos (%)

FT- Fator de correção da Transmitância

FV- Fator Ventilação

G - Grande (tamanho das aberturas)

GH<sub>R</sub> - Graus-hora de Resfriamento

IS - Instalação Sanitária

isol - Isolamento nas paredes externas e coberturas

L - Leste

M - Médio (tamanho das aberturas)

m - metro ou metros

máx - máximo (a)

mín - mínimo (a)

N - Norte

O - Oeste

par - Parede

phi (φ) - Atraso Térmico (horas)

pil - Contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis

P - Pequeno (tamanho das aberturas)

PD - Pé-direito do ambiente (m)

PT<sub>UH</sub> pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma

Ren/h – Taxa de renovação do volume do ar por hora

RT - Resistência Térmica Total (m<sup>2</sup>.K/W)

S - Sul

solo - Contato do piso do ambiente com o solo

somb - sombreamento (dispositivos de proteção solar externos às aberturas)

T - Temperatura (°C)

TO - Temperatura Operativa (°C)

U - Transmitância térmica (W/m<sup>2</sup>.K)

U cob / par - Transmitância térmica da cobertura / parede (W/m<sup>2</sup>.K)

Uvid - transmitância térmica do vidro (W/m<sup>2</sup>.K)

UH - Unidade Habitacional Autônoma

vid - existência de vidro duplo no ambiente

ZB - Zona Bioclimática

## LISTA DE SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento *Portland*  
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ACP – *Alternative Compliance Path*  
ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído  
ASHRAE -*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*  
BEN - Balanço Energético Nacional  
CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações  
CEF - Caixa Econômica Federal  
CEFET MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais  
CFD - Fluidodinâmica computacional  
CIBSE - *Chartered Institution of Building Services Engineers*  
CSV - *Comma Separated Values*  
DOE - *United States Department of Energy*  
ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia  
EPS - *Expanded polystyrene* ou Poliestireno Expandido  
EPW - *Energyplus Weather Data*  
FDT - Frequência de desconforto térmico  
HIS - Habitação ou Habitações de Interesse Social  
ISO - *International Organization for Standardization*  
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia  
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial  
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
LABCON - Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações  
LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações  
MME - Ministério das Minas e Energia  
NBR - Norma Brasileira  
OMS - Organização Mundial de Saúde  
PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem  
PBH - Prefeitura de Belo Horizonte  
PMCMV - Programa Minha Casa Minha Vida  
PMV - Voto Médio Previsto (*Predicted Mean Vote*)  
Pnad - Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios  
Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf).

POC - Percentual de Horas Ocupadas em Conforto  
POD - Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto  
PPD - Percentual Previsto de Insatisfeitos (*Predicted percentage of dissatisfied*)  
PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica  
PROCEL EDIFICA - Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações  
PVC - Policloreto de Vinila  
RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais  
SINDUSCON MG - Sindicato da Indústria e da Construção Civil de Minas Gerais  
SWERA - *Solar and Wind Energy Resource Assessment*  
TMY2 - *Test Meteorological Year*  
TRY - *Typical Reference Year*

# SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1. Contextualização do Problema .....	23
1.2. Objetivos .....	26
1.3. Premissas e hipóteses adotadas .....	26
1.4. Justificativa da escolha .....	27
1.5. Relevância e novidade do trabalho .....	29
1.6. Estrutura da tese .....	30
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>32</b>
2.1. Desempenho Térmico das edificações .....	32
2.2. Conforto térmico dos usuários .....	38
2.3. Legislações e Normas de Desempenho .....	45
2.3.1. NBR 15.220 .....	45
2.3.2. NBR 15.575 .....	50
2.3.3. Selo Casa Azul .....	59
2.3.4. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R .....	61
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>58</b>
3.1. Caracterização das condições climáticas das cidades selecionadas .....	74
3.2. Caracterização do protótipo de Habitação de Interesse Social .....	81
3.3. Caracterização do modelo geométrico e parâmetros de simulação .....	88
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>95</b>
4.1. Resultados dos métodos prescritivos .....	95
4.1.1. Classificação da UH pelo método prescritivo do RTQ-R .....	107
4.1.2. Estratégias complementares propostas pela NBR 15.220 .....	112
4.2. Resultados do método de simulação computacional .....	120
4.3. Análise Comparativa dos Resultados dos métodos prescritivo e de simulação .....	133

4.4. Análise das condições de conforto dos usuários .....	143
4.5. Influência do sistema construtivo no desempenho térmico da edificação .....	162
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>165</b>
5.1. Apontamentos futuros .....	170
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO A - Projeto original do estudo de caso .....</b>	<b>179</b>
Planta do pavimento tipo .....	179
Planta de Cobertura e Fachadas .....	180
Implantação .....	181
<b>APÊNDICE A – Caracterização climática das cidades selecionadas para ZB2 a 7 .....</b>	<b>182</b>
Dados de Passo Fundo - RS (vento e temperatura) .....	182
Dados de Belo Horizonte - MG (vento e temperatura) .....	183
Dados de Brasília - DF (vento e temperatura) .....	184
Dados de Campos dos Goytacazes - RJ (vento e temperatura) .....	186
Dados de Goiânia - GO (vento e temperatura) .....	187
Dados de Cuiabá - MT (vento e temperatura) .....	188
<b>APÊNDICE B - Classificação da UH pelo método prescritivo do RTQ-R .....</b>	<b>190</b>
Classificação da UH para o projeto original na ZB2 (N1 e 2) e ZB3 (N1) .....	190
Classificação da UH para o projeto original na ZB3 (N2) e ZB4 (N1 e 2) .....	191
Classificação da UH para o projeto original na ZB5 (N1 e 2) e ZB6 (N1) .....	192
Classificação da UH para o projeto original na ZB6 (N2) e ZB7 (N1 e 2) .....	193
Classificação da UH para o projeto original na ZB8 (N1 e 2) e modificado com parede de concreto e cobertura com <i>foil</i> de alumínio ou manta de lã de vidro na ZB1 (N1) .....	194
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto e cobertura com <i>foil</i> de alumínio ou manta de lã de vidro na ZB1 (N2) e ZB2 (N1 e 2) .....	195
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto e cobertura com <i>foil</i> de alumínio ou manta de lã de vidro na ZB3 (N1 e 2) e ZB4 (N1) .....	196
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto e cobertura com <i>foil</i> de alumínio ou manta de lã de vidro na ZB4 (N2) e ZB5 (N1 e 2) .....	197

Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto e cobertura com <i>foil</i> de alumínio ou manta de lã de vidro na ZB6 (N1 e 2) e ZB7 (N1) .....	198
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto e cobertura com <i>foil</i> de alumínio ou manta de lã de vidro na ZB7 (N2) e ZB8 (N1 e 2) .....	199
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro na ZB1 (N1 e 2) e ZB2 (N1) .....	200
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro na ZB2 (N2) e ZB3 (N1 e 2) .....	201
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro na ZB4 (N1 e 2) e ZB5 (N1) .....	202
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro na ZB5 (N2) e ZB6 (N1 e 2) .....	203
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro na ZB7 (N1 e 2) e ZB8 (N1) .....	204
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro na ZB8 (N2) e para o projeto modificado com parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro na ZB1 (N1 e 2) .....	205
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro na ZB2 (N1 e 2) e ZB3 (N1) .....	206
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro na ZB3 (N2) e ZB4 (N1 e 2) .....	207
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro na ZB5 (N1 e 2) e ZB6 (N1) .....	208
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro na ZB6 (N2) e ZB7 (N1 e 2) .....	209
Classificação da UH para o projeto modificado com parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro na ZB8 (N1 e 2) .....	210
<b>APÊNDICE C - Desempenho da UH pelo método de simulação da NBR 15.575</b> .....	211
Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Passo Fundo - RS .....	211
Desempenho térmico da UH nas condições de inverno de Passo Fundo - RS .....	212
Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Belo Horizonte - MG .....	212
Desempenho térmico da UH nas condições de inverno de Belo Horizonte - MG .....	213
Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Brasília - DF .....	214
Desempenho térmico da UH nas condições de inverno de Brasília - DF .....	215

Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Campos dos Goytacazes - RJ.....	215
Desempenho térmico da UH nas condições de inverno de Campos dos Goytacazes - RJ .....	216
Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Goiânia - GO .....	217
Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Cuiabá - MT .....	218
<b>APÊNDICE D - Classificação da UH pelo método de simulação do RTQ-R .....</b>	<b>219</b>
Classificação das UHs térreas para todos os sistemas construtivos .....	219
Classificação das UHs de cobertura do Projeto Original .....	219
Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto e cobertura com lã .....	219
Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto e cobertura com <i>foil</i> .....	220
Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto + vermiculite e cobertura com lã de vidro .....	220
Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto + EPS e cobertura com lã .....	220
<b>APÊNDICE E – Temperaturas internas dos ambientes pelo método de simulação da NBR 15.575 .....</b>	<b>221</b>
Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Passo Fundo - RS .....	221
Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Passo Fundo - RS .....	221
Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Belo Horizonte - MG .....	222
Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Belo Horizonte - MG .....	222
Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Brasília - DF .....	222
Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Brasília - DF .....	223
Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Campos dos Goytacazes - RJ .....	223
Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Campos dos Goytacazes - RJ .....	223
Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Goiânia - GO .....	224
Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Cuiabá - MT .....	224
<b>APÊNDICE F - Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto conforme simulação das UHs pelo RTQ-R e limites estabelecidos pela ASHRAE 55/2010 .....</b>	<b>225</b>
Temperaturas mensais extremas (inferior e superior) da faixa de conforto adaptativa conforme ASHRAE 55/2010 .....	225
Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por calor para as UHs térreas .....	225
Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por calor para as UHs de cobertura .....	226
Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por frio para as UHs térreas .....	226
Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por frio para as UHs de cobertura .....	227

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 – Contextualização do Problema

A Constituição Federal Brasileira de 1988, no artigo 6º, garante ao cidadão o direito social básico à moradia que deve conter o mínimo existencial de dignidade do indivíduo. Já o artigo 23, inciso IX inclui na competência dos Entes Federados promover “programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico” (BRASIL, 1988). Para concretizar este objetivo existem diversos programas habitacionais, como por exemplo: Programa de Arrendamento Residencial (PAR), Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), entre outros (BRASIL - PMCMV, [201-]). Neste contexto, cabe destacar que as moradias podem apresentar melhorias, especialmente, em relação ao conforto térmico e consumo de energia elétrica.

A Composição Setorial do Consumo de Eletricidade, disponibilizada no Balanço Energético Nacional (BEN), indicou em 2015 que o setor residencial está entre os maiores consumidores de eletricidade no país com 24,9% de representatividade, atrás somente do setor industrial com 38,8% (BRASIL - MME, [200-]). A energia elétrica é essencial para o desenvolvimento mundial, todavia, o crescente aumento do seu uso, aliado a expressiva extração de fontes naturais não se mostram sustentáveis, como no caso dos combustíveis fósseis poluidores (petróleo, carvão e gás natural). Por esta razão, originou-se uma apreensão global para se adotar medidas de racionamento energético. No Brasil, segundo Geller (2003), esta tendência não foi diferente, enfatizando a importância das estratégias para a redução do consumo energético especialmente nas edificações residenciais que se destacaram no crescimento do uso total de energia no período de 1975 a 2000.

Nas habitações, uma parcela considerável da energia é consumida para a geração de conforto aos usuários refletindo no aquecimento de água, no uso de equipamentos de

iluminação artificial e condicionamento mecânico (ar condicionado e/ou ventilador). Conforme a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – ano base 2005, observa-se que a participação percentual mais expressiva no consumo residencial, se deve ao chuveiro elétrico para aquecimento de água, à geladeira e à climatização artificial para aquecimento ou refrigeração do ambiente. Nota-se, na Tabela 1, que o chuveiro elétrico tem um peso maior no consumo da região Centro-oeste, Sudeste e Sul. A região Norte e Nordeste por ser uma região mais quente não possui uma demanda tão expressiva para aquecimento da água. Por outro lado, a geladeira tem impacto mais baixo no consumo das regiões mais frias do Brasil, Sudeste e Sul. Já a climatização artificial se mostra mais intensa nas regiões de temperaturas extremas sendo a região Norte e Sul aquelas que apresentam o consumo mais significativo para refrigeração e aquecimento do ambiente, respectivamente (BRASIL - PROCEL, 2007).

Tabela 1 – Participação em percentual dos eletrodomésticos no consumo residencial brasileiro.

<b>% por Estado</b>	<b>Norte</b>	<b>Nodeste</b>	<b>Centro-oeste</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Sul</b>	<b>% no Brasil</b>
<b>Chuveiro elétrico</b>	2	9	28	26	25	18
<b>Geladeira</b>	25	29	24	22	16	23
<b>Climatização artificial</b>	40	27	18	11	32	26
<b>Outros</b>	33	35	30	41	27	33

Fonte: dados extraídos de BRASIL - PROCEL, 2007, p. 16-17. Os equipamentos considerados como outros na pesquisa foram: lâmpada, freezer, ferro, TV e som.

Em relação à climatização artificial da pesquisa de posse citada, 25% dos domicílios brasileiros possuem ventilador de teto ou circulador de ar e 11% fazem uso de ar condicionado, conforme se observa na Tabela 2. A região Norte e Sul possuem os maiores índices. O alto índice de posse de ar condicionado da região Sul se justifica uma vez que estes aparelhos, na maioria das vezes, são de ciclo reverso, podendo ser utilizados para refrigerar ou aquecer o ambiente. Cabe ressaltar que 87% dos equipamentos de ar condicionado possuem menos de dez anos de uso o que descortina uma tendência recente, da aquisição deste tipo de aparelho no cenário nacional (BRASIL, 2007).

Tabela 2 – Participação em percentual dos equipamentos de climatização artificial nos domicílios brasileiros.

<b>% por Estado</b>	<b>Norte</b>	<b>Nodeste</b>	<b>Centro-oeste</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Sul</b>	<b>% no Brasil</b>
<b>Ventilador</b>	25	19	23	23	35	25
<b>Ar condicionado</b>	17	12	12	7	16	11

Fonte: dados extraídos de BRASIL, 2007, p. 40 e 45.

Cabe destacar que conforme prognóstico referente ao consumo de energia no setor residencial para 2020 foi previsto uma média nacional de aproximadamente 30% para geração de conforto ambiental sendo que na região Norte a estimativa foi de 50%. Ressalta-se que no período de 2005 a 2012 a venda de aparelhos de ar condicionado no Brasil aumentou 182,3% (ABRAHÃO, 2015). Estudos apontam que as temperaturas elevadas bem como as condições insuficientes das habitações para garantir conforto térmico aos usuários colaboram para o crescimento do uso de ar condicionado até mesmo nas moradias das famílias de baixa renda (CBCS, 2010). Neste Sentido, Abrahão (2015) realizou levantamento simplificado de diferentes tipos de HIS sinalizando, em diversas partes do território nacional, a presença de edifícios com sistemas de espera para instalação de ar condicionado nas fachadas referentes aos dormitórios.

Em relação a intensidade do uso do ar condicionado<sup>1</sup>, os dados nacionais do comportamento do usuário indicaram uso expressivo somente no período de verão. Nota-se na Tabela 3 que este uso passa a ser em torno de 3 vezes por semana, em mais de 50% dos domicílios brasileiros que possuem este equipamento, o que aponta um grande consumo de energia elétrica para o período de calor (BRASIL, 2007).

Tabela 3 - Percentual de uso<sup>2</sup> do ar condicionado em relação ao tipo de clima.

Clima \ % Uso	Grande	Médio	Regular	Pequeno	Não utiliza	Não mensura
Ameno	2	3	5	5	84	2
Frio	2	2	2	6	82	7
Quente	34	23	6	6	17	14

Fonte: dados extraídos de BRASIL, 2007, p. 98 e 99.

As edificações naturalmente ventiladas têm potencial para fornecer, espontaneamente, condições de conforto térmico aos usuários em diferentes regiões brasileiras. Contudo, em alguns casos, equipamentos artificiais para climatização dos ambientes poderão ser utilizados em períodos específicos do ano em que as condições locais não forem favoráveis para a manutenção natural das condições de conforto (LAMBERTS; TRIANA; FOSSATI et al. [200-]). Cabe destacar que a envoltória se configura como o principal elemento de transmissão do calor externo para os ambientes, influenciando no ganho e na perda de calor e também no desempenho térmico do edifício como um todo.

<sup>1</sup> O período em que o condicionador artificial é utilizado apenas no modo ventilação não foi contabilizado.

<sup>2</sup> Em relação aos usos tem-se: grande mais de 4 vezes por semana; médio de 1 a 3 vezes por semana; regular de 1 a 3 vezes por mês; pequeno menos de 1 vez por mês; não utiliza ou não soube mensurar.

Neste sentido se mostra de suma importância a especificação adequada dos materiais a serem utilizados no edifício, bem como as medidas adotadas para minimizar os impactos do clima local. Assim, um edifício planejado com estratégias bioclimáticas adequadas ao clima local possibilitará aos usuários plenas condições de realizar as atividades desejadas com conforto térmico usufruindo ao máximo as condições naturais oferecidas, de maneira a reduzir o consumo de energia e a dependência de sistemas artificiais de climatização.

## **1.2 – Objetivos**

O objetivo geral foi classificar o desempenho térmico da envoltória em concreto armado de HIS multifamiliar nas oito ZBs conforme método prescritivo das normas NBR 15.575 (2013), NBR 15.220 (2005), RTQ-R (2012) e Selo Casa Azul (2014) e pelo método de simulação computacional da NBR 15.575 (2013) e RTQ-R (2012).

O objetivo específico foi: 1) analisar o desempenho térmico em função de cada zona bioclimática para o sistema construtivo original, considerando-se duas diferentes implantações; 2) avaliar a necessidade de alteração na envoltória para cumprimento de requisitos mínimos dos métodos prescritivos das normas tais como redimensionamento de aberturas e inclusão de sombreamento; 3) avaliar o impacto do aumento do isolamento térmico na composição de paredes e coberturas pelos métodos prescritivo e de simulação computacional; 4) comparar as temperaturas internas obtidas por simulação computacional nos protótipos original e modificados com limites da norma ASHRAE 55/2010; 5) gerar sugestões para eventuais alterações nas normas avaliadas.

## **1.3 – Premissas e hipóteses adotadas**

Este trabalho parte das seguintes premissas:

- a) Apesar da má reputação em relação ao desempenho térmico, as paredes de concreto armado, implantada na forma “H”, podem ser uma alternativa viável para HIS no Brasil;

- b) O atendimento dos limites normativos referentes ao desempenho térmico dos edifícios não garante condições adequadas de conforto térmico aos usuários;
- c) Os métodos estabelecidos para a avaliação do desempenho térmico das edificações previstos na NBR 15.575 (2013), NBR 15.220 (2005), RTQ-R (2012) e Selo Casa Azul (2014) apresentam pontos para aprimoramento;

Tem-se por hipótese que o desempenho térmico de HIS em paredes de concreto pode ser otimizado considerando a influência das variáveis como o isolamento térmico da cobertura e da vedação vertical bem como a adoção de estratégia de sombreamento na envoltória, em função das particularidades do clima brasileiro. O desconforto térmico vivenciado por grande parte dos usuários nas HIS sinaliza que os parâmetros normativos relativos ao desempenho térmico das edificações necessitam de aprimoramentos para garantir melhores condições de conforto térmico nos ambientes. A análise conjunta dos instrumentos normativos permite verificar a coerência ou não dos pontos comuns estabelecidos nas metodologias propostas para avaliação do desempenho térmico edifício.

#### **1.4 – Justificativa da escolha**

O conceito de desenvolvimento sustentável, passou a ser considerado no uso dos recursos naturais buscando-se a minimização das emissões de gases e resíduos tóxicos a fim de garantir o progresso econômico e social, sem comprometer a capacidade futura de atendimento das necessidades destas gerações bem como daquelas posteriores. Para tanto, uma das principais medidas recomendada seria a diminuição do consumo energético (BRUNDTLAND, 1987).

No cenário brasileiro, os estudos setorializados acerca do consumo edifício de energia elétrica apontam os edifícios comerciais, residenciais e públicos como os maiores consumidores do país, utilizando juntos quase 50% da oferta nacional (BRASIL – MME, [200-]). Esse consumo é destinado, basicamente, a gerar conforto ao usuário, especialmente em relação à iluminação artificial e ao uso de equipamentos para climatização do ambiente (aquecimento e/ou refrigeração). Este gasto energético pode ser alterado conforme a localização do edifício, suas características construtivas, ou em função dos hábitos de utilização do espaço pelo usuário.

Além do gasto energético, o desempenho térmico edificado influencia também a própria qualidade de vida e a produtividade do ser humano. Em relação aos edifícios residenciais, por exemplo, há estudos demonstrando que dormir em um ambiente com níveis térmicos fora da faixa de conforto impede que o ocupante atinja fases mais profundas do sono<sup>3</sup>, fazendo com que este acorde com sensação de cansaço, além de diminuir seu potencial de concentração. Além do prejuízo pessoal, isto implica também na perda de produtividade no trabalho e, eventualmente, pode causar acidentes (TUFIK, 2008; MOORCROFT, 1993). Portanto, também sob este aspecto revela-se necessário desenvolver maiores estudos acerca do desempenho térmico de edificações residenciais.

Quanto ao sistema construtivo, as paredes de concreto armado, implantada na forma de “H”, caracterizam o modelo comum adotado no mercado brasileiro para HIS de até quatro pavimentos. Criou-se em 2012 a primeira norma relativa às paredes de concreto que estabelece requisitos para seu projeto e execução, a NBR 16.055, o que demonstra o recente estabelecimento deste método construtivo no ramo da construção civil. Desde então, este sistema tem apresentado significativo crescimento<sup>4</sup>, especialmente para os empreendimentos econômicos de Programas Governamentais, em razão da maior rapidez de sua execução em relação àqueles tradicionais<sup>5</sup>, uma vez que a estrutura e a vedação são moldadas *in loco* em uma única etapa de concretagem e também por possibilitar diminuição de custos e desperdício de materiais (MELHADO, 1998 e ABCP, 2009a).

Ademais, as vantagens propiciadas pela adoção das paredes de concreto permitem suprir mais rapidamente e, em larga escala, a necessidade de reposição de moradias. Segundo dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios (Pnad), estima-se um déficit de 5,2 milhões de moradias, sendo a região Nordeste e Sudeste responsáveis por mais de 70% dessa carência. Este estudo não leva em consideração apenas a carência de imóveis nas áreas urbanas, mas também o número de habitações precárias, com domicílios improvisados e rústicos, a coabitação familiar e o ônus excessivo com aluguel (IPEA, 2013). Neste contexto, Eduardo Moraes, Gerente da Regional Norte Nordeste da Associação Brasileira de Cimento *Portland* (ABCP) pontua que:

---

<sup>3</sup> Tem-se redução no tempo de sono abaixo de 24°C ou acima de 30°C e aumento dos períodos de alerta.

<sup>4</sup> Conforme pesquisa elaborada pela CriActive, no período de 2006 a 2009, a análise do consumo de cimento indicou que as paredes de concreto alcançaram 10% do mercado formal da construção brasileira.

<sup>5</sup> Conforme Sabbatini (1989), tradicionalmente as construções brasileiras são estruturadas em concreto armado moldado *in loco* com fechamento em alvenaria composta por blocos cerâmicos.

Segundo estudos da Fundação Getúlio Vargas, de 2010 a 2024 o Brasil deverá construir cerca de 23,4 milhões de novas moradias para atender à formação das novas famílias, reduzir o déficit habitacional e eliminar as moradias precárias. Os sistemas racionalizados são uma ferramenta importante para atender às demandas e superar barreiras, como a escassez de mão de obra e a redução de prazos. Permitem também a eliminação dos desperdícios e dos resíduos nas obras, com ganhos para o meio ambiente (ABCP, 2009b).

Em relação aos moradores das HIS do PMCMV foi realizado um estudo pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) que apontou melhorias nas suas condições de vida. Contudo, os resultados indicaram que, em geral, a sensação de conforto térmico nas moradias, em todo o Brasil, não é satisfatória. Ademais, observou-se o crescimento nas despesas do domicílio relativas à energia elétrica, entre outras (BRASIL, 2014). Verifica-se, portanto, a necessidade de aprimoramento do desempenho térmico das HIS de modo a colaborar com a redução do consumo e despesa com a energia elétrica. A escolha deste tema se mostra, portanto, relevante para otimizar as condições do conforto térmico do usuário e reduzir o uso de equipamentos para climatização artificial.

## **1.5 – Relevância e Originalidade do trabalho**

A avaliação do desempenho térmico edilício se mostra relevante uma vez que estudos apontam condições inadequadas de conforto térmico dos usuários nos ambientes. Neste sentido se faz necessário analisar se os critérios mínimos previstos nas normas relativas ao desempenho térmico da edificação garantem condições de conforto térmico adequada para o usuário nas oito ZBs existentes no Brasil. Destaca-se, ademais, a necessidade de atualização das pesquisas nesta área uma vez que algumas normas relativas ao desempenho de edificações vêm passando por discussões ou alterações.

O Selo Casa Azul foi atualizado em 2014, o RTQ-R foi revisado em 2012 e a NBR 15.575 passou a vigorar em 2013 após a revisão da versão apresentada em 2008. Além disto, a norma NBR 15.220-3 está sendo discutida no âmbito de um projeto para sua completa revisão, com a possibilidade de significativas alterações, podendo o atual zoneamento brasileiro composto por oito ZBs passar para 16 ou 20.

Percebe-se, então, que o tema objeto deste estudo é atual, pois as normas nele relatadas passam por uma fase de recente implementação e/ou revisão. Ademais, conforme relato dos moradores em pesquisas de satisfação, verifica-se necessidade de investigações acerca do conforto térmico nas HIS. Assim, a análise da eficácia dos parâmetros fornecidos pelas normas para avaliação do desempenho térmico das edificações se mostra indispensável.

As paredes de concreto armado, moldadas *in loco*, com implantação em “H”, tem sido utilizada de forma crescente em todo o Brasil para HIS. Contudo, por se tratar de um sistema construtivo recente, ainda carece de mais estudos uma vez que apresenta reconhecida necessidade de melhoria no quesito desempenho térmico. A primeira norma que fixou os requisitos para sua execução, a NBR 16.055, foi publicada no ano de 2012.

O estudo deste tema se mostra original uma vez que a qualidade da construção civil no país é fortemente influenciada pelos padrões mínimos previstos nas normas técnicas, sendo que o objetivo da NBR 15.575, de sistematizar e atualizar algumas das normas em vigor pode ficar comprometido caso não haja maiores estudos sobre a efetiva aplicação de suas disposições. Assim, a pesquisa ora proposta tem relevância não apenas acadêmica, mas também técnica, prática e econômica, na medida em que contribuirá para a padronização do atendimento das exigências mínimas, em diferentes localidades brasileiras, capaz de otimizar gastos do processo construtivo das paredes de concreto sem, contudo, comprometer o conforto térmico dos usuários das HIS.

## **1.6 – Estrutura da tese**

O presente trabalho foi dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos, Apresentação e Análise dos Resultados e Considerações Finais. A Introdução apresentada no primeiro capítulo trata da definição e estrutura do objeto estudado neste trabalho. Já o segundo, aborda a revisão bibliográfica dos temas correlatos ao estudo abarcando o estado da arte da análise do desempenho térmico de edifícios e o conforto térmico dos usuários e as normas de desempenho nacionais.

O terceiro capítulo intitulado Materiais e Métodos versa sobre o estudo de caso selecionado bem como os critérios e parâmetros adotados para sua análise e as incertezas associadas ao método. O quarto capítulo reúne os resultados do comparativo das legislações acerca do desempenho térmico de edifícios pelos métodos prescritivo e de simulação computacional, apresenta as condições de conforto dos usuários propiciadas pelos protótipos analisados frente as exigências normativas, além de abordar a influência do isolamento da vedação e cobertura, adoção de sombreamento e variação da orientação dos ambientes para a melhoria do desempenho da edificação e das condições de conforto térmico dos usuários nos ambientes. O último capítulo apresenta considerações finais em relação aos principais aspectos do estudo realizado. No Anexo apresentaram-se informações complementares sobre o projeto base para o estudo de caso e, por fim, nos Apêndices foram incluídas tabelas complementares adotadas para apoio das análises e sínteses apresentadas nos métodos prescritivos e de simulação computacional das normas analisadas.

# 2

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tem-se a seguir uma síntese dos principais estudos que serviram para embasamento teórico desta investigação científica. Destaca-se que os temas desempenho térmico de edifícios e conforto térmico dos usuários apesar de estar relacionados foram separados em subseções uma vez que apresentam focos diferentes e nem sempre são investigados de forma conjunta.

### 2.1 – Desempenho Térmico das edificações

As normativas em vigor no Brasil, estabelecem parâmetros mínimos de exigência para o desempenho térmico das edificações em cada zona bioclimática brasileira. Caso a edificação, de fato, apresente desempenho térmico adequado para a condição climática submetida, pode-se ter minimização do consumo de energia para climatização artificial garantindo, portanto, condições adequadas de conforto térmico aos usuários, naturalmente, e, também, menor consumo de energia.

Neste sentido, cabe destacar que a ventilação natural pode favorecer o desempenho térmico da edificação desde que seja aproveitada nos períodos propícios à sua adoção. Já, a ventilação seletiva poderá ser utilizada sempre que a temperatura interna estiver maior do que a externa. Por outro lado, a ventilação noturna poderá ser empregada para minimizar o aquecimento armazenado pelo sistema construtivo ao longo do dia nos casos em que a temperatura externa apresentar valores diurnos elevados e noturnos mais reduzidos. A adoção conjunta da inércia térmica elevada das paredes poderá potencializar os efeitos positivos desta estratégia em localidades que apresentem grande amplitude térmica. Contudo, em regiões com temperaturas noturnas elevadas esta medida não contribuiria de forma efetiva para a perda de calor do ambiente. Em climas mais frios recomenda-se isolar internamente o sistema de vedação vertical e restringir a ventilação

natural a uma renovação mínima para manutenção das condições de higiene de modo a evitar a perda de calor do ambiente no período em que as temperaturas tendem a ser mais baixas (AKUTSU, 1998; LAMBERTS; NARANJO, 2007).

A orientação do ambiente pode contribuir para aumentar ou diminuir a exposição da superfície da fachada à radiação solar direta. Nas regiões de clima frio o acúmulo de radiação no período do inverno poderá contribuir para o ganho de calor no interior do edifício, em determinada orientação, ao passo que nas regiões de clima quente tal estratégia deverá ser evitada nos períodos de calor. Neste sentido, o sombreamento das aberturas favorece a diminuição do acúmulo de radiação solar direta sendo indicado para as localidades de clima quente e contraindicada para as regiões de clima frio (AKUTSU, 1998; LAMBERTS; NARANJO, 2007).

A adoção da cor clara nas superfícies da envoltória pode contribuir também para a redução dos ganhos de calor em localidades de clima quente uma vez que são mais refletivas apresentando, portanto, menor potencial de absorvência à radiação solar. Cabe destacar que seus efeitos poderão ser potencializados caso se adote uma solução conjunta com menor capacidade térmica e transmitância térmica. Já em clima frios a cor mais escura poderá colaborar para o aumento da absorção solar e, portanto, contribuir para a manutenção de uma temperatura interna maior do que aquela aferida externamente (AKUTSU, 1998; LAMBERTS; NARANJO, 2007).

Neste contexto cabe ressaltar alguns parâmetros considerados para a avaliação do desempenho térmico edilício. De acordo com a NBR 15.220-3 (2005), a absorvência solar, denominada por  $\alpha$ , é o quociente da taxa de radiação solar incidente absorvida por uma superfície, definida em função da cor. Já a capacidade térmica, definida por CT, é a quantidade de calor necessária para variar em 1°C a temperatura de um sistema. A transmitância térmica ou U é o inverso da resistência térmica total correspondente às camadas de composição do sistema construtivo. Pode-se afirmar, portanto, que U consiste na capacidade de um elemento de conduzir maior ou menor quantidade de fluxo de calor por metro quadrado em uma hora, apresentando diferença na temperatura interna e/ou externa dos ambientes divididos por este elemento. Neste sentido, os edifícios deverão apresentar transmitância e capacidade térmica que proporcionem o desempenho térmico mínimo para cada zona bioclimática (ABNT, 2005).

Em relação ao desempenho térmico é relevante destacar que o sistema construtivo tem forte influência na performance da edificação. Assim, os efeitos da escolha dos componentes construtivos devem ser analisados uma vez que podem ser aproveitados como estratégias construtivas para se adequar às condições climáticas naturais. A inércia térmica é uma importante estratégia para edificações ventiladas naturalmente em climas quentes e úmidos seja no inverno ou mesmo no verão quando usada em fechamentos verticais. Os ambientes de uma edificação com pouca inércia acompanham quase que imediatamente as variações da temperatura externa ao passo que àqueles com muita inércia a temperatura interna permaneceria mais constante com menos variações. Para analisar a inércia térmica deve-se ter em mente dois parâmetros relevantes: o atraso térmico<sup>6</sup> e o amortecimento<sup>7</sup>. Seus efeitos na redução das cargas de resfriamento poderão ser maiores se a edificação for usada durante o dia e à noite (PAPST, 1999; SORGATO, 2009).

Para adoção desta estratégia em climas frios utilizam-se materiais construtivos que armazenam o ganho de calor durante o dia, e evitam que a edificação perca com facilidade o calor para o exterior no período noturno. Para climas desérticos no período noturno faz-se proveito da diminuição da temperatura externa para o resfriamento da massa térmica da edificação, e durante o dia, quando ocorre o aumento da temperatura externa, mantêm-se a edificação fechada, evitando-se o ganho de calor externo. Tal estratégia contribui para o amortecimento dos picos de temperatura externa além de proporcionar atraso no pico máximo e mínimo na temperatura interna. Todavia, deve-se adotá-la com cautela para edificações residenciais uma vez que o pico de temperatura pode ocorrer quando a edificação está tendo sua maior ocupação (período noturno) e, por outro lado, a melhoria das condições internas pode não ser percebida pois, poderá ocorrer o horário de menor uso (período diurno) (PAPST, 1999; SORGATO, 2009).

Segundo Givoni (1994), a ventilação consiste em uma estratégia plausível para melhorar a sensação de conforto pois a velocidade do ar mais alta aumenta a taxa de evaporação na superfície da pele. Assim, a ventilação se mostra como uma medida aceitável para minimizar o desconforto por calor até um determinado limite de temperatura. Já a massa térmica e o aquecimento solar passivo ou artificial são indicados para diminuir o

---

<sup>6</sup> Capacidade de retardar a condução do calor do meio externo para dentro da edificação.

<sup>7</sup> Capacidade de minimizar a amplitude das variações térmicas.

desconforto por frio. Em regiões com amplitude térmica de 10°C e temperatura externa máxima em torno de 30°C sugere-se o uso conjugado da inércia térmica e ventilação noturna para melhorar o desempenho térmico do edifício (PAPST, 1999; SORGATO, 2009).

A simulação computacional é um importante instrumento para um exame pormenorizado do desempenho térmico do edifício e do conforto térmico dos usuários. O *Energy Plus*<sup>8</sup>, largamente utilizado especialmente em estudos científicos e consultorias de projetos com ênfase na eficiência energética e desempenho edilício, foi desenvolvido pelo DOE (*United States Department of Energy*) com licença livre possibilitando por meio de complexas equações matemáticas o estudo termo energético de edifícios. Com auxílio deste recurso é possível estimar as trocas térmicas, os índices de iluminação e de consumo energético a partir da modelagem física do edifício e seus sistemas de ventilação, iluminação, aquecimento e resfriamento, para um determinado local conforme dados horários característicos informados no arquivo climático adicionado, seja para um dia típico (*design day*) ou período prolongado (DOE, [200-]; CARLO; LAMBERTS, 2005; SORGATO; LAMBERTS, 2011). Este programa é validado pelo método do *The Building Energy Simulation Tests* (BESTEST) adotado pela ANSI/ASHRAE Standard 140/2004. Neste sentido, o RTQ-R (2012), assim como a NBR 15.575 (2013) aprovam sua adoção para simulação computacional destinada a análise energética de edificações (BRASIL - INMETRO, 2012 e ABNT, 2013).

Neste contexto, é possível desenvolver análises de projetos arquitetônicos bem como estudos de “*retrofit*” para edifícios existentes de forma a verificar no modelo simulado as respostas mais próximas da realidade das condições locais caracterizadas no processo. Assim, a partir de dados de entrada descritos, pode-se, calcular as temperaturas internas, as trocas de calor nos ambientes em relação ao exterior, à cobertura e ao solo de edifícios naturalmente ventilados ou condicionados artificialmente, o fluxo de ar, a carga térmica dos equipamentos, a energia total consumida, a contribuição da luz natural na iluminação, os ganhos de calor provenientes dos ocupantes, o consumo de energia dos sistemas de condicionamento do ar (aquecimento e refrigeração), o atendimento aos parâmetros normativos referentes ao conforto térmico dos ocupantes, a poluição atmosférica, entre

---

<sup>8</sup> Criado a partir dos programas BLAST (Análise de Cargas e Sistemas Termodinâmicos) e o DOE-2 desenvolvidos no final de 1970, como ferramentas de simulação de cargas térmicas.

outras. Outrossim, conforme objetivo da análise, pode-se selecionar dados de saída em listas de relatórios específicos (DOE, [200-]).

O processo de simulação computacional consiste na criação tridimensional do modelo<sup>9</sup>. Posteriormente, seleciona-se o arquivo climático, o período a ser analisado, introduzem-se as rotinas (*schedules*) de ocupação dos usuários, de uso da iluminação artificial, caracterizam-se as condições em que serão requisitadas as aberturas para ventilação natural, descrevem-se os materiais constituintes da edificação bem como a composição e as características das superfícies do piso, parede e cobertura. Ademais, definem-se: o padrão da taxa metabólica a ser utilizado para os ambientes de acordo com a atividade desenvolvida, o tipo de vestimenta conforme determinados períodos ou estações do ano, a carga dos equipamentos, a taxa de renovação do fluxo de ar para os ambientes proporcional a necessidade mínima, a infiltração do ar por frestas, o detalhamento das aberturas para análise da iluminação e ventilação, a direção e coeficiente de pressão do vento nos nós em concordância com o modelo adotado para ventilação, para as diferentes direções de incidência de vento nas aberturas.

Neste sentido, segundo Santamouris (1998) e Liddament (1986), o coeficiente de pressão superficial da edificação (CP), definido como um parâmetro adimensional é um importante fator no cálculo da ventilação natural uma vez que representa em um determinado ponto da superfície mudanças na direção e pressão do vento causadas pela influência das obstruções vizinhas, podendo produzir zonas de pressão positivas e negativas. O programa *Energy Plus* utiliza a equação de Akins, Peterka e Cermak (1979) bem como àquela de Swami e Chandra (1988) para o cálculo automático deste coeficiente. Todavia, restringe-se as edificações retangulares, cuja altura seja três vezes menor em comparação ao lado mais reduzido de sua base (SORGATO, 2009). O CP, geralmente, pode ser estimado por medições em túnel de vento ou calculados pelas equações de Akins, Peterka e Cermak (1979) e Swami e Chandra (1988) (BRASIL, 2012). Caso o edifício seja condicionado artificialmente adicionam-se as informações relativas aos equipamentos utilizados para refrigeração e/ou aquecimento, os horários de uso previstos, bem como o limite para manutenção da temperatura (DOE, [200-]).

---

<sup>9</sup> Recomenda-se o *SketchUp* para modelagem do edifício com *plugin* específico para leitura dos dados do desenho e compatibilização no *Energy Plus*.

Alguns estudos apresentam recomendações para a adoção de sistemas construtivos em concreto, para habitações com planta em “H”, em função da simulação computacional do seu desempenho térmico no território nacional, tendo como referência a NBR 15.575 (2008). Brito (2007), expõe, por exemplo que os resultados das simulações realizada para os painéis de concreto maciço (15 cm), alveolar (20 cm, sendo 2,5 cm de concreto de cada lado e o restante de câmara de ar) e sanduíche com lã de vidro (12 cm sendo 1cm de concreto de cada lado e o restante preenchido pelo isolamento) indicou desempenho térmico equivalente no dia típico de verão para os três sistemas, exceto para ZB2 e 5 que não foram testadas para nenhuma cidade. Considerando as temperaturas limite de 27 e 17°C, respectivamente, para conforto térmico no dia típico de verão e inverno, verificou-se uma expressiva necessidade do uso de climatização artificial. Assim, ao longo do dia típico de verão, em todas as localidades, constatou-se a demanda de energia elétrica para resfriamento do ambiente sendo que em Curitiba - PR (ZB1) e Brasília - DF (ZB4) esta necessidade foi apenas de 20% das horas deste dia. Já para o dia típico de inverno apenas em Campo Grande - MT (ZB7) foi possível atingir as condições de conforto térmico sem uso de fontes internas de calor.

A autora concluiu que a adoção de painéis leves de concreto nas regiões em posições geográficas extremas como Salvador - BA (ZB8) e Curitiba - PR (ZB1) pode comprometer o conforto térmico dos usuários apresentando-se mais adequada em climas amenos como Brasília - DF (ZB4). Ademais, pontua que o painel maciço foi o mais indicado para locais com grande amplitude térmica. Já os painéis alveolar e sanduíche são recomendados para locais com baixa amplitude térmica. Ademais pontua que o sistema simplificado de taxa de renovação do ar por hora previsto na NBR 15.575 não seria suficiente para avaliar o desempenho térmico das edificações uma vez que possibilita sub ou superestimar as condições climáticas locais.

Outras pesquisas tiveram por objetivo a investigação dos materiais recorrentes nas envoltórias de casas populares em relação ao atendimento dos requisitos mínimos da NBR 15.575 (2008) bem como os possíveis pontos para aprimoramento de método simulação proposto nesta norma. Ferreira e Pereira (2012), com auxílio do *Energy Plus* investigou, nas oito ZBs, se o valor das temperaturas do ar horárias nos ambientes de permanência prolongada, sem a presença de fontes internas de calor encontra-se em conformidade com as exigências normativas em relação à temperatura do ar exterior máxima, no verão, e

mínima, no inverno. De modo geral, os resultados encontrados pelas autoras demonstraram que os materiais frequentemente utilizados nas envoltórias de habitações populares são capazes de garantir desempenho térmico mínimo exigido pela norma, na maioria das ZBs. Todavia, o uso de sistemas construtivos em concreto, com espessura de 10 ou 12 cm, atende o desempenho mínimo para verão apenas nas regiões de climas amenos a quentes (ZB1 a ZB6). Nas regiões com clima quente extremo, como as zonas 7 e 8, as autoras recomendaram o uso da alvenaria.

As autoras ressaltaram, ainda, a necessidade da adoção de índices de conforto adaptativos, para se realizar avaliação das condições de conforto térmico do usuário uma vez que a temperatura do ar limite prescrita na norma como sendo suficiente para garantir desempenho não pode ser considerada confortável ao usuário. As autoras concluíram que o método de simulação computacional estabelecido na NBR 15.575 (2008) demonstrou ser insatisfatório, sendo necessário utilizar a simulação anual do arquivo climático para que se possam obter resultados mais condizentes com a realidade. Índices de conforto adaptativos são baseados no estabelecimento da temperatura do ar neutra de conforto para determinado período do ano, considerada como aquela na qual uma população aclimatada, em atividade sedentária, se sinta confortável, conceito este utilizado por Auliciems (1992) e Humphreys (2013), e no Brasil descrito por Bittencourt e Cândido (2006) e aplicado por Pereira e Souza (2008). O estudo de Ferreira e Pereira traz significativas contribuições acerca das deficiências da metodologia estabelecida na NBR 15.575 (2008) para simulação computacional além de destacar a importância das faixas de conforto para análise complementar de conforto térmico dos usuários nos edifícios.

## **2.2 – Conforto térmico dos usuários**

A caracterização das exigências do usuário contribui para o entendimento das possibilidades de melhoria do seu conforto térmico no ambiente. Por mais que haja variações sensitivas de uma pessoa para outra em função do sexo, peso, altura, idade, vestimenta, condições de saúde, aclimatação, entre outros, pode-se avaliar o desconforto térmico predominante considerando a aceitação geral dos usuários. Assim, para auxiliar nos estudos de desconforto, criaram-se índices de conforto térmico que agrupam as

condições ambientais que proporcionam respostas semelhantes nos usuários, dado um tipo de atividade. Os primeiros estudos dos índices térmicos foram desenvolvidos na Europa no século XIX, motivados pelos problemas de insalubridade dos locais de trabalho surgidos após a Revolução Industrial que repercutiam negativamente na saúde dos trabalhadores, no índice de acidentes e no rendimento da produção, especialmente na indústria e mineração<sup>10</sup> (FROTA; SCHIFFER, 2001; ARAÚJO, 1996). Neste sentido, os índices de conforto térmico se mostram complementares à análise do desempenho térmico das edificações conforme defendem alguns autores como Sorgato (2009).

A edificação deve proporcionar, dentre outras qualidades, o conforto térmico para desenvolvimento das atividades no ambiente, independentemente, das condições climáticas externas e dos materiais utilizados nas superfícies. Neste sentido deve-se considerar principalmente as variáveis relativas à temperatura do ar, umidade, velocidade do ar e radiação solar incidente em consideração às exigências dos usuários para se alcançar o conforto térmico em um determinado ambiente. Cabe destacar que o corpo humano deve manter sua temperatura interna constante em torno dos 37°C para seu equilíbrio homeotérmico, podendo, portanto, ganhar ou perder calor para o ambiente conforme as condições climáticas do espaço e atividade desempenhada. Quando esta ação ocorre sem maiores esforços o usuário experimenta a sensação de conforto térmico e o potencial máximo de trabalho uma vez que não precisa recorrer a termo regulação<sup>11</sup>. O funcionamento deste mecanismo representa um esforço adicional além de repercutir negativamente no rendimento do trabalho podendo até mesmo atingir um limite que gere problemas de saúde (FROTA; SCHIFFER, 2001).

No Brasil, grande parte das residências são ventiladas naturalmente, possibilitando, em alguns casos, dependendo das características climáticas locais, minimizar o efeito fisiológico causado pela alta umidade por meio do aumento da velocidade do ar no ambiente, e, conseqüentemente, elevar a taxa de evaporação do suor pela pele dos usuários (SORGATO, 2009). A ventilação natural é, portanto, uma estratégia que pode proporcionar diminuição dos efeitos dos climas quentes no ambiente, contribuindo para

---

<sup>10</sup> Em um dos primeiros estudos acerca dos efeitos da umidade do ar no conforto térmico desenvolvido pela *American Society of Heating and Ventilation Engineers* (ASHVE) confirmou-se que o rendimento do trabalho diminuía com o aumento da temperatura ambiente e também da umidade relativa.

<sup>11</sup> Por meio de reações, especialmente na pele, é possível controlar os ganhos e perdas de calor para o ambiente, como a exsudação ou arrepio, respectivamente.

a melhoria do desempenho térmico da edificação, aumento das horas de conforto do usuário e redução da dependência e consumo de energia para refrigeração artificial.

Para avaliação do conforto térmico nos ambientes de uma edificação é imprescindível o uso de índices e limites de conforto validados para o clima local. Em geral, os critérios para avaliação de ambientes naturalmente ventilados são diferentes para edifícios condicionados artificialmente em razão das diferenças de expectativa e adaptação dos usuários (SORGATO, 2009). No Brasil ainda não existe um estudo normatizado acerca dos índices direcionado para a realidade nacional.

Cabe destacar que a Organização Mundial de Saúde define em 16°C o limite mínimo de temperatura do ar nos dormitórios uma vez que abaixo deste valor ocorre diminuição da resistência a infecções respiratórias. *The Chartered Institution of Building Services Engineers* (CIBSE, 2006) apresenta resultados de Humphreys (1979) no Reino Unido, indicando a qualidade de sono como uma função da temperatura do quarto. A queda acentuada na qualidade pode ser considerada para temperaturas acima de 24°C. Tanto o Guia CIBSE A, bem como a ASHRAE 55/2010 indicam que temperaturas mais altas podem ser aceitas no quarto se um ventilador é usado. A ASHRAE recomenda que o aumento aceitável seja de até 3°C. No entanto, o CIBSE indica um valor limite superior de 26°C, na ausência de velocidade de ar elevada e 17°C o limite inferior para temperatura de inverno para quartos. Destaca-se também que a temperatura de conforto deve estar associada à atividade realizada no ambiente e ao isolamento da vestimenta resultando portanto, em diferentes limites de conforto para o quarto e a sala. De acordo com estudos de Jokl e Kabele (2007) em habitações belgas, variando continuamente a temperatura ambiente, os usuários se adaptaram mais facilmente ao calor do que ao frio<sup>12</sup> sugerindo limites de conforto superiores mais dilatados e inferiores mais restritos (PEETERS; DE DEAR; HENSEN et al., 2009).

Givoni (1992) recomenda, para os países em desenvolvimento, de clima quente e úmido, faixas de temperatura do ar de conforto entre 18°C e 25°C e entre 20°C e 27°C, respectivamente para a estação de inverno e de verão. A população exposta às condições climáticas que ocorrem no Brasil, geralmente, vive em habitações sem climatização

---

<sup>12</sup> Suas equações indicam uma temperatura de conforto constante em relação àquelas externas baixas e uma temperatura de conforto cada vez maior com o aumento da temperatura ambiente até se atingir um limite.

artificial podendo, portanto, tolerar temperatura do ar mais altas. Assim, considerando as edificações naturalmente ventiladas, uma alteração na velocidade interna do ar de 0,1 m/s para 1,5 m/s pode aumentar em até 2°C a temperatura do ar máxima de conforto aceita para 29°C. Cabe ressaltar que seu estudo delimita uma zona de conforto por meio de carta psicrométrica baseada nas temperaturas internas da edificação, apresentando estratégias construtivas específicas para as condições climáticas externas (GIVONI, 1992; ANDREASI, 2001; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Todavia, nos locais em que a temperatura do ar diurna esteja acima dos limites da zona de conforto, entre 30 a 36°C, e a noturna abaixo dos 20°C, recomenda-se evitar a ventilação diurna a fim de minimizar o aquecimento do ambiente (ANDREASI, 2001; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Ademais, considerando a aclimação dos usuários ao clima quente é possível, ainda, elevar o limite de temperatura do ar interna à 32°C, caso a velocidade do ar no ambiente alcance o valor de 2m/s. Em suma, considerando as diferentes taxas de umidade ao se analisar os valores fornecidos pela literatura, tem-se 18°C como o limite inferior e 29°C como a média entre os limites superiores de temperatura do ar para conforto, admitindo um aumento na velocidade interna do ar para elevação do limite superior (SORGATO, 2009). O estudo dos limites de temperatura do ar realizados por Givoni (1992) com propósito de definir uma faixa de conforto, para os países de clima quente e úmido, se mostram de grande relevância para aplicação no cenário Brasileiro. Contudo, o método proposto na ASHRAE 55/2010 para definição da zona de conforto adaptativa apresenta maior sensibilidade às variações climáticas das diferentes regiões do Brasil.

Este parâmetro se mostra relevante para complementar a análise das condições de conforto térmico dos usuários nos ambientes internos em face do desempenho térmico apresentado pela edificação especialmente em relação à NBR 15.575 que recomenda verificação dos sistemas construtivos reprovados no método prescritivo por meio de simulação computacional. A metodologia de simulação considera as temperaturas externas do ar máximas e mínimas, respectivamente, para o dia típico de verão e inverno em comparação com as temperaturas alcançadas no ambiente para o período analisado. Contudo existe a possibilidade da temperatura do ambiente atingir o limite normativo, mas por outro lado extrapolar a faixa aceitável para conforto dos usuários. Neste sentido os limites de conforto adaptativos se mostram indispensáveis para verificar se o

desempenho térmico mínimo atingido pela edificação em face do cumprimento desta norma foi suficiente para garantir condições adequadas de conforto térmico aos usuários no período analisado. Os índices de conforto térmico adaptativo possibilitam identificar condições de conforto ou desconforto a partir das respostas do usuário aclimatado às variáveis climáticas ao longo do desenvolvimento de uma atividade ou repouso em um dado ambiente.

Os primeiros estudos de campo nacionais sobre o conforto térmico foram realizados em escolas por Paulo Sá (1934), no Rio de Janeiro, e Benjamim Ribeiro (1939, publicado em 1945), em São Paulo. Sá (1934) evidenciou que a temperatura de conforto não segue um padrão estático, mas uma dinâmica adaptativa, que muda ao longo das estações do ano. Neste contexto, na ausência de um padrão de conforto térmico brasileiro, os estudos realizados a partir da década de 90 foram influenciados especialmente pelo modelo desenvolvido por Fanger (1970). Como alternativa a este modelo alguns autores têm adotado diferentes índices adaptativos inspirado no estudo proposto por Dear, Brager e Cooper (1997), para verificação dos limites de conforto térmico em edificações naturalmente ventiladas para as condições brasileiras, destacando-se os estudos de Araújo (1996) para escolas em Natal - RN, Xavier (1999) para salas de aula de Florianópolis - SC, Gonçalves (2000) para escolas em Belo Horizonte - MG. Já Cândido (2010) e De Vecchi (2011), com base em experimentos em salas de aula de universidades em Maceió - AL e Florianópolis - SC, respectivamente, concluíram que os ocupantes de edifícios em climas quentes e úmidos, como aquele apresentado na capital Alagoana, tendem a aceitar e preferir valores de velocidade do ar mais elevados (superior a 0,80 m/s) para manutenção do conforto térmico do ambiente. Nota-se que os estudos realizados buscaram definir parâmetros regionais para os limites de temperatura de conforto dos ocupantes de salas de aula dos edifícios naturalmente ventilados. Todavia, percebe-se que as pesquisas de campo nesta área ainda são escassas necessitando de mais estudos em diferentes localidades e variações de sistemas construtivos para a envoltória da edificação educacional, habitacional, entre outras.

Grosso modo, os índices adotados no Brasil na seara do conforto, desempenho térmico e eficiência energética de edifícios embasaram-se nas normas internacionais ASHRAE 55 (2010) e a ISO 7730 (2005). O índice para avaliação térmica de ambientes ventilados naturalmente da ASHRAE 55, proposto em 2004, atualizado em 2010, foi baseado na

Temperatura Operativa Neutra desenvolvida por de Dear, Brager e Cooper (1997). Assim, conforme se observa no Gráfico 1, existem duas faixas aceitáveis de temperatura operativa para espaços naturalmente ventilados: uma normativa que indica 80% de satisfação dos usuários em relação às variáveis consideradas e outra informativa que representa 90% de satisfação dos usuários. Este gráfico inclui os efeitos da velocidade do ar para a adaptação das pessoas nos ambientes naturalmente ventilados de localidades de clima quente. Todavia, tal condição se aplica apenas para ocupantes que estejam exercendo atividade física quase sedentária (com taxas metabólicas entre 1,0 e 1,3 met). Assim, para valores de temperatura operativa acima de 25°C e velocidade do ar entre 0,3 e 0,6m/s seria possível elevar os limites aceitáveis de temperatura operativa em até 1,2°C. Para velocidades do ar acima de 0,9m/s ou 1,2m/s seria possível elevar 1,8°C e 2,2°C, respectivamente, nos limites aceitáveis de temperatura operativa. Portanto, para a condição de 1,2m/s de velocidade do vento torna-se possível obter uma faixa de conforto estendida em até 9,2°C de diferença entre os limites inferiores e superiores de temperatura com 80% de aceitação dos usuários (ASHRAE 55, 2010).

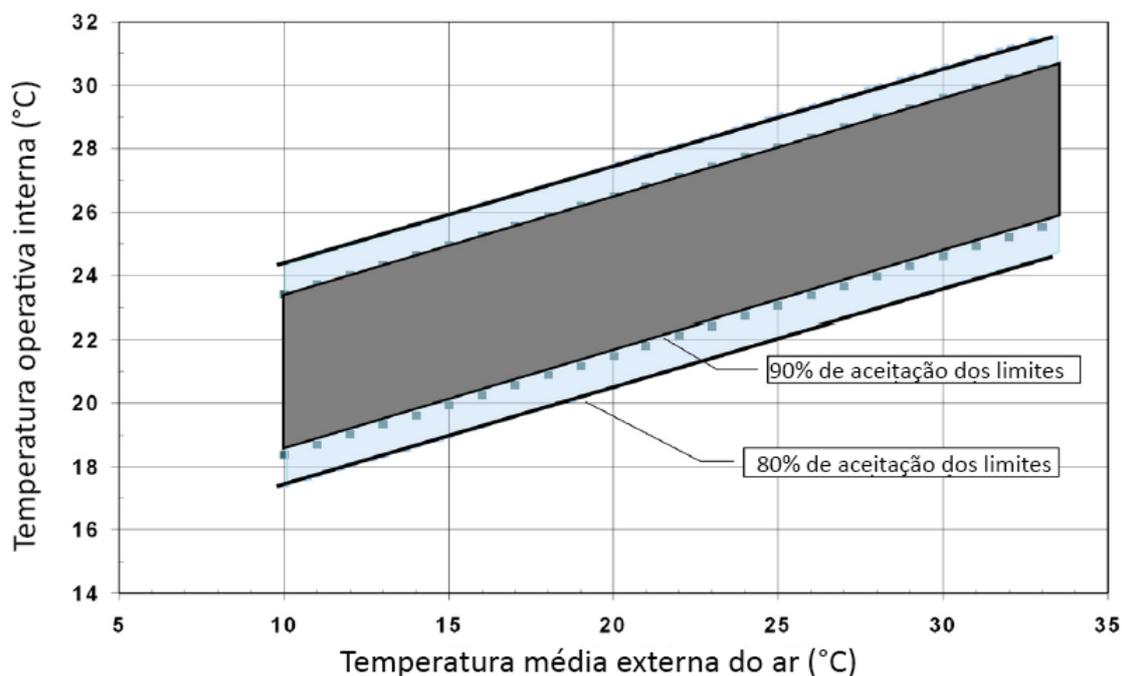


Gráfico 1 – Faixas de temperatura operativa aceitáveis para espaços naturalmente ventilados. Fonte: ASHRAE 55, 2010. Tradução livre da autora.

Neste modelo adaptativo, avaliaram-se as trocas de calor entre o ambiente e o corpo humano para a manutenção de seu equilíbrio a partir das sensações térmicas em resposta as variações da temperatura do ar, a temperatura radiante, a umidade e a velocidade do ar. Ademais, considerou-se também a atividade, taxa metabólica e a vestimenta. Estima-

se, portanto, o uso de determinados tipos de vestimenta conforme as condições climáticas externas de modo a equacionar o balanço de calor entre o corpo e o meio ambiente. Em suma, por meio da equação para cálculo da temperatura neutra, conforme se observa na Equação 1, infere-se uma faixa mensal de tolerância para conforto de  $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$  que representa a satisfação de 90% e 80% dos usuários, respectivamente. Cabe destacar também que as condições de conforto devem atender os limites estabelecidos sem o uso de sistemas de resfriamento e/ou aquecimento (SORGATO, 2009; DE DEAR; BRAGER; COOPER, 1997).

$$T_n = 0,310 \times T + 17,8^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

Equação 1 - Método para cálculo da temperatura neutra para a faixa de conforto. Legenda:  $T_n$ , temperatura de conforto ou de neutralidade e  $T$ , temperatura média mensal externa. Fonte: PEREIRA; ASSIS, 2010, p. 34.

Já a ISO 7730, adota parâmetros desenvolvidos por Fanger (1970), que consistem, basicamente, no modelo do Voto Médio Previsto (*Predicted Mean Vote* - PMV)<sup>13</sup> que permite encontrar um desvio padrão mínimo para o Percentual Previsto de Insatisfeitos (*Predicted Percentage Dissatisfied* - PPD) a partir na análise das variáveis climáticas, atividade desenvolvida e condições de isolamento térmico da vestimenta dos indivíduos no ambiente<sup>14</sup> (SORGATO, 2009). Todavia, existem estudos que demonstraram que este sistema proposto por Fanger (1970) não seria o mais adequado para prever a sensação de conforto térmico para indivíduos aclimatados ao clima tropical brasileiro resultando em uma sensação de desconforto térmico mais acentuado do que aquela realmente percebida (MONTEIRO; ALUCCI, 2008; PEREIRA; ASSIS, 2010).

Neste sentido, verifica-se a existência de estudos para avaliação dos parâmetros de conforto adaptativo da ASHRAE 55 (2004) e o índice Frequência de Desconforto Térmico (FDT) na análise do desempenho térmico de habitações, baseado nas exigências do método de simulação computacional estabelecido na NBR 15.575 (2013). D'ell Santo, Alvarez e Nico-Rodrigues (2013), com auxílio do *Design Builder*, avaliou um apartamento multifamiliar de dois quartos com 70m<sup>2</sup>, em Vitória - ES (ZB8). Os resultados demonstraram que a simplificação das exigências do método proposto nesta

---

<sup>13</sup> Baseia-se na escala de sensação térmica da ASHRAE que define as sensações de conforto térmico em sete graus: muito quente, quente, pouco quente, neutro, pouco frio, frio, muito frio.

<sup>14</sup> Fanger desenvolveu um experimento com pessoas submetidas à uma câmara climática controlada em um ambiente térmico predefinido com a  $T$  operativa variando entre 18,9 a 32,2°C e com os parâmetros de umidade, velocidade do ar, isolamento da roupa e níveis de atividade metabólica constantes.

norma bem como a ausência de correlação com referenciais de conforto térmico torna a metodologia de simulação computacional inadequada. Os autores sugerem a adoção de parâmetros mínimos de conforto na avaliação do desempenho térmico de edificações em face das exigências da NBR 15.575.

## **2.3 – Legislações e Normas de Desempenho**

Neste tópico foram sucintamente apresentadas as principais legislações e normas brasileiras que tratam do desempenho térmico e/ou eficiência energética de edifícios habitacionais adotadas como referência nesta investigação científica. Deste modo, foram abordadas a NBR 15.220 (2005): Desempenho térmico de edificações, NBR 15.575 (2013): Edificações habitacionais – Desempenho, Selo Casa Azul (2014) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (2012).

### **2.3.1 – NBR 15.220**

Em 2005, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT publicou a NBR 15.220, que trata do desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social<sup>15</sup> com até três pavimentos. Este regulamento foi dividido em cinco partes: 1) definições, símbolos e unidades; 2) métodos de cálculo da transmitância, capacidade e atraso térmico e fator de calor solar dos componentes das edificações; 3) estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro, bem como, suas diretrizes construtivas; 4) trata da medição da resistência e condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida e 5) parte discorre sobre a medição da resistência e condutividade térmica pelo método do fluxímetro (ABNT, 2005). Em 2008 foi apresentada uma errata para a sua segunda parte (ABNT CATÁLOGO, 2012).

Em sua terceira parte, conforme se observa na Figura 1, a NBR 15.220 (2005) propõe a divisão do território brasileiro em oito ZBs similares conforme a posição geográfica, as médias mínimas e máximas de temperatura e a umidade relativa do ar. Para algumas

---

<sup>15</sup> Considera-se como interesse social grupos com a renda familiar de até três salários mínimos.

regiões utilizaram-se as referências das normais climatológicas medidas e para as demais estimaram-se os dados climáticos por interpolação das áreas que apresentam similiaridade com aquelas previamente medidas. Destaca-se que o clima quente e úmido ocupou mais de 50% do território englobando a Região Amazônica e o litoral Nordeste. Quanto à classificação do clima, por meio de adaptação da Carta Bioclimática de Givoni<sup>16</sup> (1992) em relação aos dados climáticos plotados (umidade relativa do ar e temperatura de bulbo seco) juntamente com o método estabelecido nas planilhas de Mahoney (1971) são apresentadas recomendações construtivas para otimizar o desempenho térmico das edificações e também propiciar condições mínimas de conforto aos usuários para cada zona específica, conforme se observa na Figura 2. Para tanto considera os seguintes parâmetros: tamanho das aberturas e seu sombreamento; estratégias de ventilação; vedações externas, estratégias de condicionamento térmico passivo, uso de aquecimento ou refrigeração artificial, umidificação do ar, entre outras (ABNT, 2005; GIVONI, 1992; RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999).

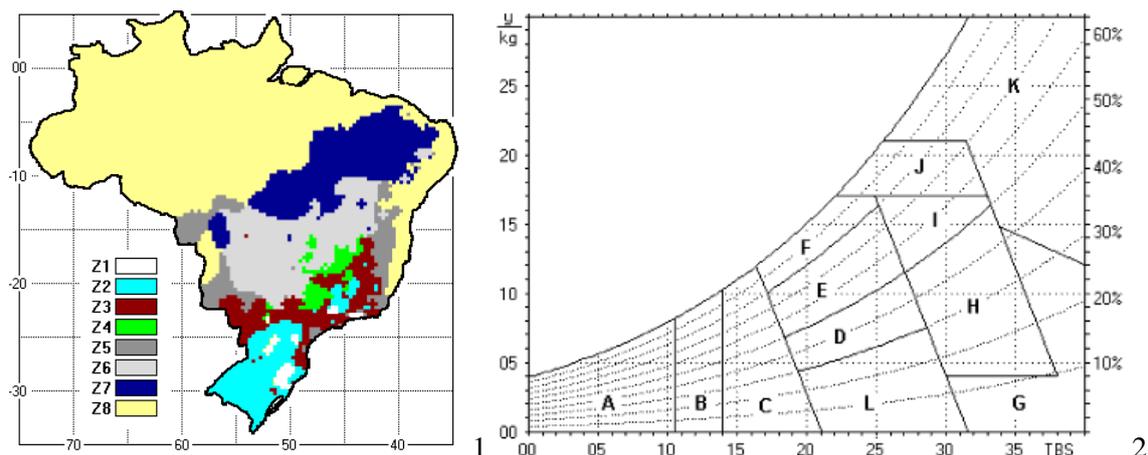


Figura 1 - Mapa do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Fonte: RORIZ ENGENHARIA, [201-]b.

Figura 2 - Carta Bioclimática adaptada para o Brasil. Legenda: A) Zona de aquecimento artificial (calefação); B) Zona de aquecimento solar da edificação (aproveitamento da radiação no período frio); C) Zona de Massa Térmica para aquecimento (paredes internas pesadas); D) Zona de Conforto Térmico (baixa umidade); E) Zona de Conforto Térmico; F) Zona de desumidificação (renovação do ar interno por meio da ventilação); G+H) Zona de resfriamento evaporativo para o verão (uso de vegetação ou espelhos d'água); H+I) Zona de Massa Térmica de refrigeração (paredes e coberturas com maior massa térmica); I+J) Zona de ventilação cruzada (entre portas e janelas); K) Zona de refrigeração artificial e L) Zona de Umidificação do ar e controle da ventilação (uso de vaporização de água para temperaturas entre 21 a 30°C com baixa umidade relativa). Fonte: ABNT, 2005, p. 14.

<sup>16</sup> Com base nas temperaturas internas do edifício tem-se estratégias construtivas para sua adaptação ao clima, corrigindo, portanto, limitações do diagrama de Olgyay, que propunha medidas de adaptação climática a partir das condições externas.

As diferentes estratégias mencionadas na NBR 15.220 (2005) para o território nacional foram sintetizadas na Tabela 4:

Tabela 4 – Recomendações da NBR 15.220 para as oito zonas bioclimáticas brasileiras.

Zoneamento Recomendação	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
Aberturas	M	M	M	M	M	M	P	G
Sombreamento	PSF	PSI	PSI	SA	SA	SA	SA	SA
Paredes Externas	L	L	LR	P	LR	P	P	LR
Coberturas	LI	LI	LI	LI	LI	LI	P	LR
Verão	NA*	VC	VC	VS, MTR, RE	VC	VS, MTR, RE	VS, MTR, RE	VCP
Inverno	VIP ASE	VIP ASE	VIP ASE	VIP ASE	VIP ASE	VIP	NA*	NA*

Fonte: ABNT, 2005. Modificado pelo autor. Legenda: Aberturas P – Pequenas (entre 10 a 15% da Área de Piso do Ambiente - Apa), M – Médias (entre 15 a 25% Apa), G – Grandes (>40% Apa); Sombreamento PSF – Permitir do Sol no Frio, PSI – Permitir do Sol no Inverno, SA – Sombrear as Aberturas; Paredes e Coberturas L – Leve (Parede:  $U \leq 3,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$   $\phi \leq 4,3 \text{ h FS}_o \leq 5,0\%$ ), LR – Leve Refletora (Parede:  $U \leq 3,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$   $\phi \leq 4,3 \text{ h FS}_o \leq 4,0\%$ , Cobertura:  $U \leq 2,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  . FT  $\phi \leq 3,3 \text{ h FS}_o \leq 6,5\%$ ), LI – Leve Isolada (Cobertura:  $U \leq 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$   $\phi \leq 3,3 \text{ h FS}_o \leq 6,5\%$ ), P – Pesada (Parede:  $U \leq 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$   $\phi \geq 6,5 \text{ h FS}_o \leq 3,5\%$ , Cobertura:  $U \leq 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$   $\phi \geq 6,5 \text{ h FS}_o \leq 6,5\%$ ); Verão VC – Ventilação Cruzada, VCP – Ventilação Cruzada Permanente, VS, MTR, RE – Ventilação Seletiva, MTR - Massa térmica para Resfriamento e RE – Resfriamento Evaporativo; Inverno ASE - Aquecimento Solar da Edificação, VIP – Vedação Interna Pesada. \*NA – Não se aplica.

Assim, conforme se observa na Tabela 4, tem-se a recomendação de aberturas médias nas zonas de 1 a 6, pequenas na zona 7 e grandes na zona 8. Nota-se, portanto, que a ventilação natural na sétima zona não é recomendada como na oitava, dois extremos no quesito dimensionamento do tamanho das aberturas para ventilação natural. Em relação ao sombreamento das aberturas, tem-se a indicação que nas zonas frias deve-se permitir o sol, seja no período frio que pode ocorrer à noite ao longo do ano (ZB1), seja no inverno (ZB2 e 3). Nas demais zonas, deve-se sombrear as aberturas (ZB4 a 8). Nota-se, portanto, um estímulo à adoção desta estratégia para cortar parte da radiação direta que pode incidir por meio das janelas nos ambientes, contribuindo para o seu aquecimento (ABNT, 2005).

Em relação às vedações externas, nota-se, também, na Tabela 4, que para as paredes voltadas para o exterior, a norma sugere sistemas leves nas zonas mais frias (ZB1 e 2) que apresentam uma resistência térmica mínima<sup>17</sup> e permitem transferência do fluxo de calor em razão do valor estipulado para a transmitância térmica<sup>18</sup> que pode ocorrer de fora para dentro do ambiente ou vice e versa, dependendo da diferença de temperatura e do local que apresenta a maior temperatura. Por se encontrar em uma região de verão

<sup>17</sup> Resistência Térmica ( $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ ): consiste no quociente da diferença de temperatura entre superfícies de um elemento construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário (ABNT, 2005).

<sup>18</sup> Transmitância térmica ou Coeficiente global de transferência de calor ( $U$ ,  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) consiste no inverso da Resistência Térmica Total (superficial interna e externa) do componente construtivo (ABNT, 2005).

mais ameno em comparação com o restante do país, essa transmissão de calor não seria tão significativa uma vez que o atraso térmico<sup>19</sup> pode contribuir para retardar o aumento da temperatura no ambiente. Todavia, no inverno, pode ocorrer perda de calor interno para o espaço externo. Nas zonas 3, 5 e 8 as paredes externas devem ser igualmente leves mas também refletoras, possibilitando um sistema com valor de transmitância térmica ligeiramente maior e resistência térmica menor, em comparação com àqueles unicamente leves. Porém, nota-se que o limite do fator de ganho de calor solar dos elementos opacos<sup>20</sup> indica uma menor taxa de radiação solar transmitida pelo sistema construtivo comparado com àqueles somente leves uma vez que possuem um maior potencial refletor. Ademais, nota-se que a zona 8, correspondente a grande maioria da Região Amazônica (Vide Figura 3), de clima quente e úmido não apresenta significativa amplitude térmica. Assim, o tamanho mais avantajado das aberturas para ventilação pode favorecer o desempenho térmico da edificação, à exceção dos períodos críticos com temperaturas externas do ar muito elevadas. Já para as zonas 4, 6 e 7 deve-se utilizar um sistema de paredes pesadas para conter o maior ganho de calor nos períodos críticos de calor. Vale lembrar que a ZB7 apresenta valores extremos de temperatura máxima do ar ao longo do ano, fato notado pelo desestímulo do uso da ventilação natural em razão do acanhado tamanho das aberturas, proposto nesta norma (ABNT, 2005).

Usualmente, o calor que chega na envoltória de um edifício térreo provém em 80% pela cobertura e 20% pela fachada ao passo que em um sobrado tal transmissão atinge 60 e 40%, respectivamente. O inverso ocorre para as edificações com mais de 5 pavimentos, sendo 30% do calor proveniente pelo sistema de cobertura e 70% pelas fachadas, demonstrando maior importância no isolamento das vedações verticais ao invés das horizontais como ocorria para as construções mais baixas (MASCARÓ, 2010). Assim, por se tratar de habitações de unifamiliares, a NBR 15.220 (2005) dedica um “peso” maior à cobertura, principal elemento do ganho de calor dos sistemas construtivos horizontalizados. Neste sentido, pode-se observar na Tabela 4 que, em razão do maior limite aceitável para o fator solar das coberturas ( $FS_o$ ), tem-se valores de transmitância térmica ( $U$ ) menores. E assim como ocorreu para as vedações verticais, o sistema horizontal pesado apresenta um número de horas maior para o atraso térmico. Assim, nas

---

<sup>19</sup> ( $\phi, h$ ) Tempo transcorrido entre a variação térmica de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor e sua manifestação na superfície oposta (ABNT, 2005).

<sup>20</sup> ( $FS_o$ ) definido pelo quociente da taxa de radiação solar transmitida por um componente construtivo opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre sua superfície externa, em percentual (ABNT, 2005).

zonas de 1 a 6 recomenda-se um sistema leve e isolado, e, na zona 8, leve e refletor. A diferença entre estes sistemas consiste, basicamente, em uma tolerância ligeiramente maior no valor de U associado a um fator de correção  $FT^{21}$  apresentado para a opção refletora. Apenas para a ZB7 tem-se a exigência de uma cobertura pesada para barrar ao máximo as condições extremas de ganho calor que a edificação inserida nesta localidade pode apresentar (ABNT, 2005).

Quanto às estratégias sazonais, nota-se na Tabela 4 que, para o verão não existe recomendação para a zona 1. A ventilação cruzada controlável se mostra indicada para a ZB 2, 3 e 5 ao passo que na zona 8 deve-se fazer uso da ventilação cruzada permanente. Nas zonas 4, 6 e 7 recomenda três estratégias conjuntas: 1) o Resfriamento evaporativo, podendo ser direto, por meio de áreas gramadas e/ou arborizadas ao até mesmo por uso de paredes com espécies trepadeiras caducifólias, de modo a otimizar ganho de calor no inverno, caso seja indicado, ou indireto, por meio de tanque d'água sobre o telhado ou mesmo teto-jardim, estratégias que podem contribuir para a retirada do calor da cobertura e, conseqüentemente, do ambiente interno, 2) a Massa térmica para resfriamento associada ao sombreamento da abertura bem como, evitar a ventilação diurna que pode trazer ar quente externo e, também, aumentar a temperatura do ambiente no final do dia ao prolongar os picos máximos internos, quando externamente as temperaturas já se apresentam mais baixas e, 3) a Ventilação seletiva, preferencialmente, noturna, de modo à retirar o calor acumulado durante o dia e garantir temperaturas internas mais baixas no dia seguinte ou, simplesmente, nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa (ABNT, 2005, LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

No inverno, é possível notar na Tabela 4 que não existe recomendação alguma para as zonas 7 e 8. Nas zonas 1 a 6, tem-se a indicação de vedação interna pesada como forma de auxílio à manutenção do interior da edificação aquecido. Assim, paredes interiores compostas por materiais com alta inércia térmica, desde que a vedação exterior esteja isolada, podem contribuir para maximizar o acúmulo de calor diurno, dependendo da sua orientação de influência e quantidade de radiação solar incidente, devolvendo-o no período noturno, quando a temperatura externa se encontra mais baixa. Nas ZBs de 1 a 4,

---

<sup>21</sup> Fator de correção da transmitância térmica aceitável para as coberturas (ZB8) resultante de equação que considera a altura (em cm) da abertura para ventilação do ático, em relação aos dois beirais opostos. Para coberturas sem forro ou com áticos não ventilados,  $FT = 1$  (ABNT, 2005).

recomenda-se, também, o aquecimento solar passivo da edificação, que pode ser direto ao permitir a incidência de radiação solar direta no ambiente por meio de janelas, paredes transparentes ou zenitais ou, indireto, por meio de jardim de inverno, que capta radiação solar distribuindo indiretamente aos ambientes bem como a adoção de parede trombe, com massa térmica elevada. O aquecimento solar da edificação é desejável somente no período de inverno devendo ser evitado no verão (ABNT, 2005, LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Vale ressaltar que esta norma apresenta a classificação do zoneamento bioclimático de 330 cidades com base nos dados climatológicos medidos indicando estratégias construtivas para cada uma destas localidades. Considerando a dimensão e a diversidade do território nacional ainda é um número reduzido, todavia, por meio do programa ZBBR é possível consultar o zoneamento bioclimático e as estratégias construtivas de 5231 municípios cujo o clima foi estimado por interpolação dos dados em analogia às cidades com os dados climáticos medidos (RORIZ ENGENHARIA, [201-]b). Em razão de algumas incongruências verificadas na classificação dos municípios brasileiros teve início, no ano de 2012, um grupo de discussão para revisão e ampliação do ZB brasileiro. Cabe mencionar que foram apresentadas duas propostas: 1) com 5630 cidades classificadas para vinte zonas perfazendo uma média de 282 cidades por zona<sup>22</sup> e 2) com 16 zonas conforme intervalo definido pela aplicação de duas equações propostas para classificação de cada ponto do mapa climático (ABNT, 2005; RORIZ, 2012a; RORIZ, 2012b).

### **2.3.2 – NBR 15.575**

Em 2008, a ABNT publicou a NBR 15.575<sup>23</sup>, todavia, seu cumprimento foi adiado para 2013<sup>24</sup>, em razão do seu processo de revisão. Sua aplicação restringe-se à novos edifícios no que tange ao desempenho mínimo obrigatório para os sistemas edilícios ao longo de sua vida útil, independentemente de materiais constituintes, sistema construtivo e número de pavimentos. Para tanto, sintetiza parâmetros edilícios relacionados ao desempenho

---

<sup>22</sup> Os dados climáticos apresentados para estas cidades foram obtidos por equações de regressão ou medidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. A latitude negativa/positiva e longitude negativa em que se situa o território brasileiro representam, respectivamente, as direções Sul, Norte e Oeste.

<sup>23</sup> Havia sido denominada “Edifícios habitacionais até cinco pavimentos – Desempenho”, fato que restringia sua abrangência, tendo sido suprimido este detalhe no título em sua revisão no ano de 2013.

<sup>24</sup> Em vigor desde 19 de julho de 2013 para os projetos protocolados para aprovação nos órgãos públicos.

térmico, acústico, estrutural, lumínico e construtivo em geral como durabilidade (vida útil de materiais e estruturas), segurança contra incêndio, entre outros. Divide-se, portanto, em seis partes referentes aos requisitos: gerais; dos sistemas estruturais; dos sistemas de pisos internos; dos sistemas de vedação verticais externos e internos; das coberturas e dos sistemas hidros sanitários (ABNT, 2013; SINDUSCON MG, 2008).

Na avaliação dos seus requisitos, estipula-se que ao menos o desempenho mínimo (M) deve ser atingido, podendo também alcançar uma performance intermediária (I) ou superior (S) conforme cumprimento de parâmetros mais elevados. Em relação ao desempenho térmico, a edificação deve atender as exigências considerando-se as características da ZB, conforme NBR 15.220-3. Para o procedimento simplificado, a edificação deverá possuir limites admissíveis para resistência térmica, capacidade térmica e absorvância à radiação solar, assim como áreas mínimas para ventilação e iluminação<sup>25</sup>. No que tange os critérios e níveis de desempenho de coberturas em relação à transmitância térmica, deve-se utilizar um fator de correção da transmitância (FT), para as zonas 7 e 8<sup>26</sup>. Para os casos em que a avaliação pelo procedimento simplificado resultarem em um desempenho insatisfatório recomenda-se reexaminar a edificação pelo seu método de simulação computacional por meio de programa validado pela ASHRAE Standard 140/2004, que reproduza os efeitos de inércia térmica (ABNT, 2013).

Segundo a NBR 15.575, o método de simulação computacional define que a geometria do modelo simulado, deve considerar a habitação como um todo, sendo cada ambiente uma zona térmica. Na composição de materiais devem-se utilizar dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos. No caso dos conjuntos habitacionais multipavimentos deve-se selecionar para avaliação a unidade habitacional mais crítica do ponto de vista térmico considerando-se, portanto, aquela localizada no último andar, com cobertura exposta. Todos os recintos devem ser simulados considerando as trocas térmicas entre os seus ambientes. Contudo, são avaliados apenas os resultados dos dormitórios e salas. A edificação deve ser orientada conforme a implantação e caso não exista definição deve-se posicionar a edificação de tal forma que a unidade a ser avaliada tenha a condição mais crítica do ponto de vista térmico,

---

<sup>25</sup> Os valores admissíveis são relacionados em forma de um percentual da área do piso conforme a zona.

<sup>26</sup> Antes da atualização esta norma referenciava um fator de ventilação (FV) para as zonas 7 e 8 em referência a NBR 15.220-2 que era inexistente.

considerando-se no verão a janela na direção Oeste e uma parede exposta voltada para o Norte e, no inverno, a janela na direção Sul e a uma parede exposta voltada para Leste (ABNT, 2013).

A avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto, de verão e inverno sendo este dia definido como um dia real extremo conforme a velocidade média predominante do vento e valores horários da temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar incidente em superfície horizontal e nebulosidade do céu para o dia mais quente ou mais frio do ano (verão ou inverno) segundo a média do período dos últimos 10 anos. Desta forma, são caracterizados os dias típicos de algumas cidades para a condição de verão e inverno apresentados na Tabela anexa A2 e A3, respectivamente, da parte 1 desta norma. Segundo determinação, para aquelas cidades sem informações estabelecidas, recomenda-se utilizar os dados climáticos disponíveis de outra localidade próxima, com características climáticas semelhantes dentro da mesma zona bioclimática e caso não exista localidade correspondente deve-se evitar o método da simulação computacional (ABNT, 2013). Cabe destacar que esta norma não especifica se os dados disponíveis se aplicam apenas para àqueles classificados em seu texto possibilitando, portanto, a adoção dos arquivos climáticos de diversos municípios brasileiros disponibilizados no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) e da Roriz Engenharia.

A adoção dos arquivos climáticos disponíveis para o método de simulação se justifica uma vez que as especificações desta norma possuem dados incompletos do dia típico dificultando a compatibilização das informações necessárias para realizar a simulação computacional. Conforme síntese apresentada na Tabela 5, verifica-se que a NBR 15.575 (2013) apresenta dados para 27 cidades, para as zonas bioclimáticas brasileiras de número 1, 3, 4, 6, 7 e 8. Para a ZB2 e ZB5 não foi apresentada nenhuma cidade representativa. Para caracterização das localidades foram apresentados dados geográficos relativos à latitude, longitude e altitude. Já para qualificação do dia típico foram apresentados os valores da temperatura máxima no verão e mínima no inverno, a amplitude diária de temperatura, a temperatura de bulbo úmido, a radiação solar incidente em superfície horizontal, e a nebulosidade do céu. Nota-se, contudo que algumas cidades apresentam dados incompletos como o caso de Palmas - PR (ZB1), Florianópolis - SC (ZB3), Boa Vista - RR e Macapá - AP (ambas na ZB8).

Tabela 5 – Dados apresentados nas tabelas anexas da NBR 15.575.

<b>Zona Bioclimática</b>	<b>Localidades apresentadas</b>	<b>Dados Geográfico</b>	<b>Dados do dia típico</b>
<b>ZB1</b>	2	2	1, Exceto Palmas - TO
<b>ZB2</b>	0	0	0
<b>ZB3</b>	4	4	3, Exceto Florianópolis - SC (dados de radiação solar)
<b>ZB4</b>	1	1	1
<b>ZB5</b>	0	0	0
<b>ZB6</b>	2	2	
<b>ZB7</b>	2	2	
<b>ZB8</b>	16	15, Exceto Boa Vista - RR	14, Exceto Boa Vista - RR e Macapá - AP (dados de radiação solar)
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>23</b>

Fonte: ABNT, 2013, p.48-50. Modificado pela autora.

Cabe destacar que o programa *Energy Plus*, recomendado para o método de simulação computacional da NBR 15.575 (2013) requer para o processo de simulação do dia típico (*design day*) dados extras que não foram estabelecidos em suas informações anexas. Neste sentido além dos dados geográficos (latitude, longitude e altitude) pode-se evidenciar, conforme se observa na Figura 3, os seguintes dados de entrada necessários para a simulação do desempenho térmico do edifício pelo *Energy Plus*, considerando o dia típico: 1) nome do período simulado; 2) mês considerado; 3) dia do mês considerado; 4) tipo de dia (dia típico de verão ou inverno, dia da semana, feriado, etc.); 5) temperatura máxima de bulbo seco (°C); 6) variação diária da temperatura de bulbo seco (diferença em °C); 7) modelo modificador da variação da temperatura de bulbo seco; 8) nome da rotina diária modificadora da variação da temperatura de bulbo seco; 9) modelo das condições de umidade (bulbo úmido, ponto de orvalho, taxa de umidade, entalpia, etc.); 10) temperatura de bulbo úmido ou ponto de orvalho na temperatura máxima de bulbo seco (°C); 11) nome da rotina diária das condições de umidade; 12) taxa de umidade na temperatura máxima de bulbo seco (kg de água/kg de ar seco); 13) entalpia na temperatura máxima de bulbo seco (J/kg); 14) variação diária da temperatura de bulbo úmido (diferença em °C); 15) pressão barométrica (Pa); 16) velocidade do vento (m/s); 17) direção do vento (em graus sendo 0° Norte, 90° Leste, 180° Sul e 270° Oeste); 18) indicador de chuva (neste campo pode-se optar por sim ou não); 19) indicador de neve (neste campo pode-se optar por sim ou não); 20) indicador de tempo economizado relativo à luz natural (neste campo pode-se optar por sim ou não); 21) indicador de modelo solar (ASHRAE *Clear Sky* ou Zhang Huang - China); 22) nome da rotina diária para a radiação

solar direta; 23) nome da rotina diária para a radiação solar difusa; 24) profundidade ótica do céu claro para a irradiância direta (adimensional, valor tabelado por mês na ASHRAE 2009 para 5564 localidades mundiais variando de 0 a 1,2); 25) profundidade ótica do céu claro para a irradiância difusa (adimensional, valor tabelado por mês na ASHRAE 2009 para 5564 localidades mundiais variando de 0 a 3,0) e 26) clareza do céu (variando de 0 a 1,2, sendo 1,0 representando o céu claro no nível do mar). Os dados destacados por asterisco, na Figura 3, devem obrigatoriamente ser informados. Assim, nota-se que a data do dia típico (dia e mês) bem como o valor da velocidade e direção do vento se mostram indispensáveis para que a simulação seja realizada ainda que seja considerada uma taxa fixa de renovação do volume do ar por hora. Os dados complementares podem apurar a caracterização das condições climáticas do dia típico, neste contexto, se mostra, portanto, imprescindível indicar também o valor máximo da temperatura de bulbo seco, amplitude diária da temperatura de bulbo seco, uma condição de umidade (temperatura bulbo úmido ou temperatura de ponto de orvalho ou umidade relativa ou entalpia) no pico da temperatura de bulbo seco, a pressão atmosférica, o modelo solar (tipo de céu) ou os dados horários de radiação solar direta e difusa incidente na superfície.

Field	Units
Name *	
Month *	
Day of Month *	
Day Type *	
Maximum Dry-Bulb Temperature	C
Daily Dry-Bulb Temperature Range	deltaC
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type	
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule Name	
Humidity Condition Type	
Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb	C
Humidity Condition Day Schedule Name	
Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb	kgWater/kgDryAir
Enthalpy at Maximum Dry-Bulb	J/kg
Daily Wet-Bulb Temperature Range	deltaC
Barometric Pressure	Pa
Wind Speed *	m/s
Wind Direction *	deg
Rain Indicator	
Snow Indicator	
Daylight Saving Time Indicator	
Solar Model Indicator	
Beam Solar Day Schedule Name	
Diffuse Solar Day Schedule Name	
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)	dimensionless
ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)	dimensionless
Sky Clearness	

Figura 3 – Dados de entrada apresentados no campo relativo ao dia típico (*SizingPeriod: DesignDay*) do programa de simulação computacional *Energy Plus* versão 8.1.0. Fonte: DOE, [200-]. \*Dados que devem ser obrigatoriamente informados.

Neste contexto, uma vez que as tabelas de caracterização do dia típico de algumas localidades apresentadas na NBR 15.575 (2013) não apresentam as informações relativas à velocidade do ar e direção do vento dominante verifica-se a impossibilidade em se adotar o campo de simulação do dia típico existente no programa *Energy Plus* devido a inexistência destes dados. Nota-se também que a falta de informação sobre a escolha do dia típico dificulta a seleção de dados para outras localidades não estabelecidas nesta norma. Assim, na ausência de informações necessárias o simulador deve buscar outros parâmetros não estabelecidos na NBR 15.575 (2013) para configuração dos dados de entrada para caracterização do dia típico o que possibilita diferentes resultados, podendo viabilizar o uso de um sistema construtivo em razão do critério de seleção para o dia típico (ABNT, 2013; SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013).

Ainda neste contexto, conforme se observa na síntese elaborada na Tabela 6 existem disponíveis 27 arquivos climáticos de diferentes localidades para *download* no *site* do LABEEE com as seguintes extensões: *Comma Separated Values (CVS)*, *Energyplus Weather Data (EPW)*, *Test Reference Year (TRY)* e *Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA)*. O arquivo CSV, utilizado para visualização ou manipulação de dados, compõe-se de dados obtidos dos arquivos TRY, apresentando dados horários de radiação solar calculados a partir da nebulosidade horária. Já a extensão EPW se baseia nos arquivos *Test Meteorological Year (TMY2)*, consistindo em uma compilação de meses sem extremos de temperatura provenientes de diferentes anos, resultado em um ano climático inexistente, posteriormente convertido no formato utilizado pelo *Energy Plus*. O arquivo TRY, compilado ou atualizados no ano de 2005, refere-se aos dados médios após eliminação dos anos com temperaturas médias mensais altas ou baixas resultando em um ano climático referencial sem extremos de temperatura. Já a extensão SWERA, baseia-se nos arquivos TMY2 tendo sido desenvolvidos pelo programa *Solar and Wind Energy Resource Assessment (CARLO; LAMBERTS, 2005; LABEEE, [201-])*. À exceção da extensão CVS, todos os arquivos climáticos disponibilizados para diferentes localidades brasileiras apresentam os dados necessários para realizar simulação computacional do desempenho térmico de edificações por meio do programa *Energy Plus*. Contudo, observa-se que não existe uma opção de cidade representativa para a ZB5.

Conforme se observa na Tabela 6, além dos 27 arquivos climáticos disponibilizados no *site* do LABEEE existem 413 arquivos climáticos no formato EPW disponíveis no *site* da

Roriz Engenharia. Tais arquivos foram elaborados pelo grupo da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), na pessoa do prof. Maurício Roriz, como parte dos estudos para a revisão do Zoneamento Bioclimático, previsto na NBR 15.220 (2005), a partir de dados horários, registrados nas estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) entre os anos de 2000 e 2010 (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Nota-se que para todas as zonas bioclimáticas brasileiras foram disponibilizadas diferentes opções de localidades representativas por zona.

Tabela 6 – Arquivos climáticos do tipo CSV, EPW, TRY e SWERA.

<b>Zona Bioclimática</b>	<b>Arquivos climáticos do tipo CSV, EPW, TRY e SWERA</b>	<b>Arquivos climáticos do tipo EPW</b>
<b>ZB1</b>	2	11
<b>ZB2</b>	1	56
<b>ZB3</b>	5	53
<b>ZB4</b>	1	14
<b>ZB5</b>	0	39
<b>ZB6</b>	1	61
<b>ZB7</b>	2	61
<b>ZB8</b>	15	118
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>413</b>

Fonte: LABEEE, [201-]; RORIZ ENGENHARIA, [201-]a; RORIZ ENGENHARIA, [201-]b. Modificado pela autora. Para as cidades não informadas na NBR 15.220-3 adotou-se a classificação indicada no Programa ZBBR disponível para *download* no site Roriz Engenharia. Já para as localidades não classificadas na norma e no ZBBR adotou-se a referência da divisão da zona para a cidade com coordenadas geográficas mais próximas possível.

Em relação aos dispositivos de sombreamento das aberturas<sup>27</sup>, a NBR 15.575 (2013) dispõe em sua primeira parte que este elemento deverá ser testado na simulação computacional caso o edifício não atenda aos critérios exigidos no primeiro teste sem considerá-los, não estabelecendo, portanto, obrigatoriedade de sua adoção. Assim, uma unidade habitacional que não atender seus critérios estabelecidos para o verão, deve passar por nova simulação, considerando a obstrução por elementos construtivos externos ou internos à esquadria externa, com dispositivo capaz de cortar no mínimo 50% da radiação solar direta que entraria pela janela (ABNT, 2013). Todavia, não especifica se esta minimização da radiação solar pelo sombreamento deverá ocorrer para um período determinado do dia ou se deverá ser relacionado à carga térmica acumulada. Em sua parte 4 estes procedimentos são novamente reforçados. Antes da revisão, a NBR 15.575-4 (2008) determinava que “as janelas dos dormitórios, para qualquer região climática, devem ter dispositivos de sombreamento, externos ao vidro (quando existir), de forma a

<sup>27</sup> Para-sóis, marquises, beirais, venezianas, entre outros.

permitir o controle do sombreamento, ventilação e escurecimento, a critério do usuário, como, por exemplo, venezianas”. Nota-se, portanto, que apesar do uso da proteção solar das aberturas se mostrar expressivo para melhoria do desempenho térmico da envoltória, sua obrigatoriedade foi retirada na revisão ocorrida no ano de 2013 para esta norma.

Para a ventilação dos ambientes devem-se avaliar quatro condições para a simulação: 1) utilização de taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1 ren/h). A unidade habitacional que não atender aos critérios estabelecidos para verão deve ser simulada novamente considerando-se as seguintes alterações: 2) adoção de proteção solar, com taxa de 1 ren/h; 3) taxa de 5 ren/h e janelas sem sombreamento e 4) uso de proteção solar e taxa de 5 ren/h. A taxa de renovação do ar do ático da cobertura foi de 1 ren/h para todas as condições (ABNT, 2013).

Quanto ao desempenho térmico são definidos critérios mínimos, intermediários e superiores, para as condições de verão e inverno. Na Tabela 7, nota-se que para a condição mínima de verão basta que em todas as ZBs a temperatura máxima do ar no ambiente esteja igual ou menor do que àquela externa máxima no dia típico considerado como o mais crítico do ano (ABNT, 2013). Não existe um limite máximo para o valor desta temperatura. Assim, pode-se, em alguns casos, atender a condição exigida na norma, mas propiciar internamente aos usuários temperaturas fora da zona de conforto. Para se ter um exemplo, no caso de Cuiabá-MT, localizada na ZB7, considera-se atendido o desempenho térmico mínimo nos ambientes com temperaturas do ar iguais ou menores que 37,8°C. Esta situação pode ser ainda mais crítica uma vez que em algumas cidades brasileiras, a ocorrência de temperaturas elevadas pode ser estender para além do período de verão.

Tabela 7 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1 \text{ } ^\circ\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$ e $T_{i,mín.} \leq (T_{e,mín.} + 1 \text{ } ^\circ\text{C})$

T<sub>i,máx.</sub> é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
T<sub>e,máx.</sub> é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
T<sub>i,mín.</sub> é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
T<sub>e,mín.</sub> é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: ABNT, 2013, p.64.

Para a situação de inverno, conforme se observa na Tabela 8, os ambientes nas zonas de 1 a 5 devem atingir uma temperatura do ar no ambiente igual a temperatura mínima externa acrescida de 3°C. Assim, se do lado de fora a temperatura estiver em 0° basta que internamente esteja 3°C para que a condição de inverno mínima seja atendida (ABNT, 2013). Para a cidade de São Paulo - SP, por exemplo, localizada da ZB3, considera-se atendido o desempenho térmico mínimo nos ambientes com temperaturas do ar superiores a 9,2°C.

Tabela 8 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3 \text{ °C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5 \text{ °C})$	
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7 \text{ °C})$	
<p><math>T_{i,mín.}</math> é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  <math>T_{e,mín.}</math> é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.            NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p>		

Fonte: ABNT, 2013, p.65.

Cabe destacar, ainda, que para a condição de verão o modelo deve ser simulado sem cargas internas (ocupação, iluminação e equipamentos), porém para o inverno a norma deixa uma lacuna quanto ao uso do edifício uma vez que não estipula a sua condição de ocupação (ABNT, 2013; SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013). Neste contexto, nota-se nos limites prescritos para atendimento do desempenho térmico da edificação pelo método de simulação computacional dois pontos para aprofundamento: 1) pode-se haver condições críticas de temperaturas externas fora dos dias típicos delimitados para verão e inverno e 2) muitas vezes o atendimento mínimo exigido pela norma pode não condizer com as condições aceitáveis de conforto térmico do usuário. Assim, as condições dos ambientes deveriam ser avaliadas para um período maior para verificar o percentual de horas de conforto atendidas pelo edifício como um todo para uma estação crítica. Além disto, se faz necessário delimitação de uma faixa de conforto adaptativa para comparação com as prescrições da norma e aproximação da análise de desempenho térmico do edifício aos limites aceitáveis de conforto térmico para o usuário em relação às condições climáticas locais, pelo método de simulação computacional.

### *2.3.3 – Selo Casa Azul*

O Selo Casa Azul, publicado em 2010 pela Caixa Econômica Federal (CEF), tem por escopo atestar o caráter sustentável de construções habitacionais unifamiliares de interesse social apresentadas em processos de financiamento ou incluídas em programas de repasse imobiliário. A adesão ao processo de certificação é voluntária. Têm-se três categorias variando da básica à superior (Bronze, Prata e Ouro) sendo necessário atender critérios obrigatórios para todas. Para a gradação intermediária e superior devem-se seguir critérios extras de livre escolha, sendo respectivamente, seis e doze. O nível Bronze somente poderá ser concedido a imóveis cujo valor de avaliação não ultrapasse o limite estabelecido pelo porte e localização. Os projetos com valores superiores aos limites deverão se enquadrar, no mínimo na categoria prata (BRASIL - CEF, 2010).

Grosso modo, avaliam-se os seguintes critérios: qualidade urbana; projeto e conforto; eficiência energética; conservação de recursos materiais; gestão da água e práticas sociais. Os parâmetros relativos ao desempenho térmico de paredes e coberturas baseiam-se na NBR 15.575 (2008) e NBR 15.220 (2005), tendo também aspectos comuns ao RTQ-R (2010). As seis categorias gerais de critérios que orientam a classificação do projeto são subdivididas em outras 53. Na primeira categoria, têm-se dois requisitos de qualidade do entorno: a infraestrutura e impactos. Na segunda, devem-se cumprir cinco itens: paisagismo; local para coleta seletiva; equipamentos de lazer, sociais e esportivos; desempenho térmico seja na parte de vedações quanto em relação à orientação solar e ventos. Na terceira, apenas o requisito de entrega de lâmpadas de baixo consumo nas áreas privativas é exigido para imóveis destinados a famílias com renda de até três salários mínimos, as outras duas exigências são: dispositivos economizadores nas áreas comuns e a medição individualizada de gás. Na quarta, têm-se três condições a serem satisfeitas: a qualidade de materiais e componentes, fôrmas e escoras reutilizáveis, gestão de resíduos de construção e demolição. A quinta categoria exige três quesitos: a medição individualizada de água, dispositivos economizadores para descarga e áreas permeáveis. A última possui três exigências: a educação relativa à gestão de resíduos de construção e demolição, educação ambiental dos empregados e dos moradores. Os parâmetros de ventilação e iluminação estão incluídos nos itens de livre escolha (BRASIL - CEF, 2010).

No ano de 2014, o Selo Casa Azul passou por atualização nos critérios: qualidade do entorno no quesito infraestrutura e impactos, eliminação da exigência de desempenho térmico para paredes internas e também no atendimento do quesito iluminação e ventilação natural de banheiros sem chuveiro, criação do critério Bônus, de livre escolha, com itens adicionais que podem contribuir para a pontuação e obtenção do Selo Prata ou Ouro, entre outros. As estratégias de conforto adaptadas às edificações, extraídas da NBR 15.220 (2005), passam a ser opcionais ao passo que a adoção de orientação solar adequada torna obrigatória para empreendimentos nas ZBs 1, 2 e 3, que não poderão ter ambientes de permanência prolongada voltados diretamente para sul. Para edificações nas demais zonas bioclimáticas recomenda-se a adoção de dispositivos de sombreamento nos ambientes de permanência prolongada voltados para a Oeste. Nota-se, que o uso de proteção solar, obrigatório, na sua versão de 2010, para as aberturas dos dormitórios passou a não vigorar mais. Anteriormente, este selo dispunha que nas zonas 1, 2 e 3 tal dispositivo de controle obrigatório deveria permitir a insolação no inverno ao passo que nas zonas 4, 5, 6 e 7 além do uso obrigatório nos quartos recomendava-se seu uso na sala quando adotada porcentagem de ventilação somente por área de janela e vidro, sendo que ambas opções deveriam permitir a abertura total da área de abertura para iluminação.

Destaca-se, ademais, a alteração dos percentuais mínimos para dimensionamento das aberturas para ventilação e iluminação natural nos quais foram equiparados ao valor percentual da área de piso estabelecido no parâmetro de ventilação natural da NBR 15.575 (2013) conforme apresentado na Tabela 9. Na versão de 2010 os limites para a ventilação natural eram diferenciados para a sala, dormitório e cozinha sendo que em 2014 passaram a ser comum para todos os ambientes de permanência prolongada. Já o parâmetro relativo ao dimensionamento para a iluminação natural apresentava valores percentuais maiores na versão original, tendo sido reduzidos e equiparados às exigências para a ventilação natural em sua revisão (BRASIL - CAIXA, [201-]a; BRASIL - CAIXA, [201-]b).

Tabela 9 – Comparativo das áreas de abertura para ventilação e iluminação do Selo Casa Azul.

Norma / Limite (%)		Zoneamento	ZB1 a ZB6	ZB7	ZB8
Selo Casa Azul (2010)	Ventilação	Sala	≥ 10	≥ 8	≥ 20
		Dormitórios	≥ 8	≥ 8	≥ 15
		Cozinha	≥ 8	≥ 5	≥ 15
	Iluminação	≥ 16	≥ 10	≥ 15 e ≤ 20	
Selo Casa Azul (2014)	Ventilação e Iluminação	≥ 7	≥ 7	≥ 8 (NE, SE)	≥ 12 (N)

Fonte: BRASIL - CEF, 2010, p. 97; BRASIL - CAIXA, [200-]a, p.2. Modificado pela autora.

Em suma, os critérios estabelecidos no manual requerem aplicação de medidas de execução relativamente simples e economicamente viáveis para projetos de habitação popular o que estimula sua adoção. Todavia é necessário demonstrar contribuições na redução dos impactos ambientais, melhoria das condições de conforto térmico para o usuário, eficiência energética e otimização do desempenho em geral da construção (BRASIL - CEF, 2010).

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

Em 2010, foi publicado pelo INMETRO o RTQ-R tendo sido atualizado no ano de 2012. Este documento estabelece condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais e especifica também os requisitos técnicos e métodos para classificação destas habitações quanto à eficiência energética para posterior emissão da ENCE. Esta etiqueta aplica-se para as unidades habitacionais autônomas (UH), para as edificações multifamiliares ou para as áreas de uso comum (de utilização frequente<sup>28</sup> ou eventual<sup>29</sup>). Nos dois primeiros casos, avalia-se, a envoltória e o sistema de aquecimento de água edifício. Nas áreas de uso comum, de utilização frequente, considera-se o cumprimento dos requisitos do sistema de iluminação artificial, dos elevadores e das bombas centrífugas. Já para aquelas de uso eventual<sup>30</sup> aprecia-se a eficiência do sistema de iluminação artificial, dos equipamentos, do sistema de aquecimento de água (chuveiros e piscina) e da sauna. Pode-se obter uma classificação variando de A ao E, respectivamente da melhor para a pior classificação, mediante uma pontuação final calculada a partir dos níveis de eficiência dos diferentes requisitos conforme Equação 2 considerando os equivalentes numéricos<sup>31</sup> (EqNum). Bonificações perfazendo até 1,0 ponto poderão ser acrescentadas nesta classificação (BRASIL - INMETRO, 2012).

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1-a) \times EqNumAA] + Bonificações \quad (2)$$

Equação 2 - Fórmula para cálculo da pontuação total do nível de eficiência da UH. Sendo  $PT_{UH}$ : pontuação total do nível de eficiência da UH; a: coeficiente adotado de acordo com a localização da edificação; EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da UH quando ventilada naturalmente; EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de

---

<sup>28</sup> Corredores, *halls*, garagens, elevadores, acessos, dentre outros espaços.

<sup>29</sup> Salão de festas, piscinas, sala de ginástica, cinema, espaço gourmet e demais áreas destinadas ao lazer.

<sup>30</sup> Caso seja construída separada da edificação, sua envoltória deve atender aos pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância à radiação solar.

<sup>31</sup> O nível A de eficiência tem equivalente número igual a 5, o B igual a 4 e assim sucessivamente.

água e Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.  
 Fonte: BRASIL - INMETRO, 2012.

Para determinação da eficiência da envoltória de uma habitação naturalmente ventilada pelo método prescritivo do RTQ-R deve-se analisar uma série de variáveis, conforme apresentada na Tabela 10. Ademais, deve-se calcular: os graus-hora para resfriamento ( $GHR$ ); e o consumo de aquecimento ( $CA$ ), além de determinar os equivalentes numéricos da  $UH$  e da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento.

Tabela 10 - Modelo para cálculo da eficiência da envoltória naturalmente ventilada.

Zona Bioclimática	ZB	
Ambiente	Nome do Ambiente	
	Identificação	
Cobertura	AUamb	m <sup>2</sup>
	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K
Paredes Externas	αcob	adimensional
	Upar	W/m <sup>2</sup> .K
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K
Característica construtiva	αpar	adimensional
	CTbaixa	binário
	CTalta	binário
Situação do piso e cobertura	cob	adimensional
	solo	binário
	pil	binário
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	APambN	m <sup>2</sup>
	APambS	m <sup>2</sup>
	APambL	m <sup>2</sup>
	APambO	m <sup>2</sup>
Áreas de Aberturas Externas	AAbN	m <sup>2</sup>
	AAbS	m <sup>2</sup>
	AAbL	m <sup>2</sup>
	AAbO	m <sup>2</sup>
Características das Aberturas	Fvent	adimensional
	Somb	adimensional
Características Gerais	AparInt	m <sup>2</sup>
	PD	m
	Caltura	adimensional
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário
	vid	binário
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano

Fonte: BRASIL - INMETRO, 2012. Legenda: Ab L / N / O / S - existência de abertura voltada para o Leste, Norte, Oeste e Sul; AAb L / N / O / S (m<sup>2</sup>) - área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Leste, Norte, Oeste e Sul; APamb L / N / O / S (m<sup>2</sup>): área de parede externa do ambiente voltada para o Leste, Norte, Oeste e Sul; AparInt (m<sup>2</sup>) - área das paredes internas, excluindo as aberturas; AUamb (m<sup>2</sup>) - área útil do ambiente analisado; αcob / par (adimensional) - absorvância da superfície externa da cobertura / paredes externas; Caltura - coeficiente de altura, calculado pela razão entre o pé-direito e a área útil do ambiente; cob - define se o ambiente possui fechamento superior voltado para o exterior (cobertura); CT alta / baixa [kJ/m<sup>2</sup>K] - define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica alta (>250), ou baixa (<50), considerando a média ponderada das CTs das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas; CT cob [kJ/m<sup>2</sup>K] - capacidade térmica da cobertura considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente; CTpar [kJ/m<sup>2</sup>K] - média ponderada da capacidade térmica das paredes externas e internas do ambiente pelas respectivas áreas; Fvent (adimensional) - fator proporcional à abertura para ventilação em

relação a abertura do vão; isol - variável que representa a existência de isolamento nas paredes externas e coberturas; Pamb L / N / O / S (m<sup>2</sup>) - existência de parede externa do ambiente voltada para o Leste, Norte, Oeste e Sul; PD (m) - pé-direito do ambiente analisado; pil - define o contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis; solo - define o contato do piso do ambiente com o solo (laje de terrapleno); SomAparext - somatório das áreas de parede externa do ambiente (APamb N + S + L + O); somb - define a presença de dispositivos de proteção solar externos às aberturas; Ucob / par [W/m<sup>2</sup>K] - transmitância térmica da cobertura / parede, considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente; Uvid [W/m<sup>2</sup>K] - transmitância térmica do vidro; vid - indica a existência de vidro duplo no ambiente (aplicável para as ZBs 1 e 2); volume (m<sup>3</sup>) - volume do ambiente, obtido através da multiplicação entre o pé-direito e a área útil do ambiente.

Cumprido destacar que na avaliação da envoltória considera-se o desempenho dos ambientes de permanência prolongada para o verão (resfriamento) e inverno (aquecimento) de acordo com a ZB em que a edificação está localizada. No primeiro caso, obtêm-se por meio de equação um indicador anual de graus-hora<sup>32</sup> para resfriamento (GH<sub>R</sub>) segundo uma temperatura base de referência de 26°C. No segundo, avalia-se o consumo relativo para aquecimento (CA) (em kWh/m<sup>2</sup>) que consiste, basicamente, no dispêndio anual de energia por metro quadrado necessário para aquecer o ambiente durante o período de 21h às 8h, mantendo a temperatura em 22°C (BRASIL - INMETRO, 2012).

Para o cálculo do GH<sub>R</sub> pelo método de simulação se fazem necessários os dados da temperatura operativa referente a média entre as temperaturas do ar e a radiante média do ambiente. Para tanto, tem-se uma equação estabelecida no RTQ-R de igual teor àquela apresentada também nas formulações para os dados de saída da zona do programa *Energy Plus*. A seguir tem-se a equação adotada para o cálculo da temperatura operativa (BRASIL - INMETRO, 2012):

$$T_O = A \cdot T_a + (1 - A) \cdot T_r \quad (3)$$

Equação 3 - Temperatura operativa. Fonte: BRASIL - INMETRO, 2012. Sendo T<sub>O</sub>: T operativa horária (°C); A: Constante variável conforme velocidade do ar no ambiente (m/s); T<sub>a</sub>: T do ar no ambiente (°C) e T<sub>r</sub>: T radiante média (°C). Note-se que na ausência de informações, adota-se A = 0,5, referente à velocidade do ar menor ou igual a 0,2m/s.

Caso haja mais de uma UH, no mesmo lote, tem-se como pré-requisito geral a medição individualizada de eletricidade e de água<sup>33</sup>, para obtenção dos níveis de eficiência A ou B. Quanto aos pré-requisitos de transmitância, capacidade e absorvância térmica das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada deve-se atender

<sup>32</sup> Somatória da diferença da T horária, quando esta se encontra superior a T base para resfriamento.

<sup>33</sup> Pondera-se, ainda que a tubulação de água deve-se ter isolamento e resistência térmica mínima.

os parâmetros especificados de acordo com a ZB em que a edificação se localiza. Estes parâmetros se pautam na NBR 15.575 partes 4 e 5 e NBR 15.220-3. O não atendimento desses implica em no máximo nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (BRASIL - INMETRO, 2012).

Em relação aos pré-requisitos de ventilação natural, os ambientes de permanência prolongada devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para circulação do ar em relação à área de piso<sup>34</sup> sendo exigido para as ZBs 1 a 6, 7 e 8 valores maiores ou iguais a 8%, 5% e 10%, respectivamente. O não atendimento possibilita alcançar no máximo o nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento (EqNumEnvAmb<sub>Resfr</sub>). Ademais, as UHs localizadas nas ZBs de 2 a 8 devem possuir ventilação cruzada, com aberturas localizadas em pelo menos duas fachadas<sup>35</sup> conforme proporção indicada na Equação 4. Caso não possua ventilação cruzada, a UH atingirá também no máximo nível C (BRASIL - INMETRO, 2012).

$$\frac{A2}{A1} \geq 0,25 \quad (4)$$

Equação 4 - Proporção das aberturas para ventilação Cruzada. Fonte: BRASIL - INMETRO, 2012. Sendo A1 é o somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação na fachada/s da orientação com maior área ventilada e A2 é o somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação nas demais fachadas.

No que tange aos pré requisitos de iluminação natural tem-se a exigência de que a soma das áreas de aberturas disponíveis dos ambientes de permanência prolongada correspondam a no mínimo 12,5% da sua área útil, excluindo os caixilhos. O não atendimento implica na obtenção de, no máximo, nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento (EqNumEnvAmbResfr), para aquecimento (EqNumEnvAmbA) e para refrigeração (EqNumEnvAmbRefrig). Para a UH atingir nível A pelo menos 50% dos banheiros, com exceção dos lavabos, devem possuir ventilação natural. Caso não atenda a esse requisito, o EqNumEnv da UH poderá ser no máximo B (BRASIL - INMETRO, 2012).

O uso de dispositivos de proteção solar externos às aberturas da edificação não é exigido para este regulamento. Todavia, apresenta três métodos de avaliação destas proteções,

---

<sup>34</sup> Nas cidades com médias mensais mínimas abaixo de 20°C localizadas nas ZBs de 1 a 7 as aberturas para ventilação, exceto aquelas de segurança, devem ser passíveis e fechamento durante o período frio.

<sup>35</sup> Opostas ou adjacentes. Não se considerada as portas de acesso principal ou serviço.

caso existentes. O primeiro consiste na presença de veneziana que cobre toda a abertura quando fechada, sendo classificado pela variável  $somb=1$  ou zero na sua ausência. O segundo especifica a variável  $somb$  entre os valores de 0 e 0,5 conforme método de cálculo do Anexo I descrito para varanda, beiral ou brise. Já o último é representado pela variável  $somb=0,2$  que se aplica para varanda, beiral ou brise no qual os ângulos de sombreamento atendam os limites mínimos para cada orientação conforme equação que considera a latitude local<sup>36</sup> (BRASIL - INMETRO, 2012).

O Anexo I deste regulamento apresenta método para o dimensionamento dos dispositivos de proteção solar para ambientes de permanência prolongada das edificações residenciais que não possuam venezianas. Para tanto, define-se os ângulos determinantes das dimensões mínimas do sistema de proteção solar das aberturas por meio da temperatura externa e radiação solar incidente na fachada<sup>37</sup>. Tais dados são plotados em cartas solares para a latitude da cidade onde se localiza o projeto em estudo. Ademais, prescreve que:

[...] Para a definição do dimensionamento mínimo dos componentes de proteção solar em edificações residenciais, deve ser feita proteção solar quando haja incidência solar em horários em que as temperaturas sejam superiores a  $T_n+3$  tanto para aberturas pequenas (aberturas com área menor que 25% da área do piso) quanto para aberturas grandes (aberturas com área maior que 25% da área do piso).

Devem ser protegidas as aberturas pequenas quando estas temperaturas superiores a  $T_n+3$  coincidirem com a radiação de 600W; e nas aberturas grandes, tanto na região em que houver insolação superior a 600W, quanto na região em que a temperatura externa for superior a  $T_n+3$ . Temperaturas maiores que as da faixa de proteção devem sempre ser protegidas ( $T_n+4$  ...) (BRASIL - INMETRO, 2012, p.127).

Portanto, para cada fachada têm-se três tipos de máscara de referência: um conjunto para aberturas consideradas pequenas e outras duas opções para aquelas grandes (podendo conjugar proteção vertical e horizontal ou adotar apenas brises verticais) (BRASIL - INMETRO, 2012).

Para cada abertura, o valor da variável referente ao sombreamento considera o percentual de sombra obtido pela relação entre os ângulos de projeto e aqueles recomendados ( $\alpha$ ,  $\gamma$

---

<sup>36</sup> Desde que os ângulos de sombreamento  $\alpha$  e  $\gamma$  atendam aos limites de ângulo mínimos para Norte, Sul, Leste e Oeste. Sendo para  $\alpha$  ou  $\gamma$  estabelecido os seguintes limites: Norte =  $23,5^\circ + Lat$ ; Sul =  $23,5^\circ + Lat$ ; Leste e Oeste =  $45^\circ$ . (Sendo: Lat - valor absoluto da Latitude do local (valores negativos para o hemisfério Sul);  $\alpha$  - ângulo de altitude solar a normal da fachada que limita a proteção solar;  $\gamma$  - ângulo da altura solar perpendicular à normal da fachada que limita as laterais da proteção solar (BRASIL - INMETRO, 2012).

<sup>37</sup> Não deve haver sombreamento da insolação em aberturas para temperaturas inferiores a  $T_n-8$  nas Zonas Bioclimáticas de 3 a 8. Não deve haver proteção para valores inferiores a  $T_n-7$  nas ZBs 1 e 2 ou quando a necessidade de sombreamento se der por menos de dois meses do ano e/ou duas horas do dia e após às 17h.

e  $\beta$ ) conforme equação estipulada para o  $somb_{abertura}$ . Por fim, pode-se ainda alcançar 0,16 pontos em bonificação caso todos os ambientes de permanência prolongada da unidade habitacional utilizar dispositivos especiais como venezianas móveis, peitoris ventilados ou torres de vento, que favoreça o desempenho da ventilação natural e permita a manutenção da privacidade, o controle da luz natural e dos raios solares (BRASIL - INMETRO, 2012).

Para o método de simulação computacional avalia-se o desempenho obtido pela envoltória para 8760 horas por ano, a partir de um modelo da geometria da edificação, em comparação com valores de referência de edificação similar, para a condição naturalmente ventilada<sup>38</sup> ( $GH_R$ ) e condicionada artificialmente<sup>39</sup> (CA e consumo relativo para refrigeração - CR em substituição ao  $GH_R$  quando for o caso) dos ambientes de permanência prolongada da UH. Os resultados obtidos para o consumo de energia deverão ser comparados com os limites estabelecidos para cada ZB conforme Tabela de Classificação disponibilizada no site do Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações (CB3E) e também no site oficial do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica) (CB3E, [201-]. Para tanto, deve-se adotar programa que atenda as características exigidas pelo regulamento bem como arquivo climático com os dados mínimos recomendados para a simulação. Cada ambiente e também o ático da cobertura devem ser modelados como uma zona térmica. Para edificações multifamiliares de até 10 pavimentos, todas as UHs do térreo, pavimento tipo e cobertura devem ser modeladas. Os dispositivos de sombreamento, caso existam, devem ser modelados conforme o projeto (BRASIL - INMETRO, 2012).

Deve-se considerar as variações horárias de ocupação e iluminação, potência instalada de iluminação, carga interna de equipamentos para a sala, taxa metabólica para a atividade desempenhada em cada ambiente, valores de temperatura do solo médias mensais com base nos valores médios das temperaturas internas e externas da edificação<sup>40</sup> e também os coeficientes de rugosidade do entorno, de pressão superficial<sup>41</sup>, de descarga para janelas e portas, do fluxo de ar por frestas para janelas e portas retangulares e o expoente

---

<sup>38</sup> Seu padrão de uso poderá ser admitido por controle automático, temperatura ou entalpia.

<sup>39</sup> Calculado para os ambientes de permanência prolongada, localizados nas de ZB1 a 4, considerando-se o período das 21h às 8h. A T do termostato de refrigeração é de 24°C e de aquecimento é de 22°C.

<sup>40</sup> Neste caso, recomenda-se a adoção do programa *Slab*, que está vinculado ao *EnergyPlus*.

<sup>41</sup> Recomenda-se a base de dados do *Pressure Database*, *CP Generator* e o *CPCALC+*.

do fluxo de ar recomendados, entre outros critérios e pré-requisitos pormenorizados (BRASIL - INMETRO, 2012).

Por fim, cabe destacar que de acordo com as metas apresentadas no Plano Nacional de Energia de 2030, o processo de avaliação da eficiência energética de edifícios do PBE, passará a ser compulsórios gradativamente, conforme descrição do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf). Assim, a obrigatoriedade da avaliação deverá ocorrer em 2021 para as edificações públicas, em 2026 para as edificações comerciais e de serviços e em 2031 e para as residenciais (BRASIL - PNEf, 2011). Nota-se, porém, que para as edificações públicas federais, entrou em vigor no ano de 2014 uma Instrução Normativa antecipando este prazo (BRASIL - MPOG, 2014). Ademais, tem-se também a previsão de ampliar a abrangência da ENCE incorporando também a energia primária existente nos edifícios, análise do ciclo de vida dos materiais e sistemas construtivos (BRASIL, 2011).

Complementarmente, no final de 2014, o Comitê Diretivo do *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), procedimento de certificação Norte Americano adotado em âmbito mundial, aprovou um *Alternative Compliance Path* (ACP) para comprovação do pré-requisito de Energia e Atmosfera, que trata do desempenho energético mínimo, para projetos brasileiros. Desta forma, pode-se utilizar a etiqueta estabelecida no RTQ-R, que faz parte do PBE, para demonstrar a conformidade com as exigências do pré-requisito do LEED 2009 para edificações comerciais, de serviços e públicas (JORNAL DA INSTALAÇÃO, 2015). Tal ação reforça o reconhecimento dos procedimentos de avaliação dos edifícios estabelecidos nos regulamentos publicados pelo INMETRO.

# 3

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo de caso foi definida amostra de projeto arquitetônico residencial multifamiliar para o modelo típico de apartamento popular do PMCMV até quatro pavimentos, estruturada por paredes de concreto moldadas *in loco*, dentro dos parâmetros adotados pelo mercado da construção civil brasileira. Verificou-se o desempenho térmico alcançado pelo protótipo de HIS em sua composição original e em versão modificada, considerando as oito zonas bioclimáticas, conforme métodos prescritivos estabelecidos pela NBR 15.575 (2013), NBR 15.220 (2005), RTQ-R (2012) e Selo Casa Azul (2014). As modificações implementadas na edificação, seja na composição da sua envoltória (vedação vertical e horizontal), inclusão de sombreamento das aberturas e aprimoramento de áreas para ventilação dos ambientes em desconformidade, pautou-se nas exigências estabelecidas pela NBR 15.575 (2013) e RTQ-R (2012), instrumentos que posteriormente foram aplicados para realização da análise mais detida do edifício conforme método de simulação previsto em ambos. Optou-se por testar por meio de simulação computacional, o comportamento térmico das unidades habitacionais em diferentes pavimentos tendo sido selecionada uma cidade representativa para cada uma das oito zonas bioclimáticas brasileiras, considerando os arquivos climáticos disponíveis para o território nacional. Ademais, verifica-se a eficácia no processo de avaliação do edifício bem como possíveis semelhanças e/ou diferenças destes dois métodos.

Complementarmente foram analisadas as condições de conforto térmico propiciadas aos usuários com base nos resultados das simulações do desempenho térmico edilício para a NBR 15.575 (2013) e RTQ-R (2012). Tal fato possibilita associar o nível de atendimento normativo atingido pelo edifício no que tange aos parâmetros mínimos estabelecidos para cada categoria de desempenho térmico em relação às condições de conforto térmico dos usuários nos ambientes. Para a NBR 15.575 (2013), contrastou-se os resultados da simulação com limites complementares e valores máximos e mínimos de temperatura externa referentes a avaliação do período de verão e inverno, respectivamente. Já para o

RTQ-R (2012), as respostas obtidas na simulação foram confrontadas com uma zona de conforto adaptativa para análise anual dos dados horários das condições de conforto térmico ou desconforto por frio ou calor dos usuários nos ambientes.

Na Figura 4, observa-se fluxograma com as etapas de trabalho deste estudo que teve início em: 1) Avaliação prescritiva do desempenho térmico do projeto do edifício original e de sua versão modificada em relação a itens em desconformidade com as exigências para a NBR 15.220 (2005), NBR 15.575 (2013), Selo Casa Azul (2014) e RTQ-R (2012); 1.1) Verificação dos limites estabelecidos nas normas; 1.2) Classificação do edifício para os parâmetros GHR e CA do RTQ-R; 2) Avaliação do desempenho térmico do edifício original e modificado conforme método de simulação computacional estabelecido na NBR 15.575 (2013) e no RTQ-R (2012). 2.1) Verificação dos limites estabelecidos nas normas; 2.2) Avaliação das condições de conforto térmico propiciadas aos usuários desta edificação com base nos resultados obtidos pela simulação computacional e 2.3) Classificação do edifício para os parâmetros GHR e CA do RTQ-R.

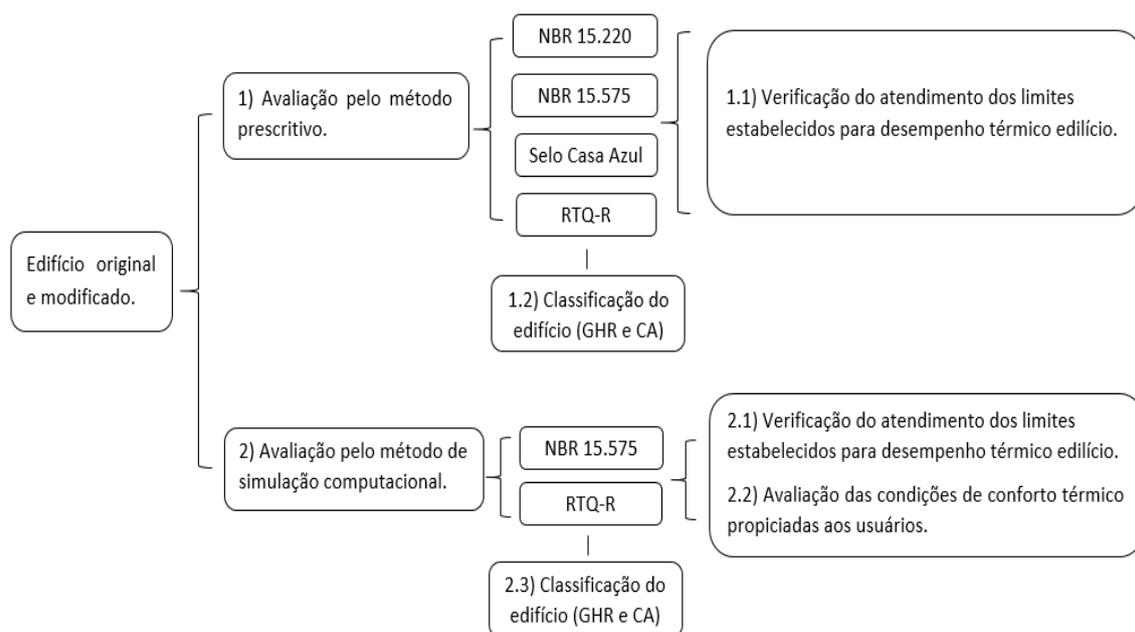


Figura 4 – Fluxograma com as etapas de estudo do presente trabalho.

Conforme limites estabelecidos nas normas NBR 15.575 (2013), NBR 15.220 (2005) e Selo Casa Azul (2014) observados na síntese do método prescritivo apresentada na Tabela 11, considerou-se para análise do desempenho térmico e classificação da edificação pelo RTQ-R (2012), os parâmetros relativos aos sistemas de vedação vertical e horizontal selecionados. Assim, foi verificada as paredes de concreto maciças (10 cm) tal como apresentado no projeto original bem como as composições modificadas em paredes de

concreto com vermiculite (10 cm) e paredes de concreto (4 cm de cada lado) com miolo em EPS (2 cm). Quanto a cobertura, definiu-se para o protótipo padrão, laje de concreto maciça (10 cm) e telha de fibrocimento (6 mm) com uma câmara de ar variável (0,10 a 1,18 m) em razão da declividade do telhado entre estas duas camadas. Nas versões modificadas foi acrescida sobre a laje *foil* de alumínio dupla face (espessura menor do que 1mm) ou manta lã de vidro (63,5 mm). Ademais, considerou-se duas opções para implantação do edifício: nas orientações denominadas Norte 1 e 2 (N1 e 2). A estratégia de sombreamento adotada no projeto modificado foi o uso da veneziana de alumínio nas janelas dos quartos, com duas folhas corrediças, sendo uma com orifícios para ventilação e outra sem. Além disto, procedeu-se com o ajuste da área de abertura para ventilação nos ambientes dos protótipos modificados em caso de desconformidade do protótipo original. Em algumas normas a variação da implantação do edifício foi indiferente na análise. Sendo assim, realizaram-se, no total, 200 verificações<sup>42</sup> considerando as quatro normas, cinco sistemas construtivos e oito zonas brasileiras. Apenas para o RTQ-R foram consideradas duas variações de implantação, bem como as quatro unidades habitacionais (UH) presentes no primeiro, terceiro e quarto andar, totalizando 16 UHs.

Tabela 11 – Variações consideradas para o método prescritivo das normas analisadas.

Tipologias analisadas	Normas verificadas		
1) Projeto Original (parede de concreto);	Norte indiferente	NBR 15.220	Verificação dos limites e pré-requisitos estabelecidos (Upar, Ucob, ventilação natural, ventilação cruzada e iluminação natural) - ZB 1 a 8.
2) Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com lã de vidro);		NBR 15.575	
3) Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com <i>foil</i> de alumínio);		Selo Casa Azul	
4) Projeto modificado (parede de concreto com vermiculite + cobertura com lã de vidro);	Norte 1 e 2	RTQ-R:	
5) Projeto Modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com lã de vidro)		Classificação do consumo do edifício pelo GHR e CA (A, B, C, D ou E).	

Fonte: ABNT, 2005, ABNT, 2013, BRASIL - CEF, 2010 e BRASIL - INMETRO, 2012.

Posteriormente, empregou-se o método simulação computacional para verificação complementar do desempenho térmico e classificação do edifício em questão, conforme parâmetros estabelecidos na NBR 15.575 (2013) e RTQ-R (2012) para oito cidades representativas de cada ZB. Para desenvolvimento deste estudo, criou-se um modelo computacional do edifício selecionado como um todo no qual cada ambiente foi definido como uma zona térmica. A análise de resultados foi feita para as áreas de permanência prolongada, sendo avaliados os quartos e a sala. Foram consideradas para análise de

<sup>42</sup> Para a NBR 15.575, NBR 15.220 e Selo Casa Azul realizou-se o seguinte cálculo: 3 normas x 5 sistemas construtivos x 8 ZBs = 120. Para o RTQ-R considerou-se 2 variações de Norte x 5 sistemas x 8 ZBs = 80.

resultados as unidades do andar térreo, do terceiro pavimento e da cobertura. Considera-se que os dois pavimentos intermediários, no segundo e terceiro andar, tenham comportamento térmico semelhante. O prédio não possui pilotis sendo composto por apartamentos em todos os andares e as áreas comuns não foram avaliadas.

A simulação computacional foi realizada com auxílio do programa *Energy Plus* versão 8.1.0. Foram selecionadas cidades representativas, de médio e grande porte, que possibilitassem uma caracterização mais precisa de cada ZB. Neste sentido, listam-se: Campos do Jordão - SP (ZB1); Passo Fundo - RS (ZB2); Belo Horizonte - MG (ZB3); Brasília - DF (ZB4); Campos dos Goytacazes - RJ (ZB5); Goiânia - GO (ZB6); Cuiabá - MT (ZB7) e Manaus - AM (ZB8). Foram utilizados os arquivos climáticos destas cidades, disponibilizados pelo projeto *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (SWERA) no site do LABEEE da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE, [201-]) ou pelo site Roriz Engenharia Bioclimática, no formato *Energyplus Weather Data* (EPW) (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Estes arquivos foram analisados visualmente em sua consistência utilizando o programa *Climate Consultant 6.0* (MILNE, [201-]).

Conforme Tabela 12, para a NBR 15.575 (2013), procedeu-se a simulação computacional do desempenho térmico da edificação para as condições de verão (ZB1 a 8) e inverno (ZB1 a 5), com duas variações de implantação para o projeto, possibilitando 24 opções de orientação para os dois dormitórios e sala. Verificou-se o atendimento ou não das condições Mínimas (M), Intermediárias (I) e Superiores (S) estabelecidas nesta norma. Foram comparados os valores de temperatura do ar máximos e mínimos no ambiente em relação à temperatura do ar externa conforme prescrição desta norma para o dia típico de verão e inverno. Na ausência dos dados mínimos necessários para simulação conforme caracterização apresentada na Tabela A.2 da NBR 15.575 (2013), parte 1, adotou-se o dia típico informado no arquivo climático (*Design Day*) das cidades selecionadas para referência das temperaturas máximas e mínimas da simulação computacional do desempenho térmico da edificação testada. Analisaram-se as temperaturas máximas e mínimas referentes, respectivamente, ao dia típico de verão e inverno, considerando uma sequência de três dias anteriores e sucessivos ao dia informado no arquivo climático. A adoção desta sequência de dias baseia-se na recomendação de Lamberts et al (2010) para o estabelecimento do regime permanente da edificação. Considera-se que neste regime as condições térmicas das superfícies internas (temperatura do ar e fluxo de calor) atingiram

equilíbrio, mantendo comportamento similar após uma sequência de dias semelhantes quanto à variação da temperatura, umidade e insolação. Nota-se, que a consideração de um período mais extenso exerce maior influência na resposta térmica da edificação uma vez que um único dia muitas vezes não é suficiente para avaliar o comportamento térmico do edifício como um todo. A edificação foi testada sem considerar um padrão de ocupação uma vez que a NBR 15.575 (2013) não prevê tal situação.

Para a simulação das condições de ventilação natural da NBR 15.575 (2013), foram seguidas as indicações desta norma que estabelece que primeiramente deve-se verificar as condições de desempenho para verão da edificação com uma renovação do volume do ar por hora (1ren/h) e caso os critérios mínimos não sejam atendidos deve-se proceder a 3 passos sucessivos: 1) inserir proteção solar mantendo a taxa de 1ren/h; 2) aumentar a renovação de ar para 5,0 ren/h e 3) combinação das duas estratégias anteriores, resultando em um total de quatro tipos de simulações para a ventilação natural. Testou-se, então, para o dia típico de verão a condição de 1,0 e 5,0 ren/h e para o inverno apenas a condição com 1,0 ren/h, variando a opção de sombreamento da abertura em ambas condições para as cinco variações de sistemas construtivos. As condições com aumento do número de renovações para 5,0 ren/h não foram testadas para o inverno uma vez que o aumento do número renovações não representa o comportamento do usuário no período frio. Já a adoção do sombreamento no período do inverno, apesar de não ser recomendada por esta norma foi também considerada uma vez que as venezianas consistem em um dispositivo permanente, podendo, portanto, apresentar algum impacto no desempenho térmico da edificação neste período. Ao todo foram realizadas 420 simulações computacionais para esta norma, sendo 320 para o verão<sup>43</sup> e 100 para o inverno<sup>44</sup>.

Tabela 12 – Variáveis consideradas para o método de simulação da norma NBR 15.575.

Tipologias simuladas	Condições de ventilação e proteção das aberturas		
<b>1)</b> Projeto Original (parede de concreto); <b>2)</b> Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com lã de vidro); <b>3)</b> Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com foil de alumínio); <b>4)</b> Projeto modificado (parede de concreto com vermiculite + cobertura com lã de vidro); <b>5)</b> Projeto Modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com lã de vidro)	Norte 1 e 2	Verão - Cidades 1 a 8 (M = T int. max. ≤ T ext. max)	1 ren/h sem veneziana 1 ren/h + veneziana 5 ren/h sem veneziana 5 ren/h + veneziana
		Inverno - Cidades 1 a 5 (M = T int. min. ≥ T ext. min + 3°C)	1 ren/h sem veneziana 1 ren/h + veneziana

Fonte: ABNT, 2013.

<sup>43</sup> Considerando-se: 8 zonas, 2 variações de Norte, 4 condições de ventilação e 5 sistemas construtivos.

<sup>44</sup> Considerando-se: 5 zonas (ZB1 a 5), 2 variações de Norte, 2 condições de ventilação e 5 sistemas.

Para verificação das condições de conforto térmico do usuário em relação ao atendimento dos critérios estabelecidos na NBR 15.575 (2013) para avaliação do desempenho do edifício, utilizaram-se os resultados do método de simulação em confronto com as temperaturas médias, mínimas e máximas apresentadas nas Normais Climatológicas Brasileiras de 1961 à 1990, as temperaturas máximas e mínimas apresentadas no dia típico de verão e inverno do arquivo climático simulado e também as temperaturas limites para conforto adaptativo estabelecidas pela ASHRAE 55/2010 com 80% de aceitação dos usuários em relação às variáveis climáticas. Com base nestas referências, investigou-se se o atendimento dos limites (M, I e S) das UHs para o desempenho térmico exigido na NBR 15.575 foi suficiente para garantir ou não condições adequadas de conforto térmico aos usuários dos ambientes desta edificação, conforme o protótipo original e modificado.

Para o RTQ-R (2012), conforme se observa na Tabela 13, procedeu-se a simulação computacional para classificação do consumo da edificação para as condições de verão (ZB1 a ZB8) e inverno (ZB1 a ZB4), por meio dos parâmetros  $GHR$  e  $CA$ , considerando as unidades do primeiro e quarto andar, dos cinco sistemas construtivos, com a pior orientação da implantação: dentre as opções de Norte N1 ou 2. O período simulado foi de um ano, perfazendo 8760 horas. A adoção da veneziana nas aberturas dos quartos só não foi contemplada para o projeto original. Quanto à ventilação natural, considerou-se que as janelas seriam abertas sempre que a temperatura interna estivesse maior do que a externa, a partir dos 20°C, conforme as condições climáticas locais apresentadas no arquivo climático. Desta forma, foram realizadas 60 simulações sendo, 40 para o período de verão<sup>45</sup> e 20 para o inverno<sup>46</sup>.

Tabela 13 – Variáveis consideradas para o método de simulação do RTQ-R.

Tipologias simuladas	Condições de ventilação e proteção das aberturas	
<b>1)</b> Projeto Original (parede de concreto); <b>2)</b> Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com lã de vidro); <b>3)</b> Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com <i>foil</i> de alumínio); <b>4)</b> Projeto modificado (parede de concreto com vermiculite + cobertura com lã de vidro); <b>5)</b> Projeto Modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com lã de vidro)	Norte 1 ou 2	Verão - Cidades 1 a 8 (GHR)  Inverno - Cidades 1 a 4 (CA)
		Apenas o Projeto Original não contemplou a adoção da veneziana. Considerou-se o uso da ventilação natural sempre que a Temperatura interna estivesse maior do que a externa, a partir de 20°C.

Fonte: BRASIL - INMETRO, 2012.

<sup>45</sup> Considerando-se: 8 cidades, 1 variação de Norte e 5 sistemas construtivos.

<sup>46</sup> Considerando-se: 4 cidades, 1 variação de Norte e 5 sistemas construtivos.

Quanto à avaliação das condições de conforto do usuário em relação aos parâmetros exigidos no RTQ-R (2012) para classificação do edifício pelo  $GHR$  e CA com base na classes A, B, C, D ou E, foi realizada verificação do percentual de horas ocupadas em conforto (POC) e em desconforto por frio ou calor (POD), para os diferentes sistemas construtivos, tendo por referência uma zona de conforto adaptativa estabelecida pela ASHRAE 55/2010 adotando-se 80% de aceitação dos usuários em relação às variáveis climáticas de cada localidade testada.

Os resultados gerados permitiram não somente verificar as condições de conforto térmico dos usuários nas HIS estruturadas em paredes de concreto, mas também analisar se os pré-requisitos mínimos previstos nas normas selecionadas efetivamente asseguram um grau satisfatório de desempenho térmico para a edificação. Por meio desta pesquisa foi possível comparar os critérios considerados nos métodos prescritivo e de simulação propostos nas normas, verificando pontos para aprimoramento. No total foram realizadas 680 avaliações, sendo 200 para o método prescritivo e 480 para a simulação computacional.

### **3.1 – Caracterização das condições climáticas das cidades selecionadas**

A caracterização do clima das cidades selecionadas para a análise proposta neste trabalho se faz importante uma vez que apresenta um indicativo das condições climáticas locais possibilitando o entendimento das estratégias naturais disponíveis para colaborar ou não para a melhoria do desempenho térmico dos edifícios. Com base nestas informações é possível verificar outras medidas complementares que possam contribuir para este intuito. Para o desenvolvimento desta pesquisa foram selecionadas oito cidades representativas para cada ZB brasileira. Desta forma, tem-se representadas pela sequência de números na Figura 5 as cidades de: 1) Campos do Jordão - SP (ZB1, Cwb), 2) Passo Fundo - RS (ZB2, Cfa), 3) Belo Horizonte - MG (ZB3, Cwa), 4) Brasília - DF (ZB4, Aw), 5) Campos dos Goytacazes - RJ (ZB5, Af), 6) Goiânia - GO (ZB6, Aw), 7) Cuiabá - MT (ZB7, Aw) e 8) Manaus - AM (ZB8, Am). Dada a diversidade climática de cada localidade brasileira escolhida para análise expõe-se a seguir algumas características relevantes para evidenciar as particularidades de cada uma.

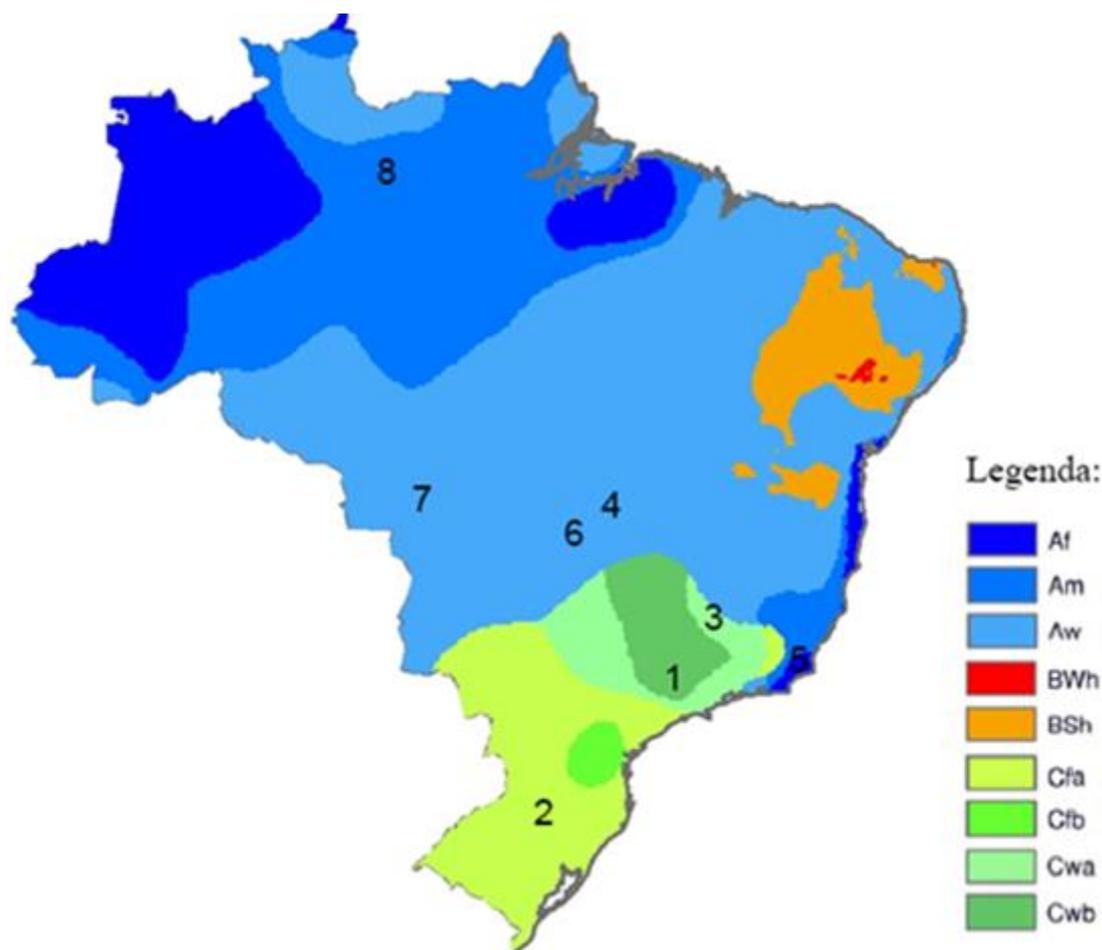


Figura 5 - Mapa de Classificação Climática de Köppen-Geiger com a localização das oito cidades selecionadas. Fonte: PEEAL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007. Modificado pela autora.

Os dados climáticos apresentados ao longo deste tópico, se ateuve as cidades selecionadas para ZB1 e 8. Os dados referentes as demais cidades foram inseridos no Apêndice A. Assim, a cidade de Campos do Jordão (ZB1), indicada pelo número 1 na Figura 5, localiza-se no estado de São Paulo, nas coordenadas 22° 44' sul de latitude, 45° 35' Oeste de longitude e 1628 m de altitude média. Conforme a Classificação Climática de Köppen-Geiger<sup>47</sup> seu clima pode ser categorizado pela sigla Cwb, apresentando características de clima tropical de altitude marcado por verões amenos com temperaturas médias inferiores a 23°C, mesmo no mês mais quente, conforme se observa na Tabela 14. O inverno se caracteriza pelo período de estiagem, apresentando temperaturas médias mínimas de 8°C nos meses mais frios do ano, especialmente, no período da madrugada e início da manhã (PEEAL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007; RORIZ ENGENHARIA, [201-]a).

<sup>47</sup> Sistema Mundial de Classificação Climática criada em 1900 pelo alemão Wladimir Köppen com posterior colaboração de seu colega alemão Rudolf Geiger. Considera-se para esta base a sazonalidade, regime pluviométrico e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar. Propõe-se cinco grupos para divisão do clima em letras, bem como, subdivisões por tipo e subtipo.

Tabela 14 – Valores médios horários de T mensal de Campos do Jordão- SP.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	15,7	15,6	15,5	15,5	14,9	15,2	16,3	18,1	19,6	20,4	21,0	21,6	21,8	21,9	21,0	20,3	19,5	18,8	17,8	17,2	16,8	16,5	16,2	15,9
Fev	15,1	14,7	14,6	14,4	14,3	14,4	16,3	18,6	20,2	21,2	22,0	22,4	22,6	22,3	21,5	20,5	20,1	19,0	17,5	16,9	16,3	15,9	15,6	15,3
Mar	14,4	14,0	13,9	13,8	13,8	13,9	14,9	17,4	18,8	19,8	20,5	20,7	21,2	21,2	20,8	20,2	19,6	18,0	16,7	16,0	15,5	15,1	14,8	14,5
Abr	13,0	12,7	12,5	12,2	12,0	11,8	12,7	15,6	18,3	19,8	20,4	20,6	20,8	20,7	20,9	20,2	19,2	17,0	15,9	15,2	14,6	14,1	13,7	13,3
Mai	10,9	10,8	10,5	10,2	9,9	9,7	10,0	12,1	14,9	16,5	17,2	17,4	17,5	17,7	18,0	17,0	15,9	13,9	12,9	12,2	11,7	11,4	11,1	10,8
Jun	9,7	9,4	9,0	8,7	8,5	8,3	8,4	10,3	13,7	15,8	17,0	17,5	17,8	18,1	17,8	17,0	15,9	13,7	12,5	11,6	10,9	10,5	10,3	9,9
Jul	8,1	7,8	7,7	7,5	7,4	7,1	7,2	9,3	12,6	14,9	16,4	17,1	17,6	17,5	17,3	16,5	15,1	12,8	11,5	10,4	9,7	9,0	8,5	8,3
Ago	10,7	10,4	10,2	10,0	9,9	9,6	10,0	12,7	15,9	18,0	18,9	19,2	19,0	19,4	18,8	18,4	17,5	15,5	14,1	13,0	12,5	12,0	11,5	11,1
Set	10,0	9,8	9,7	9,6	9,1	9,1	10,0	12,1	13,8	15,4	16,4	17,3	17,8	18,1	17,9	17,4	16,3	14,3	13,0	12,3	11,7	11,1	10,6	10,3
Out	13,4	13,1	12,9	12,7	12,4	12,3	14,0	17,0	19,2	20,7	21,5	22,0	22,0	22,4	21,6	21,0	20,1	18,5	16,6	15,8	15,2	14,5	14,0	13,7
Nov	13,6	13,7	13,6	13,2	13,3	13,4	14,5	15,9	16,8	17,7	18,2	19,2	19,4	18,9	18,9	18,4	17,4	16,6	15,7	15,2	14,7	14,4	14,1	13,9
Dez	14,6	14,4	14,2	14,0	13,9	14,3	15,8	17,3	18,6	19,4	20,1	20,7	20,6	19,8	19,4	18,6	18,0	17,1	16,1	15,4	15,0	14,7	14,6	14,5

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Campos do Jordão – SP (RORIZ ENGENHARIA, [201-]ja). Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e TN - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Considerando 80% de aceitação dos usuários para a zona de conforto adaptativa da ASHRAE 55/2010, para a cidade de Campos de Jordão, seus limites de temperatura operativa extremos estariam compreendidos entre 17,7 e 26,9°C. Sendo assim, conforme se observa no Gráfico 2, o desconforto por frio se mostra mais evidente ao longo do ano, no período noturno e no início da manhã no qual a cidade apresenta temperaturas médias mensais inferiores a 18°C, observadas na Tabela 16. Por outro lado, não se verifica temperaturas médias mensais máximas acima da zona de conforto fato que indica que o limite máximo tolerado não deve ser extrapolado ao longo dos meses do ano, não exigindo, portanto, significativas modificações nos edifícios localizados nesta cidade para propiciar conforto térmico aos usuários no período de verão. Sendo assim, deve-se evitar a perda de calor dentro dos ambientes para minimizar o consumo de energia para aquecimento durante a noite e início da manhã.

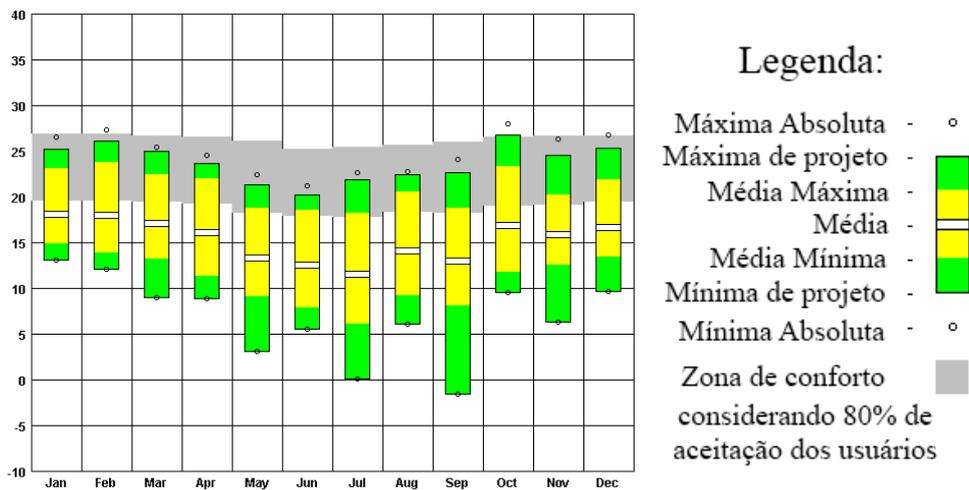


Gráfico 2 – Variação da temperatura de Campos do Jordão- SP em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

No que tange à velocidade do ar, conforme se observa na Tabela 15, a cidade de Campos do Jordão apresenta uma média de 2,3 m/s mensal, das 8 às 18h, ao longo de todo o ano.

Contudo, conforme se observou anteriormente a cidade apresenta temperaturas médias mais baixas em relação à zona de conforto, fato que não indicaria o uso de ventilação natural para criar melhores condições de conforto térmico aos usuários, uma vez que tal estratégia contribuiria para resfriar ainda mais o ambiente.

Tabela 15 – Valores médios horários de velocidade do vento de Campos do Jordão- SP.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	1,2	1,4	1,7	1,6	1,7	1,7	1,9	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2	1,1	1,1
Fev	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,6	1,8	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3
Mar	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	1,8	1,8	1,5	1,4	1,6	1,7	1,7	1,5	1,5
Abr	1,5	1,7	1,6	1,8	1,6	1,7	1,8	1,9	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5	2,4	2,2	2,2	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6	1,6	1,7	1,6
Mai	1,8	1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,3	2,7	2,8	2,8	2,9	2,7	2,3	2,4	2,1	1,6	1,1	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,8
Jun	1,6	1,9	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	2,4	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,2	1,9	1,3	0,9	1,1	1,2	1,5	1,6	1,8	1,7
Jul	2,3	2,0	1,9	2,3	2,1	2,3	2,3	2,5	2,9	3,3	3,4	3,3	3,2	2,7	2,7	2,5	2,0	1,5	1,3	1,5	1,7	1,9	1,8	1,9
Ago	1,7	1,6	1,6	1,8	2,1	2,1	2,3	2,3	3,1	3,0	2,8	2,4	2,7	2,3	2,1	2,4	2,1	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8	1,9	1,9
Set	2,1	2,4	2,5	2,7	2,7	2,8	3,1	3,5	3,5	3,5	3,0	3,1	3,0	2,7	2,5	2,3	2,0	1,6	1,4	1,6	1,9	1,9	2,0	2,2
Out	1,8	2,2	2,3	2,5	2,4	2,4	2,5	3,0	3,1	2,4	2,6	2,4	2,0	2,4	2,0	2,2	1,7	1,6	1,6	1,5	1,7	1,7	1,8	1,7
Nov	2,3	2,3	3,0	2,4	2,9	2,9	3,1	3,2	2,9	2,9	2,9	2,8	2,9	2,6	2,7	2,5	2,3	2,2	1,9	2,0	2,2	2,4	2,2	2,4
Dez	1,9	1,8	2,0	1,8	1,8	1,7	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,4	2,3	2,2	2,3	2,6	1,8	2,0	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Campos do Jordão – SP (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda velocidade do vento: □ Até 1,2m/s; ■ Entre 1,21 e 2,5m/s e ■ Acima de 2,51m/s.

A Tabela 14 indica que Campos do Jordão apresenta uma significativa faixa de temperatura externa média abaixo do limite de 18°C das 17 às 9h (16 das 24h do dia). Conforme indica a Organização Mundial de Saúde (OMS), a ocorrência de temperaturas abaixo de 16°C no interior do edifício pode contribuir para a diminuição da resistência a infecções respiratórias (PEETERS; DE DEAR; HENSEN et al., 2009). Nota-se, portanto, que a edificação deve evitar a perda de calor para o exterior no período frio. Já a Tabela 15 indica que na maior parte do dia, em todos os meses, a velocidade média do ar encontra-se acima do valor de 1,2 m/s condição indicada pela ASHRAE 55/2010 para elevar o limite superior de temperatura do ar aceitável da zona de conforto adaptativa em 2,2°C. Contudo, apesar do potencial de aproveitamento das favoráveis condições de ventilação natural tal estratégia poderá ser utilizada nos esparsos períodos em que a temperatura do ar extrapolar o limite máximo da zona de conforto. Cabe ressaltar que a velocidade média do vento que irá circular no ambiente poderá sofrer reduções em seu valor em razão de obstáculos externos, posição da abertura em relação à direção predominante do vento, tipo de abertura, entre outros fatores.

No geral, conforme se observa na Figura 6, os sentidos Leste e Sudeste predominam para a direção do vento em Campos do Jordão, contudo observa diferenças ao longo do dia e também do ano conforme as estações. No período noturno e na madrugada predomina a direção Leste em todas as estações, exceto na noite de primavera, na qual observa-se predominância da direção Sudeste. No período da manhã nota-se uma maior ocorrência de ventos da direção Sudeste na primavera, verão e inverno bem como na direção Leste

no outono. À tarde, a direção principal do vento ocorre no Sul na primavera e verão ao passo que no outono e inverno, verifica-se predominância no Sudoeste. Neste sentido, pode-se adotar a orientação dos ambientes de permanência prolongada da edificação direcionada as ocorrências desejadas em períodos do ano e horários específicos do dia. No caso de Campos do Jordão seria recomendável orientar uma das aberturas para a direção Sudeste ou Sul para possibilitar a ventilação cruzada no período de temperaturas mais elevadas (manhã / tarde), especialmente na estação mais quente (verão).

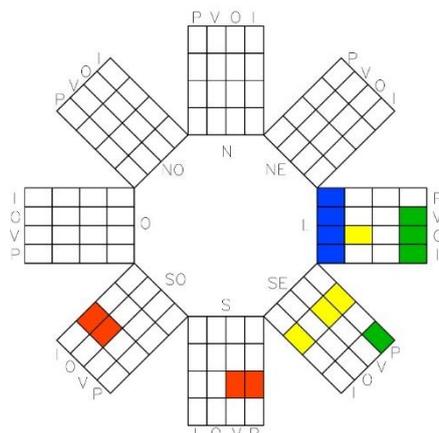


Figura 6: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Campos do Jordão - SP. Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Campos do Jordão – SP (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

A cidade de Manaus (ZB8), indicada pelo número 8 na Figura 5, localiza-se no estado do Amazonas, nas coordenadas 03° 06' sul de latitude, 60° 01' Oeste de longitude e 92 m de altitude média. Conforme classificação de Köppen-Geiger seu clima pode ser categorizado pela sigla Am, apresentando características de clima tropical quente e úmido de monções, com alto índice pluviométrico e umidade relativa. Na Tabela 16, verifica-se que a temperatura média máxima mensal ultrapassa os 32°C e média mínima apresenta-se em torno dos 24°C (PEEAL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007; LABEEE, [201-]).

Tabela 16 – Valores médios horários de T mensal de Manaus - AM.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	24,8	24,7	24,5	24,3	24,2	24,1	24,1	24,7	25,3	26,0	26,6	27,2	27,9	28,5	28,1	27,6	27,2	26,8	26,4	25,9	25,8	25,5	25,3	25,1
Fev	25,0	24,8	24,6	24,4	24,2	24,1	23,9	24,5	25,1	25,7	26,4	27,0	27,7	28,3	27,9	27,5	27,1	26,7	26,3	25,9	25,7	25,5	25,4	25,2
Mar	25,3	25,1	25,1	25,0	24,9	24,8	24,7	25,2	25,9	26,6	27,3	28,0	28,7	29,4	28,9	28,4	27,8	27,3	26,8	26,3	26,0	25,8	25,6	25,4
Abr	25,5	25,3	25,1	24,9	24,8	24,7	24,5	25,2	26,0	26,7	27,4	28,2	28,9	29,7	29,1	28,5	28,0	27,4	26,8	26,3	26,1	26,0	25,8	25,7
Mai	25,6	25,5	25,4	25,3	25,2	25,1	25,0	25,6	26,2	26,8	27,4	28,0	28,6	29,2	28,7	28,2	27,7	27,2	26,7	26,2	26,1	26,0	25,8	25,7
Jun	25,1	25,0	24,8	24,7	24,5	24,3	24,1	24,9	25,8	26,6	27,5	28,4	29,2	30,1	29,4	28,7	28,0	27,4	26,7	26,0	25,9	25,7	25,5	25,3
Jul	25,4	25,2	25,1	24,9	24,8	24,6	24,4	25,3	26,2	27,1	28,0	28,9	29,8	30,7	29,9	29,2	28,4	27,7	26,9	26,2	26,0	25,9	25,7	25,5
Ago	26,2	26,0	25,7	25,5	25,3	25,1	24,9	25,9	26,9	27,9	29,0	30,0	31,0	32,0	31,3	30,5	29,7	28,9	28,2	27,4	27,2	27,0	26,7	26,5
Set	26,8	26,6	26,3	26,0	25,8	25,5	26,1	26,6	27,4	28,2	29,0	29,8	30,6	31,4	30,8	30,2	29,5	28,9	28,3	27,6	27,4	27,2	27,0	26,9
Out	25,9	25,7	25,5	25,3	25,1	24,9	25,8	26,7	27,6	28,6	29,5	30,5	31,4	32,4	31,5	30,7	29,9	29,0	28,2	27,4	27,1	26,8	26,5	26,2
Nov	25,8	25,7	25,6	25,4	25,3	25,2	25,9	26,5	27,2	27,9	28,6	29,3	30,0	30,7	30,0	29,3	28,6	27,9	27,2	26,5	26,3	26,1	26,0	25,9
Dez	25,2	25,0	24,8	24,7	24,5	24,3	25,0	25,7	26,4	27,1	27,8	28,5	29,2	29,9	29,4	28,8	28,2	27,6	27,1	26,5	26,3	26,0	25,7	25,4

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Manaus - AM (LABEEE, [201-]).  
 Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; ■ Entre TN - 8°C

e TN - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Para a cidade de Manaus, considerando 80% aceitação dos usuários para a faixa de conforto adaptativa da ASHRAE 55/2010, os limites extremos da temperatura operativa aceita estariam compreendidos entre 22,2 e 30,1°C ao longo do ano. A Tabela 16 e o Gráfico 3, evidenciam um desconforto por calor, especialmente às 14h, quando a temperatura supera os 30°C, nos meses de março a dezembro. Nota-se, contudo, que a amplitude térmica média encontra-se em torno dos 5°C e a temperatura média mínima não se apresenta abaixo de 23,9°C em nenhum horário. A variação máxima de 7,5°C ocorre no mês de outubro quando a temperatura média mínima atinge os 24,9°C e a máxima 32,4°C. Nota-se, portanto que as temperaturas médias horárias mensais se mantêm constantes ao longo do ano, sofrendo as maiores variações das 11 às 16h, quando atingem uma diferença de 3°C. Para esta cidade, recomenda-se, portanto, o uso da ventilação natural para minimizar o ganho de calor nos ambientes. Todavia, conforme alguns autores indicam, após a marca de 30°C, mesmo considerando a aclimação dos usuários ao clima quente não seria possível elevar ainda mais o limite de temperatura aceitável ainda que a velocidade do ar no ambiente alcançasse valores elevados. Após este limite a adoção da ventilação natural, no período diurno, iria contribuir para aquecer o ambiente ao invés de possibilitar melhores condições de conforto térmico aos usuários (ANDREASI, 2001; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

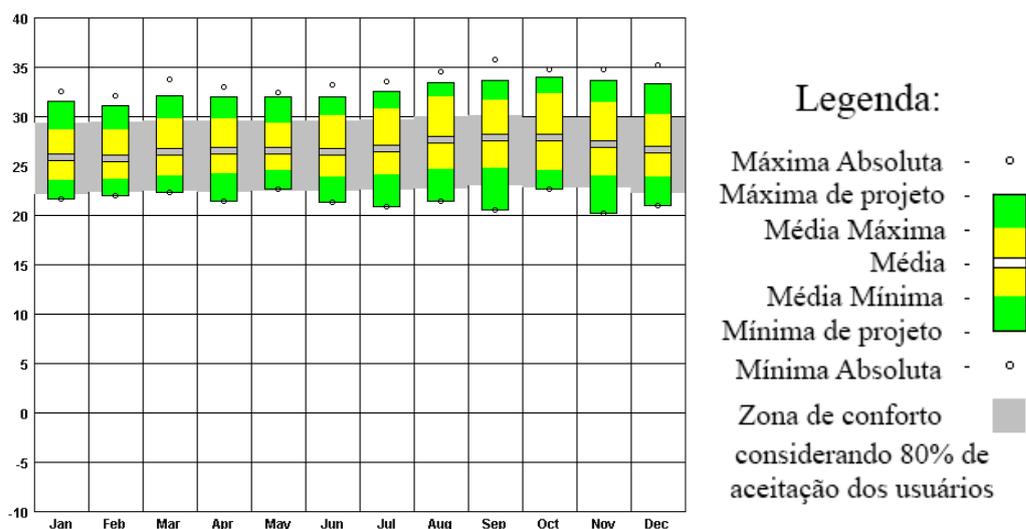


Gráfico 3 – Variação da temperatura de Manaus - AM em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

Em relação a velocidade do ar, conforme se observa na Tabela 17, a cidade de Manaus apresenta uma média mensal de 1,3 m/s, das 8 às 18h. De todas as cidades caracterizadas

neste estudo, a capital do Amazonas é aquela que apresenta a menor média de velocidade do ar. Apesar da menor intensidade do vento, ainda seria possível adotar a ventilação natural diurna desde que a temperatura máxima do ar não ultrapasse o limite recomendado para adoção desta estratégia. Assim, para os casos em que a temperatura externa do ar ultrapassar esse limite pode-se adotar a ventilação noturna no ambiente.

Tabela 17 – Valores médios horários de velocidade do vento de Manaus - AM.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	1,6	1,4	1,1	0,8	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
Fev	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Mar	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
Abr	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Mai	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,5	1,3	1,0	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Jun	1,2	1,1	1,0	0,8	0,7	0,6	0,4	0,5	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4
Jul	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	1,6	1,3	1,0	0,8	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
Ago	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	1,9	1,6	1,2	0,8	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Set	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
Out	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,3	1,9	1,7	1,3	1,0	0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Nov	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6
Dez	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	1,6	1,4	1,2	1,0	0,7	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Manaus - AM (LABEEE, [201-]).  
 Legenda velocidade do vento: □ Até 1,2m/s; □ Entre 1,21 e 2,51m/s e ■ Acima de 2,51m/s.

A Tabela 16 indica que Manaus apresenta uma significativa faixa de temperatura média mensal acima de 30°C. Nota-se, portanto, desconforto por calor, com especial agravamento das temperaturas médias máximas, nos meses de junho a novembro, no início do período da tarde. Já a Tabela 17 indica que apenas das 11 às 16h a velocidade do ar atinge uma média de 1,6 m/s. Felizmente, este período coincide com a ocorrência das temperaturas médias mais elevadas, situação na qual se exigiria o uso de ventilação natural para resfriamento passivo dos ambientes. Todavia, a média acima de 1,2 m/s possibilitaria elevar em apenas 2,2°C a temperatura máxima operativa aceitável para o limite superior da zona de conforto adaptativa. Assim, ao longo de todo o ano seria possível adotar a estratégia da ventilação natural desde que a temperatura máxima não supere os 30°C (ANDREASI, 2001; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Por outro lado, caso esta ocorrência natural do vento não seja potencializada pela especificação adequada das aberturas tal condição pode não ser atingida.

Em Manaus, diferentemente de todas as outras cidades caracterizadas neste estudo, no que tange à direção do vento, pode-se observar na Figura 7 a predominância na orientação Nordeste. Esta tendência é verificada à noite, à exceção do outono, nas manhãs, salvo no verão, bem como na madrugada, afora o período de inverno. A direção Leste predomina de forma secundária nas noites de outono, nas manhãs de verão e em todo o período vespertino. O sentido Norte ocorre apenas nas madrugadas de inverno. Assim, tendo em vista que a velocidade do vento em Manaus se mostra mais expressiva no horário de 11 às 16h, seria recomendável orientar as aberturas considerando as direções Nordeste e

Leste, nas quais se observa a ocorrência predominante dos ventos nos períodos da manhã e da tarde, intervalo no qual as temperaturas externas se mostram mais elevadas. Esta direção também se mostra relevante à noite e na madrugada, caso seja necessário utilizar esta estratégia neste período.

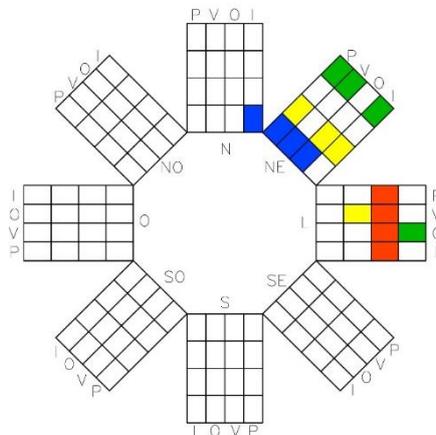


Figura 7: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Manaus - AM. Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Manaus - AM (LABEEE, [201-]). Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

Outros dados fundamentais que podem influenciar no desempenho térmico da edificação. Neste sentido, foi apresentado no tópico seguinte uma caracterização do contexto urbano em que se inseriu a edificação escolhida para o estudo de caso ora proposto uma vez que o entorno também se mostra importante para a análise simulada do desempenho térmico edilício.

### 3.2 – Caracterização do protótipo de Habitação de Interesse Social

O padrão escolhido para estudo da tese em questão consiste em um projeto edificado de uma construtora de abrangência nacional, com grande porte, focada em empreendimentos econômicos. O sistema construtivo adotado consiste em paredes estruturais de concreto moldada *in loco*. O projeto contempla um edifício habitacional de padrão construtivo popular, com quatro pavimentos, compostos por quatro apartamentos por andar, com aproximadamente 40 m<sup>2</sup>. Conforme se observa na Figura 8, cada unidade possui uma sala, dois quartos, uma instalação sanitária e cozinha conjugada com a área de serviço. Tendo em vista que este protótipo foi originalmente implantado em um loteamento, de grandes

proporções, com aproximadamente duas mil unidades habitacionais<sup>48</sup> disponibilizadas em Programas Governamentais de auxílio à aquisição de moradia para famílias de baixa renda<sup>49</sup>, considerou-se duas opções de implantação (N1 e 2), de modo a contemplar diferentes orientações para os apartamentos.

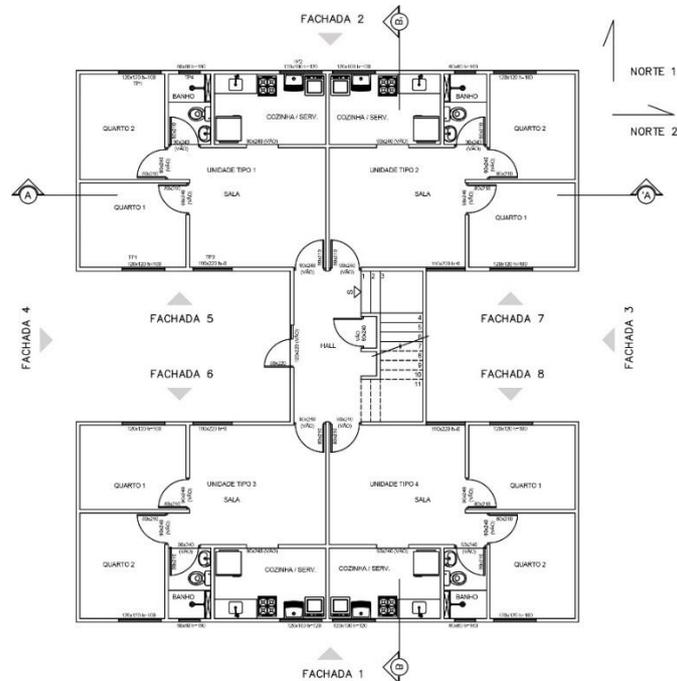
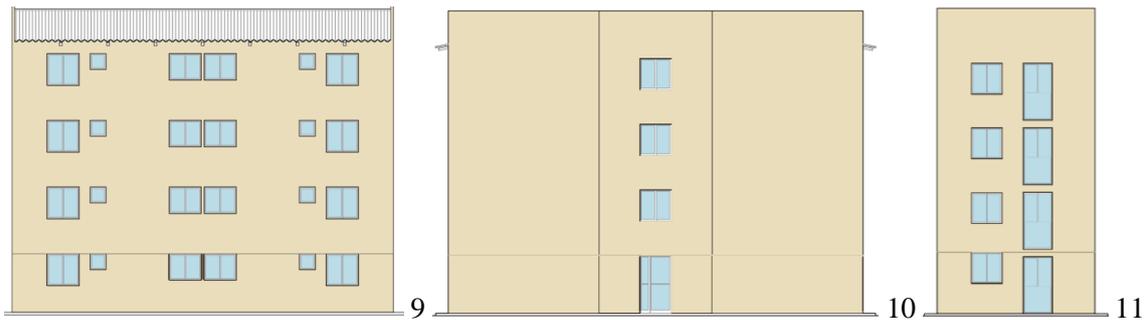


Figura 8 - Planta do primeiro pavimento do protótipo padrão estudado. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora. Modificado pelo autor.

As paredes internas e externas são autoportantes em concreto armado *in loco* com 10 cm de espessura, revestidas internamente por acabamento em pintura na cor branco neve e, externamente, por pintura texturizada na cor areia, conforme se observa nas Figuras 9, 10 e 11. As outras fachadas do projeto, bem como a planta do pavimento tipo, a planta de cobertura e a implantação original, foram apresentadas no Anexo A. Em relação à cor utilizada no edifício, adotou-se para a absorvância solar das fachadas o valor de 0,4, conforme medição realizada com Espectrômetro de Refletância ALTA II em amostras fornecidas pelo fabricante.

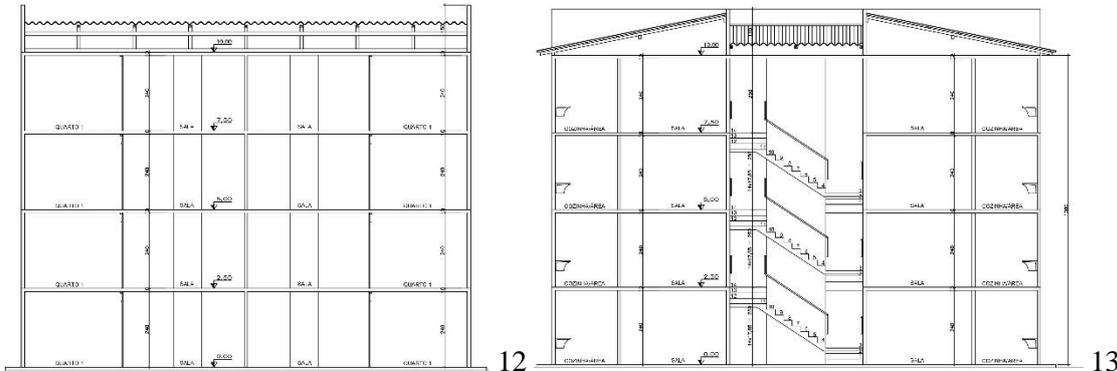
<sup>48</sup> Conforme a previsão da primeira parte do projeto arquitetônico, composto por 2 fases, de uma complexa estrutura de edifícios habitacionais, casas unifamiliares, empreendimentos comerciais e institucionais, totalizando 5166 unidades habitacionais sendo mais de 90% moradias em conjuntos multifamiliares.

<sup>49</sup> O valor do imóvel bem como a faixa salarial determinada para enquadramento do Programa Governamental para esta categoria de empreendimento não foi informado pela construtora.



Figuras 9, 10 e 11 - Fachada 1, 4 e 5 do protótipo padrão estudado. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora. Modificado pelo autor.

Conforme se observa nas Figuras 12 e 13, a cobertura é composta por laje de concreto de 10 cm coberta por telha de fibrocimento de 6mm, inclinada em 20%. Internamente os ambientes não possuem forro sendo seu pé direito de 2,4 m. A área de uso comum é composta por um *hall* de circulação e acesso aos apartamentos, bem como uma caixa de escada. Sua ventilação se dá por meio de uma janela de correr, configurada por esquadrias de alumínio e vidro simples incolor de 4 mm, medindo 1,2 x 1,2 m. Não existe elevador nas dependências do edifício muito menos área de lazer, salão de festas ou pilotis. Desta forma, têm-se habitações no andar de acesso, em contato com o solo (térreo). Para a cobertura, o valor para a absorvância solar mensurado foi de 0,8.



Figuras 12 e 13 - Corte AA e BB do protótipo padrão estudado. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora.

Quanto aos apartamentos, todos os ambientes são naturalmente ventilados e iluminados. Em razão da volumetria da edificação, caracterizada pela planta em forma de “H”, nota-se ocorrência de auto sombreamento nas aberturas J1 a J8, conforme se observa na Figura 14, em determinados períodos do ano, nas duas diferentes orientações. Destaca-se que a J1, 4, 5 e 8 correspondem ao quarto 1 e a J2, 3, 6 e 7 a sala de estar, dos quatros protótipos de apartamento existentes por andar, da habitação selecionada.

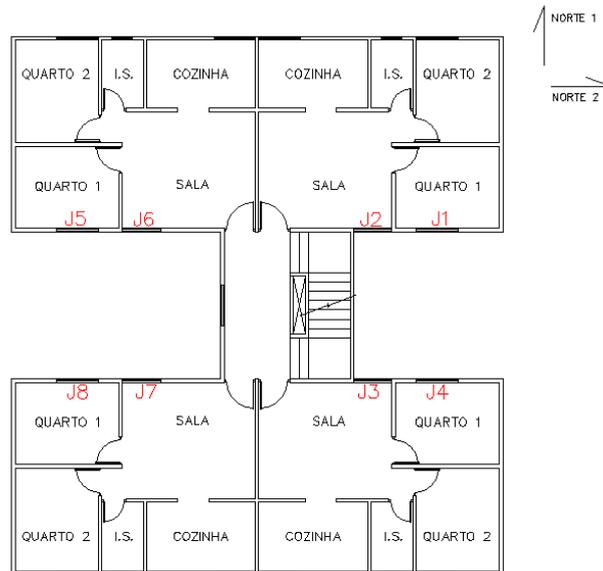


Figura 14 - Planta com a localização das janelas auto-sombreadas pela volumetria da edificação. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora. Modificado pelo autor.

Assim, na Tabela 18, foram apresentadas as máscaras de sombreamento referentes as aberturas J1 a 8, para as 8 localidades selecionadas para este estudo: Campos do Jordão - SP, Passo Fundo – RS, Belo Horizonte - MG, Brasília - DF, Campos dos Goytacazes - RJ, Goiânia - GO, Cuiabá - MT e Manaus - AM<sup>50</sup>. Nas duas opções de orientação (N1 e 2) é possível observar nas Cartas Solares de cada cidade, os horários de insolação<sup>51</sup>, propiciada pela trajetória solar diferenciada ao longo do ano sobre a fachada em que se localiza as aberturas J1 a 8, bem como a máscara de sombra produzida pelo auto-sombreamento causado pela própria edificação sobre si, sobre estas aberturas, ao longo da trajetória solar anual, destacada pela malha quadriculada. A área demarcada com as linhas diagonais, correspondem à projeção da região da abóbada celeste situada atrás da fachada em questão, na qual o Sol não irá incidir (LABCON EAUFMG, [201-]; FROTA; SCHIFFER, 2001). A influência das edificações vizinhas não foi considerada.

<sup>50</sup> As Cartas solares utilizadas como base deste estudo de sombreamento das aberturas foram desenvolvidas pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética de Edificações (LABCON), no qual a autora atuou como colaboradora da rede R3E financiada pela Eletrobras, junto à Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) no ano de 2011.

<sup>51</sup> Área restante excluindo a área demarcada pelas linhas diagonais (parte posterior da janela sem incidência de radiação solar) e pela malha quadriculada (área de sombra definida pela edificação).

Tabela 18 – Máscaras de sombreamento das aberturas da edificação em análise.

Cidade - Estado (ZB)	Orientação	Abertura							
		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
Campos do Jordão - SP (ZB1)	N1								
	N2								
Passo Fundo - RS (ZB2)	N1								
	N2								
Belo Horizonte - MG (ZB3)	N1								
	N2								
Brasília - DF (ZB4)	N1								
	N2								
Campos dos Goytacazes - RJ (ZB5)	N1								
	N2								
Goiânia - GO (ZB6)	N1								
	N2								
Cuiabá - MT (ZB7)	N1								
	N2								
Manaus - AM (ZB8)	N1								
	N2								

Fonte: Cartas solares disponibilizadas pelo LABCON EAUFMG, [201-]. Modificado pela autora.  
 \*Na ausência de dados para a cidade de Campos dos Goytacazes - RJ, utilizou-se a Carta Solar disponível para a cidade do Rio de Janeiro - RJ, que apresenta latitude próxima e características climáticas semelhantes a essa localidade.

Neste sentido, apenas a área livre de obstáculos externos, receberá radiação solar direta, como se observa, no primeiro exemplo da Tabela 18, para a cidade de Campos do Jordão - SP, repetido de forma ampliada na Figura 15. Nota-se que a J1 se apresenta voltada para

face sul, em razão da implantação da edificação na opção Norte 1. Assim, a incidência solar irá ocorrer do nascer do sol até 14h, 10h, 8h30, 7h30 e 6h30, aproximadamente, nos dias 22 de dezembro, 21 de janeiro, 9 e 23 de fevereiro e também no dia 8 de março, respectivamente. No período restante, correspondente à área demarcada pela malha quadriculada, a volumetria da edificação irá funcionar como um dispositivo de proteção, barrando a radiação solar direta no ambiente.

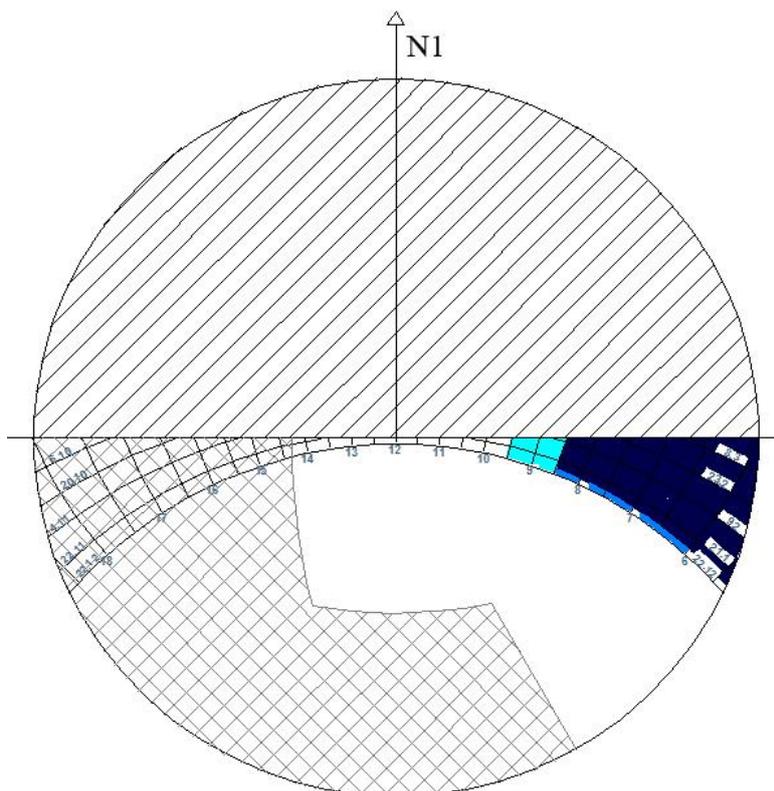
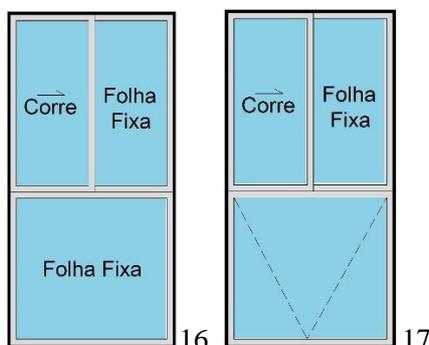


Figura 15 – Detalhe ampliado da máscara de sombreamento da abertura J1, em Campos do Jordão -SP. Fonte: LABCON EAUFG, [201-]. Modificado pela autora.

Quanto a composição das janelas, têm-se esquadrias de alumínio e vidro simples incolor de 4 mm, com fator solar de 0,87. As aberturas do projeto original não possuem venezianas e as medidas adotadas foram: 1) 0,6 x 0,6 m para o banheiro, com uma folha basculante de eixo deslocável máximo-ar, 2) 1,2 x 1,2 m para os quartos, dividida em duas folhas de correr, 3) 1,0 x 1,2 m para a cozinha, também com duas folhas de correr e 4) 1,1 x 2,2 m para a sala de estar, com 3 folhas sendo as duas superiores de correr e a inferior fixa, conforme se observa na Figura 16.

Estas foram as configurações adotadas para o projeto original da edificação, fornecido pela construtora. Para a análise do desempenho térmico deste protótipo foram testadas, também, variações do projeto original tendo sido modificadas a composição das vedações externas (paredes e cobertura), bem como as aberturas da edificação. Na versão

modificada as janelas dos quartos passaram a ter veneziana de alumínio, com duas folhas de correr, como dispositivo de sombreamento<sup>52</sup>. Já a janela da sala de estar, teve sua folha inferior fixa modificada de modo a possibilitar uma maior área disponível para a ventilação natural, na altura do corpo, conforme se observa na Figura 17.



Figuras 16 e 17 – Configuração original e modificada da janela da sala de estar. Fonte: Projeto padrão disponibilizado por Construtora. Modificado pela autora.

Neste sentido, é possível notar na Tabela 19, que a sala de estar teve um aumento percentual aproximado de 10% da área disponível para ventilação natural em relação à sua área de piso, após a modificação proposta.

Tabela 19 – Área disponível para ventilação natural na sala de estar.

Ambiente	Área de piso (m <sup>2</sup> )	Abertura	Área de Ventilação (m <sup>2</sup> )	<u>Área de Ventilação</u> Área de piso (%)
Sala de estar	10,81	Original	0,6	5,5
		Modificada	1,7	15,3

Ademais, avaliou-se, também, a influência da inclusão de isolamento térmico nas vedações verticais e horizontais da envoltória do edifício. Na Tabela 20, foram sintetizadas as variações analisadas para este estudo de caso levando-se em conta cinco sistemas construtivos, partindo da configuração fornecida pela construtora. Para tanto, adotaram-se, duas opções do sistema de vedação vertical, tal como previsto originalmente (parede maciça de concreto), sem e com dois diferentes tipos de isolamento de cobertura bem como, duas opções de paredes compostas, associadas a um sistema de cobertura, com o material de maior isolamento, dentre as duas opções selecionadas. Assim, para as paredes externas considerou-se, primeiramente, a configuração original de projeto constituída por paredes de concreto maciças com 10 cm de espessura ( $U_{par} = 4,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $CT_{par} = 240 \text{ kJ/m}^2\text{.K}$  e  $\alpha = 0,4$ ). As versões modificadas da vedação externa mantiveram a espessura de 10 cm mas com as seguintes composições: 1) concreto +

<sup>52</sup> Tal sistema irá correr externamente de modo a evitar a diminuição da iluminação natural no ambiente.

vermiculite ( $U_{par}= 2,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $CT= 80 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$  e  $\alpha=0,4$ ) e, 2) concreto (4 cm) + EPS (2 cm) + concreto (4 cm) ( $U= 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $CT= 193 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$  e  $\alpha=0,4$ ). A cobertura original é constituída por laje de concreto de 10 cm coberta por telha de fibrocimento de 6 mm, com inclinação de 20% ( $U_{cob}= 2,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $CT_{cob}= 251 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$  e  $\alpha=0,8$ ). Os materiais escolhidos para o isolamento da cobertura foram: 1) manta de lã de vidro de 63,5 mm ( $U_{cob}= 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $CT_{cob}= 256 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$  e  $\alpha=0,8$ ) e, 2) *foil* de alumínio dupla face, de espessura menor do que 1 mm ( $U_{cob}=1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $CT_{cob}=254 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$  e  $\alpha=0,8$ ).

Cabe ressaltar que estes cinco sistemas construtivos foram adotados nas análises realizadas para o método prescritivo e também de simulação computacional estabelecidos nas legislações avaliadas.

Tabela 20 – Variações do sistema construtivo analisado no estudo de caso.

Tipologia	Parede externa	Composição	Cobertura	Composição	U - W/m <sup>2</sup> K		CT - kJ/m <sup>2</sup> K		Absortância solar - $\alpha$	
					Parede	Cobertura	Parede	Cobertura	Parede	Cobertura
Projeto Original		Parede de concreto maciça (10cm)		Telha de fibrocimento (6mm)	4,40	2,07	240	251	0,40	0,80
				Câmara de ar não ventilada						
				Laje de concreto (10cm)						
Projeto Modificado (Parede maciça e cobertura com lã)		Parede de concreto maciça (10cm)		Telha de fibrocimento (6mm)	4,40	0,53	240	258	0,40	0,80
				Câmara de ar não ventilada						
				Laje de concreto (10cm)						
Projeto Modificado (Parede maciça e cobertura com foil)		Parede de concreto maciça (10cm)		Telha de fibrocimento (6mm)	4,40	1,13	240	254	0,40	0,80
				Manta (foil) de alumínio						
				Laje de concreto (10cm)						
Projeto Modificado (Parede de concreto + vermiculite e cobertura com lã)		Parede de concreto maciça com vermiculite (10cm)		Telha de fibrocimento (6mm)	2,03	0,53	80	258	0,40	0,80
				Câmara de ar não ventilada						
				Laje de concreto (10cm)						
Projeto Modificado (Parede + EPS e concreto + cobertura com lã)		Parede de concreto maciça (4cm)		Telha de fibrocimento (6mm)	1,40	0,53	193	258	0,40	0,80
		Chapa de EPS (2cm)								
		Parede de concreto maciça (4cm)								

### 3.3 – Caracterização do modelo geométrico e parâmetros de simulação

Conforme as informações do Projeto Executivo fornecido, definiram-se dois modelos computacionais representativos para a edificação analisada, segundo parâmetros do método de simulação computacional da NBR 15.575 (2013) e RTQ-R (2012). Assim, para elaboração de ambos modelos utilizou-se o programa *SketchUp*<sup>53</sup> versão 8. Para

<sup>53</sup> Desenvolvido pela *At Last Software*, adquirido posteriormente pela Google.

prossequimento se faz necessário instalar o *plug-in Legacy OpenStudio*<sup>54</sup>, versão 1.0.11.410 para compatibilização deste com os programas de simulação de desempenho térmico. A informação das condições climáticas, latitude, longitude, altitude, fuso horário, temperatura de bulbo seco e úmido, umidade relativa, velocidade e direção do vento, pressão atmosférica, irradiância global sobre o plano horizontal, radiação solar, iluminância celeste, nebulosidade, precipitação, entre outras variáveis, foram extraídas dos arquivos climáticos<sup>55</sup> disponíveis para as 8 cidades selecionadas neste estudo, representando cada ZB brasileira (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a, LABEEE, [201-]).

Para teste do desempenho térmico da edificação, utilizou-se o programa *Energy Plus* versão 8.1.0. Realizou-se o segundo modelo tridimensional no qual cada ambiente foi definido como uma zona térmica. Modelou-se o edifício como um todo, incluindo todos os pavimentos e unidades, bem como o sótão de sua cobertura. Na Figura 18, se observa a planta com as medidas dos eixos das paredes bem como a divisão dos ambientes nas zonas do modelo de uma unidade habitacional de final 01 (tipo 1), considerando a numeração dos quatro apartamentos por andar, composta por cinco zonas térmicas, sendo: sala, quarto 1 (casal), quarto 2 (solteiro), instalação sanitária, cozinha e área de serviço conjugada. O corredor encontra-se adjacente à sala sem qualquer divisão e, portanto, para simplificação foi agrupado na mesma zona térmica da sala. Na Figura 19 se observa uma perspectiva do edifício que contém os dados geométricos que serviram de matriz para as cinco variações de sistemas construtivos, do estudo de caso.

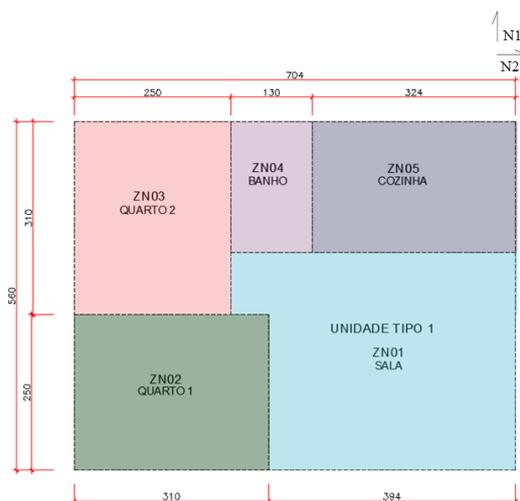


Figura 18 – Planta dos eixos das paredes do modelo de simulação.

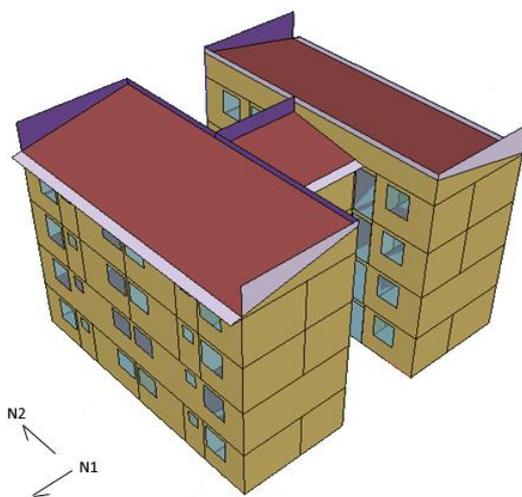


Figura 19 – Perspectiva do modelo da Edificação do estudo de caso.

<sup>54</sup> Desenvolvido pelo *National Renewable Energy Laboratory* para compatibilização do modelo tridimensional nas simulações realizadas pelo programa *Energy Plus*.

<sup>55</sup> Referente ao projeto SWERA juntamente com o INPE e LABSOLAR/UFSC.

Em relação aos materiais utilizados no modelo de simulação adotaram-se as especificações informadas pela construtora. O fator solar do vidro das aberturas adotado foi de 0,87. As propriedades termo físicas, tais como condutividade térmica, densidade, calor específico, absorvância para radiação solar e resistência térmica e as características da câmara de ar foram obtidas na norma NBR 15.220 (ABNT, 2005).

Foram criados, portanto, diferentes arquivos para simulação devido a parametrização específica necessária para cada condição testada. Foram simuladas as quatro unidades habitacionais do primeiro, terceiro e quarto andares<sup>56</sup>. A simulação foi processada para toda a edificação, contudo, para a análise do desempenho térmico ateu-se somente aos resultados referentes às temperaturas operativas das áreas de permanência prolongada (quartos e sala). Para a NBR 15.575 realizou-se simulação considerando a implantação da edificação nas variações: Norte 1 e 2. Testou-se o dia típico<sup>57</sup> de verão nas 8 cidades selecionadas para as 2 condições de ventilação<sup>58</sup> associadas a adoção ou não de sombreamento das aberturas, bem como o dia típico de inverno (ZB1 a 5), avaliando-se apenas para a condição de menor taxa de renovação do ar estabelecidas para a ventilação<sup>59</sup>, também atrelada ao uso ou não de dispositivo de sombreamento.

Para o RTQ-R, considerou-se, apenas a implantação da edificação no Norte 2. Neste contexto, realizou-se simulação anual (8760 horas) calculando-se o  $GHR$  para todas as zonas bioclimática. Os procedimentos para o cálculo do CA foram verificados para os ambientes de permanência prolongada, no período das 21 às 8h, com base na temperatura do termostato de aquecimento 22°C, para as cidades localizadas na ZB1 a 4. No período restante considerou-se a edificação naturalmente ventilada com a estratégia de ventilação controlada automaticamente por meio do critério de temperatura. A taxa de fluxo de ar por pessoa foi de 0,00944 m<sup>3</sup>/s. O modo de operação do ventilador foi considerado contínuo, com eficiência de 0,7 para o ventilador e 0,9 para o motor sendo a razão entre o calor retirado/fornecido em relação ao ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP) foi, respectivamente, de 3,00 W/W e 2,75 W/W. De acordo com as

---

<sup>56</sup> Considerando-se o pavimento térreo, andar tipo intermediário e o último pavimento abaixo da cobertura, englobando, portanto, as unidades 102, 103,104, 201, 202, 203, 204, 401, 402, 403, 404. Os apartamentos do terceiro andar não serão testados em razão da semelhança apresentadas com àqueles do segundo.

<sup>57</sup> Considerou-se os três dias anteriores e sucessivos ao dia informado no arquivo climático para o estabelecimento do regime permanente da edificação.

<sup>58</sup> 1 e 5 ren/h.

<sup>59</sup> Neste período não é usual acionar a ventilação natural para reduzir a sensação de calor no ambiente.

determinações do RTQ-R, o número máximo de horas não atendidas pelo sistema de aquecimento do ar adotado foi de 10% e sua capacidade foi dimensionada automaticamente pelo programa de simulação de forma que atenda à exigência do limite de horas não atendidas.

Por fim, cabe destacar que no caso de edifício naturalmente ventilado o Consumo Relativo Anual para Refrigeração - CR serve apenas como um indicativo da demanda para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente e não reflete o consumo real do ambiente. Portanto, o CR não foi calculado neste estudo uma vez que avalia-se as condições naturais de conforto do edifício propiciadas pelas paredes de concreto, conforme características climáticas das cidades selecionadas.

O sombreamento deste estudo foi avaliado de duas formas:  $somb = 0$ , para o projeto original e  $somb = 1$ , nos protótipos modificados, nos quais considerou-se a adoção de veneziana nos quartos de todas as unidades habitacionais. Destaca-se ainda que nas unidades habitacionais do último pavimento serão considerados o efeito do sombreamento do beiral para a equação da avaliação da envoltória estabelecidos pelo RTQ-R. Na simulação computacional tanto o sombreamento do beiral quanto aquele propiciado pela própria edificação serão considerados automaticamente pelo programa após leitura do modelo tridimensional avaliado.

Os padrões de uso e funcionamento adotados se baseiam nas prescrições estabelecidas no regulamento em análise. Para a ventilação natural optou-se pela estratégia de controle automático por temperatura. Levou-se em conta o melhor aproveitamento possível da ventilação sem interferência do usuário de forma que a abertura automática das janelas foi acionada quando a temperatura interna do ar no ambiente for igual ou superior à temperatura externa após atingir 20°C. As portas de acesso principal foram analisadas sempre fechadas e contribuíram apenas para as trocas de ar por infiltração das frestas. Já as portas internas foram consideradas sempre abertas para propiciar a ventilação cruzada.

Em relação ao padrão mínimo de ocupação nos ambientes foram definidas duas pessoas nos quartos e, quatro na sala considerando todos os usuários dos dois dormitórios. Em relação ao padrão de ocupação e iluminação dos ambientes foram utilizados horários diferenciados para os dias de semana e finais de semana conforme porcentagem de

pessoas disponíveis no horário. Complementarmente, em função do tipo de atividade desempenhada em cada ambiente adotou-se taxa metabólica específica baseada nas recomendações da ASHRAE *Handbook of Fundamentals* (2009), considerando o calor produzido em uma superfície de pele média de 1,80 m<sup>2</sup>. Desta forma tem-se na sala 108W para o usuário sentado ou vendo TV e 81W no quarto para o indivíduo dormindo. A densidade de potência instalada de iluminação foi de 5,0 W/m<sup>2</sup> no quarto e 6,0 W/m<sup>2</sup> na sala. Já para as cargas internas dos equipamentos considerou-se 1,5W/m<sup>2</sup> na sala pelo período de 24 horas do dia durante todo o período de simulação. Quanto à rotina de isolamento térmico da vestimenta optou-se por valores diferenciados estabelecidos na norma ISO 7730 (2005) conforme as estações do ano sendo na primavera e outono 0,5 Clo<sup>60</sup>, no verão 0,3 Clo e no inverno 1,0 Clo.

Quanto à temperatura do solo, conforme recomendação do RTQ-R (2012), realizou-se uma primeira simulação utilizando-se o valor presente no arquivo climático. Estes dados foram, posteriormente, atualizados em uma outra simulação com base nas informações de saída do *Slab*<sup>61</sup>. Para janelas e portas retangulares adotou-se o valor de 0,60 para coeficiente de descarga (CD), 0,001 kg/s.m para o coeficiente do fluxo de ar por frestas (CQ) e 0,65 para o expoente do fluxo de ar (*n*). Para o coeficiente de rugosidade do entorno, adotou-se o valor de 0,33, que representa um terreno em um centro urbano.

Para as análises relativas à ação do vento (coeficiente de pressão) ao longo do edifício prevista no método de simulação computacional do RTQ-R, considerou-se uma implantação hipotética do estudo de caso que pudesse ser generalizada nas diferentes localizações testadas. Conforme se observa no Anexo A, a implantação original do projeto situa-se em um loteamento projetado para um complexo residencial suburbano, fato que não pode ser considerado como realidade em todas as cidades representativas selecionadas. Optou-se, portanto, pela implantação em um bairro, em expansão, enquadrado no perfil de renda do imóvel e do sistema construtivo, com predominância de residências e pequenos centros comerciais e de serviços, dentro do contexto urbano.

Contudo, a especificação de oito áreas possíveis para tal loteamento, considerando as diferentes legislações municipais desviaria do escopo desta tese. Assim, criou-se um

---

<sup>60</sup> Resistência térmica da roupa medida em Clo (*clothing*) sendo que 1 Clo equivale a 0,15° C W/m<sup>2</sup>.

<sup>61</sup> Programa auxiliar para cálculo da temperatura do solo, vinculado ao *Energy Plus*.

padrão de referência a ser adotado para as condições de entorno e implantação com base na extrapolação do breve estudo do crescimento e legislação urbana de Belo Horizonte - MG. Neste sentido, adotou-se o loteamento padrão medindo 12 x 30 m tendo sido considerado dois lotes para implantação do estudo de caso (24 x 30 m) em razão da redução do limite construtivo<sup>62</sup> prevista na legislação para a região analisada e também devido ao porte construtivo dos imóveis locais. A caixa viária foi definida com 10 m para uma via local com duas faixas de rolamento e passeio para pedestre. Sendo assim, o afastamento frontal mínimo da edificação equivale a uma distância de 3 m. A altura máxima considerada para o estudo de caso foi de 12 m. Portanto, os afastamentos laterais e de fundo mínimos para uma edificação com esta altura deve ser de 2,3 m. Para o entorno considerou-se também um cenário mais adensado com prédios residenciais multifamiliares ocupando dois lotes, medindo 24 x 30 m, com características semelhantes ao estudo de caso. Assim, o potencial máximo construtivo previsto, segundo características gerais do bairro e parâmetros urbanísticos na legislação de referência, possibilitou a inserção de edificações de cinco andares com aproximadamente 15m de altura para a vizinhança (PBH, [200-]a; PBH, [200-]b). Nota-se que a fachada voltada para a rua é aquela menos obstruída em relação à corrente de vento.

No presente estudo, como a edificação padrão apresenta uma planta em forma de “H” utilizou-se o aplicativo *on-line* CP Generator<sup>63</sup>, desenvolvido pela TNO<sup>64</sup>, recomendado e aceito como parâmetro de simulação do RTQ-R para os edifícios de formas irregulares, para estimar os valores de CP dada as diferenças de pressão do vento nas suas faces exteriores em relação ao entorno. Considerou-se, no modelo de simulação, a direção predominante do vento nas cidades selecionadas, conforme informação disponibilizada no arquivo climático de cada uma delas. Assim, para efeito de cálculo do CP adotou-se um raio aproximado de 100 m de influência de obstrução das edificações vizinhas, englobando no entorno, 13 edificações, conforme se observa na Figura 20. O edifício em estudo foi destacado com a cor vermelha. O coeficiente de pressão de vento foi

---

<sup>62</sup> Os parâmetros urbanísticos presente no Plano Diretor Lei nº 7.165/96 e Leis de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo, Lei nº 7.166/96 e posteriores alterações previstas na Lei nº 8.137/00 e nº 9.959/2010 consideram o bairro Castelo uma Zona de Adensamento Restrito (ZAR-2).

<sup>63</sup> Programa gratuito disponível em: <http://cpgen.bouw.tno.nl/pub/default.asp>. Por meio de arquivo de texto, informa-se as coordenadas, a orientação da edificação, os obstáculos do entorno imediato e também as coordenadas das posições dos CPs almejados. Seus algoritmos são baseados em testes em túnel de vento.

<sup>64</sup> TNO *Building Research - Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek* (Organização Holandesa para Pesquisa Científica Aplicada), organização sem fins lucrativos, que desenvolve pesquisa independente para suporte de empresas privadas e do governo.

considerado para todas as fachadas do estudo de caso considerando uma variação de 5 em 5° tendo por referência, no sentido horário, a direção Norte = 0° ou 360°, Leste = 90°, Sul = 180°, e Oeste = 270°. Contudo, seu efeito somente pode ser avaliado naquelas fachadas nas quais foram dispostas as aberturas.

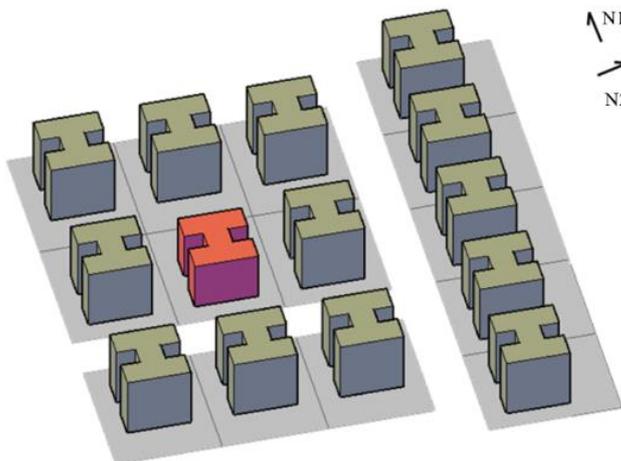


Figura 20 – Perspectiva do entorno considerado para o cálculo do coeficiente de pressão do vento sendo o projeto analisado destacado em vermelho.

Por fim cabe ressaltar que para realização deste estudo foram consideradas inúmeras variáveis associadas ao edifício que podem influenciar o desempenho térmico de sua envoltória. Dentro deste contexto, é importante ressaltar que existem incertezas associadas a cada fator interveniente neste processo<sup>65</sup>. Ademais, para a delimitação das condições dos limites aceitáveis para o conforto do usuário deve-se admitir um padrão predominante na aceitação geral dos usuários por mais que haja variações sensitivas de uma pessoa para outra em função do sexo, peso, altura, vestimenta. Assim, a avaliação dos resultados tem por referência padrões gerais extraídos de outros estudos similares que podem não retratar de forma magistral a realidade dos moradores das unidades habitacionais em cada cidade. Contudo, sem a delimitação dos pressupostos a serem adotados, o estudo simulado do caso base se tornaria impossível tendo em vista a ausência dos dados necessários para definir a conjuntura real. Em suma, seja qual for o modelo adotado tal instrumento apresenta a realidade de forma limitada possibilitando uma margem de erros em seus resultados. Assim, um modelo adequado seria aquele sobre qual se tem domínio do comportamento das variáveis consideradas.

<sup>65</sup> Maiores informações podem ser consultadas em: SILVA, A. S.; SORGATO, M. J.; MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; GHISI, E. Incerteza do método de simulação da NBR 15575- 1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2014.

# 4

## APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 – Resultados dos métodos prescritivos

Neste tópico realizou-se um comparativo das exigências estabelecidas no método prescritivo da NBR 15.220 (2005), NBR 15.575 (2013), RTQ-R (2012) e Selo Casa Azul (2014). Tais parâmetros foram sintetizados de forma conjunta, por meio de tabelas, de modo a destacar as semelhanças ou diferenças entre as prescrições normativas, bem como facilitar a análise do cumprimento da unidade habitacional no âmbito exigido nas quatro normas verificadas. Inicialmente foram apresentados os limites normativos e, posteriormente, o desempenho atingido pelo estudo de caso para cada item previsto, referente ao desempenho térmico edifício.

Para contemplar o estudo do desempenho térmico foram analisados os critérios exigidos para a edificação em relação às variáveis relativas à absorção solar das superfícies externas da envoltória ( $\alpha$ ), transmitância térmica de paredes e coberturas (U), limite de capacidade térmica (CT), bem como as áreas mínimas recomendadas de ventilação natural e cruzada. Considera-se que todos estes elementos, caso não sejam adequadamente dimensionados, podem influenciar significativamente no ganho e/ou perda de calor pela envoltória do edifício. Destaca-se que o parâmetro de iluminação natural do edifício possui caráter complementar tendo sido analisado somente para o RTQ-R em razão da sua exigência para classificação do ambiente conforme método prescritivo estabelecido neste regulamento.

Com relação à U das paredes, conforme se observa na síntese dos instrumentos normativos apresentada na Tabela 21 verifica-se que a NBR 15.220 não considera limites de  $\alpha$  e CT para nenhuma zona. Quanto às outras normas somente para ZB8, localizada ao Norte do país, referente ao clima quente e úmido, o parâmetro CT não é exigido. Observa-se que as zonas 1 e 2, que incorporam uma parcela do Sul e Sudeste do Brasil, por serem

atinentes a uma região de clima frio, com inverno mais acentuado em relação ao restante do território nacional, não possuem prescrição relativa à  $\alpha$  não diferenciando, portanto, a determinação da transmitância térmica em relação à absorvância. Para as outras zonas destes instrumentos normativos são apresentados parâmetros de absorvância para cores claras ( $\alpha \leq 0,6$ ) e escuras ( $\alpha > 0,6$ ) e  $CT \geq 130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . O U limite definido pela NBR 15220 para zonas frias (1 e 2) é menos restritivo do que os outros regulamentos ( $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  contra  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e para as zonas de clima quente observa-se situação oposta ( $3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  contra  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Nas amostras de parede apresentadas ao longo da literatura esta diferença ( $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) não indica um sistema construtivo distinto o que leva a observar, portanto, que este valor pode ser compatibilizado para se igualar em todas as legislações. A NBR 15.220 apresenta, neste caso, valor mais elevado do que as outras normas. Todavia, não se pode esquecer que esta norma refere-se a habitações de interesse social que, supostamente, possuem restrição de orçamento para construção (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL – CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a; BRASIL - INMETRO, 2012).

O valor de  $U \leq 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  e  $CT \geq 130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$  atenderia a exigência de desempenho térmico<sup>66</sup> para quase todas as zonas e normas à exceção da 15.220 para as zonas 4, 6 e 7. Dependendo do valor de U limite, sua associação com uma referência mínima de CT poderia possibilitar ao edifício transmitir lentamente o calor acumulado durante o dia para seu interior à noite, quando, geralmente, a temperatura está mais baixa. O valor mínimo de CT não se faz importante para a região de clima mais frio (ZB 1 e 2) no qual o isolamento térmico das paredes é sugerido para proteção do acúmulo de frio externo ao longo do dia em determinados períodos do ano e também para a zona quente e úmida (ZB8) na qual as paredes não devem acumular todo o calor recebido e, portanto, não se exige CT mínimo (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a e BRASIL - INMETRO, 2012).

Nota-se que a NBR 15.220 foi publicada em 2005 sendo, portanto, a mais antiga. Neste contexto, verifica-se que esta norma não dialoga com os valores dos outros instrumentos apresentando na maioria das vezes parâmetros mais exigentes, à exceção das zonas 1 e 2. Para as demais normas, nas zonas 3 a 8 com  $\alpha \leq 0,6$ , referente às cores claras a exigência

---

<sup>66</sup> Note-se que o valor de transmitância atendido neste caso apresentará para a maioria das zonas um desempenho além do mínimo exigido.

para transmitância é menos restritiva permitindo, portanto, valor para  $U \leq 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . O RTQ-R (2012), Selo Casa Azul<sup>67</sup> (2014) e NBR 15.575 (2013) passaram por revisões posteriores ao ano de 2012 sendo possível perceber que estes instrumentos apresentam valores semelhantes para a especificação de Upar. Nota-se também que somente a NBR 15.575 estabelece limite intermediário ou superior de desempenho para este parâmetro (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a e BRASIL - INMETRO, 2012).

Em relação às paredes, considerando o valor de 0,4 para sua absorvância solar, nota-se que apenas aquela com EPS atendeu ao requisito de transmitância térmica exigido para a vedação vertical em todas as zonas bioclimáticas. A parede de concreto com vermiculite apesar de atender o valor de U não cumpriu o requisito mínimo de CT requerido nas zonas de 1 a 7. Nota-se, ademais, que as paredes de concreto previstas no projeto original não seriam aprovadas em nenhuma norma necessitando, portanto, de modificações para cumprir o desempenho térmico mínimo exigido em todas as regiões brasileiras.

Tabela 21 - Pré-requisitos da envoltória: Transmitância térmica de paredes (Upar).

Norma/ Limites para Upar ( $w/m^2k$ )		Zoneamento		
		ZB1 e ZB2	ZB3, ZB5 e ZB8	ZB4, ZB6 e ZB7
RTQ-R, NBR 15.575 e Selo Casa Azul	sem exigência de $\alpha$ e $CT \geq 130^*$	$\leq 2,50$		
	$\alpha \leq 0,6$ e $CT \geq 130^*$		$\leq 3,70$	$\leq 3,70$
	$\alpha > 0,6$ e $CT \geq 130^*$		$\leq 2,50$	$\leq 2,50$
NBR 15.220	sem exigência de $\alpha$ e CT	$\leq 3,00$	$\leq 3,60$	$\leq 2,20$
Desempenho UH $\alpha=0,4$	proj. original e modificado (parede de concreto) $CT=240$	4,40	4,40	4,40
	projeto modificado (Concreto+Vermiculite) $CT=80$	2,03	2,03	2,03*
	projeto modificado (Concreto+EPS) $CT=193$	1,40	1,40	1,40

Fonte: ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - INMETRO, 2012. Legenda: limite Upar - ■ A ou B para o RTQ-R; ■ Máximo para a NBR 15.575, NBR 15.220 e Selo Casa Azul; Desempenho Térmico da UH - ■ Atende os requisitos de todas as normas; ■ Não atende o requisito de uma ou mais normas; \* Exceto ZB8 que não possui requisito mínimo de CT.

Note-se que na Tabela 22, referente à transmitância térmica de coberturas, a NBR 15.220 (2005) não considera limites de absorvância e capacidade térmica para nenhuma zona. Para zona 8 os parâmetros mínimos são iguais para todas as normas<sup>68</sup>, exceto para a NBR 15.220 que não apresenta variações da exigência em relação a absorvância. Ademais, tem-

<sup>67</sup> No Selo Casa Azul o sinal referente ao  $\alpha$  está trocado em relação a NBR 15575-4 e RTQ-R. Os valores para os parâmetros são iguais, mas ao invés de ser  $\alpha \leq 0,6$  e  $\alpha > 0,6$  como nas outras normas é  $\alpha < 0,6$  e  $\alpha \geq 0,6$ . Todavia, como o conteúdo em si não foi essencialmente alterado esta norma foi considerada, para todos os efeitos, igual às demais. O mesmo ocorre para as coberturas.

<sup>68</sup> Percebe-se neste sentido que o Selo Casa Azul mantém a referência errônea ao fator de ventilação (FV) presente na versão antiga da NBR 15.575-5 para a zona bioclimática 8.

se em alguns casos fatores de correção FV ou FT que são multiplicados à transmitância térmica limite (U limite). O fator de ventilação (FV) aparece nos parâmetros das zonas 7 e 8, mencionado na NBR 15.575 (2013) referenciando o fator estabelecido na NBR 15.220, sem, contudo, apresentar maiores descrições. A NBR 15.220 não faz menção alguma ao FV. Já o FT<sup>69</sup>, fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8, presente na NBR 15.220, dispõe que:

$$FT = 1,17 - 1,07 \cdot h^{-1,04} \quad (5)$$

Equação 5 - Fator de correção da transmitância de cobertura da zona 8. Fonte: ABNT, 2005. Onde FT é o fator de correção da transmitância de cobertura da zona 8 e h é igual à altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros.

Da mesma forma que ocorre para as paredes, as zonas 1 e 2, correspondentes a climas mais frios não possuem limites mínimos de absorvância em nenhuma norma. Já as zonas 3 a 6 possuem parâmetros de absorvância para cores claras ( $\alpha \leq 0,6$ ) e escuras ( $\alpha > 0,6$ ) e as zonas 7 e 8 o valor do  $\alpha$  mínimo é menor para cores claras ( $\alpha \leq 0,4$ ) e escuras ( $\alpha > 0,4$ ) e a exigência da transmitância térmica para coberturas é semelhante àquele especificado para as zonas 3 a 6 ( $U \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  para cores claras e  $U \leq 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  para cores escuras) uma vez que estas zonas correspondem a regiões mais quentes o que justifica esta diminuição no valor de absorvância solar de referência (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a e BRASIL - INMETRO, 2012).

O valor de  $U \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  atenderia a exigência mínima de desempenho térmico para as coberturas em todas as zonas sendo que nas ZB2, 3 a 6 ( $\alpha \leq 0,6$ ) e ZB7 e 8 ( $\alpha \leq 0,4$ ), atenderia o desempenho intermediário da NBR 15.575. A NBR 15.220 por ser uma norma mais antiga, do ano de 2005, apresenta parâmetros mais exigentes, à exceção da zona 8, correspondente ao mínimo das outras normas, uma vez que não considera a absorvância à radiação solar. Para as zonas 3 a 6 considerando-se  $\alpha \leq 0,6$  (cores claras) o valor de  $U_{\text{cob}}$  exigido é menor em relação à NBR 15.220 permitindo um valor comum de  $U \leq 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  para o RTQ-R, NBR 15.575-4 e Selo Casa Azul (2010). O RTQ-R, Selo Casa Azul e NBR 15.575 apresentam valores semelhantes de exigência, porém, as zonas 7 e 8 possuem limite de absorvância menores, uma vez que estas zonas correspondem a regiões mais quentes. Nota-se que para o parâmetro da transmitância térmica de cobertura, existe

---

<sup>69</sup> Quanto à NBR 15.575-5, para a ZB7, o fator de ventilação (FV) presente no texto anterior a revisão de 2013 manteve-se erroneamente inalterado. Assim, no tópico 11.2.1, da parte 5, esta variável deveria ter sido substituída pelo fator FT.

limite intermediário ou superior estabelecido na NBR 15.575-5 (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL – CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a e BRASIL - INMETRO, 2012).

Quanto ao estudo de caso, a cobertura original composta por laje maciça de concreto e telha de fibrocimento, por se apresentar em uma cor mais escura ( $\alpha=0,8$ ), atende somente o limite de U para as zonas bioclimáticas mais frias (ZB1 e 2) uma vez que estas não apresentam exigência de absorvância mínima. Apenas para a NBR 15.220 o limite de Ucob não seria atendido nestas zonas mais frias por uma pequena diferença. Nas demais zonas (ZB3 a 8), caso este sistema de vedação horizontal se apresentasse em uma cor clara ( $\alpha \leq 0,4$ ), seria possível atender às exigências de todas as normas e localidades, exceto para a NBR 15.220 nas zonas de 1 a 7, devido a uma diferença de  $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Os demais sistemas com isolamento (manta de lã de vidro ou *foil* de alumínio) atendem os parâmetros exigidos, possibilitando, em alguns casos, atingir os níveis intermediários de desempenho previstos na NBR 15.575. Complementarmente, apesar da legislação nacional não exigir, os três sistemas de cobertura possuem CT acima de  $250 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ , sendo considerada uma alta capacidade térmica, conforme referência do RTQ-R, fato que contribui para que sua superfície demore mais para se aquecer e quando está submetida à alta temperatura demore mais para resfriar-se em condição de baixas temperaturas, não permitindo, portanto, mudanças bruscas. Contudo, nota-se que o isolamento térmico se mostra mais indispensável do que o potencial de aproveitamento da elevada inércia térmica, especialmente nas zonas mais quentes.

Tabela 22 - Pré-requisitos da envoltória: Transmitância térmica de coberturas (Ucob).

Norma / Limites para Ucob ( $W/m^2K$ )		Zoneamento			ZB3 a ZB6			ZB7				ZB8			
		ZB1 e ZB2													
RTQ-R, NBR 15.575 e Selo Casa Azul	sem exigência de $\alpha$ e CT	■	■	■	■	■	■								
	$\alpha \leq 0,6$				■	■	■								
	$\alpha > 0,6$				■	■	■								
	$\alpha \leq 0,4$							■	■	■	■	■	■	■	
	$\alpha > 0,4$							■	■	■	■	■	■	■	
NBR 15.220-3	sem exigência de $\alpha$	■													
Desempenho UH $\alpha=0,8$	projeto original	■		■			■				■				
	proj. modificado (manta)	■		■			■				■				
	proj. modificado (foil)	■		■			■				■				

Fonte: ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - INMETRO, 2012. Legenda: limite Ucob - ■ A ou B para o RTQ-R; ■ Mínimo para a NBR 15.220 e Selo Casa Azul; ■ Mínimo Intermediário ■ Superior para a NBR 15.575; Desempenho Térmico da UH - ■ Atende os requisitos de todas as normas; ■ Não atende o requisito de uma ou mais normas; \*Para o Selo Casa Azul deve-se multiplicar o fator FV nos valores da ZB8.

Em relação aos parâmetros de ventilação natural, é estabelecido um percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso do ambiente. Cabe destacar que a NBR 15.575 considera este parâmetro para áreas de permanência prolongada conforme a equação 6:

$$A = 100 \cdot (A_a/A_p) (\%) \quad (6)$$

Equação 6 – Pré-requisitos de ventilação natural. Fonte: ABNT, 2013. Sendo  $A_a$  a área efetiva de abertura e  $A_p$  a área de piso do ambiente.

Neste contexto, conforme se observa na Tabela 23, referente a ventilação natural, a NBR 15.575 (2013) solicita que nas ZB 1 a 6 e nas cidades que possuam médias mensais de temperaturas mínimas abaixo de 20°C, as aberturas para ventilação devem ser passíveis de fechamento durante o período de frio (exceto para ventilação de segurança). O Selo Casa Azul (2014) após sua revisão estabeleceu os mesmos limites previstos na NBR 15.575. Neste sentido, nota-se que os parâmetros da NBR 15.575 e também do Selo Casa Azul, possuem uma diferença de 1 a 2%, para mais ou para menos, em relação ao percentual exigido para o RTQ-R (2012). Tal fato indica potencial evidente para uniformização destas prescrições. Já a NBR 15.220 (2005) estabelece, para todas as zonas, um maior valor percentual para a área disponível para a ventilação natural, em relação às outras normas, indicando para as zonas de 1 a 7 uma faixa limite com o valor mínimo significativamente superior às demais prescrições. O limite indicado para a ZB8 é o mais rigoroso em todas as normas. Já os parâmetros estabelecidos para a zona 7 são menos exigentes do que para as zonas de 1 a 6. Para o requisito de ventilação natural, não existe parâmetro intermediário ou superior estabelecido na NBR 15.575. Note-se que o Selo Casa Azul, a NBR 15.575 e o RTQ-R consideram este parâmetro para áreas de permanência prolongada e a NBR 15.220 para edificação como um todo (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a e BRASIL - INMETRO, 2012).

Quanto ao estudo de caso, o projeto original não apresenta, para a sala de estar, o percentual de área mínima de abertura para ventilação em relação à área de piso devido à especificação da janela na qual estabeleceu uma parte passível de abertura e outra com vidros fixos, fato que prejudicou o fluxo de ar no ambiente, tornando a ventilação insuficiente, perante as prescrições normativas. Assim somente na ZB7, seria possível atender ao requisito estabelecido para o RTQ-R. Já as aberturas previstas nos quartos atenderia às exigências do RTQ-R para as zonas de 1 a 7, bem como a NBR 15.575 e o

Selo Casa Azul, exceto para as localidades da Região Norte, especificadas em 12% para a ZB8. As modificações no projeto possibilitariam atender aos limites de todas as normas e zonas, exceto para a NBR 15.220 no quarto localizado nas ZB1 a 6 e ZB8, bem como na sala para a zona bioclimática 8.

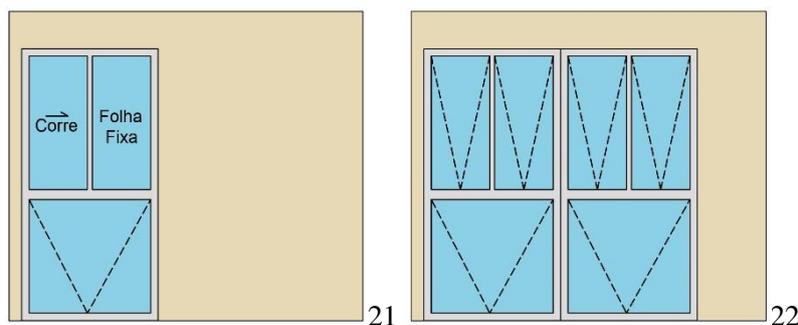
Tabela 23 - Pré-requisitos da envoltória: Ventilação Natural.

Norma / Limite (%)		Zoneamento	ZB1 a ZB6	ZB7	ZB8
RTQ-R			≥ 8	≥ 5	≥ 10
NBR 15.575 e Selo Casa Azul			≥ 7	≥ 7	≥ 8 ou 12 *
NBR 15.220			15 < A < 25	10 < A < 15	> 40
Desempenho UH	projeto original (NE, SE e N)	Sala	5,5	5,5	5,5
		Dormitórios	9,0	9,0	9,0
	projeto modificado (NE, SE e N)	Sala	15,3	15,3	15,3
		Dormitórios	10,0	10,0	10,0

Fonte: ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - INMETRO, 2012. Legenda: limite ventilação natural - ■ A ou B para o RTQ-R; ■ Limite para a NBR 15.575, NBR 15.220 e Selo Casa Azul; Desempenho Térmico da UH - ■ Atende os requisitos de todas as normas; ■ Não atende o requisito de uma ou mais normas. \*O percentual de abertura em relação à área de piso é: ≥ 8% para a Região Nordeste e Sudeste do Brasil e ≥ 12 % para a Região Norte.

Em relação aos limites estabelecidos para a ventilação natural nota-se que o percentual de 15% só não atenderia a exigência da NBR 15.220, na zona 8. Nas Figuras 30 e 31 pode-se observar uma estimativa da proporção de 15 e 40% da área de abertura para ventilação natural em comparação com área de fachada disponível para a sala de estar deste estudo de caso. Neste contexto, a prescrição de 40% indicaria a adoção de uma abertura avantajada na única parede externa disponível para este ambiente, preferencialmente com o sistema de abertura máximo-ar, ainda mais considerando que as janelas, usualmente, possuem duas folhas de correr possibilitando menos que 50% de área efetiva para a ventilação, descontada a área das esquadrias. Assim, além do aumento da incidência da radiação solar, caso não exista nenhum dispositivo de proteção nas janelas, poder-se-ia ter uma demanda de abertura quase igual a área disponível na fachada uma vez que os ambientes deste modelo construtivo possuem largura reduzida<sup>70</sup> e um pé direito de 2,40 m. Nota-se que a faixa de proteção recomendada de aproximadamente 1,10 m para o peitoril não foi considerada. Para o caso da adoção do peitoril seria necessária uma área de abertura maior do que a superfície de fachada disponível. Nota-se, portanto, um rigor acentuado em relação às demais normas que poderia ser reavaliado com intuito de uniformizar este parâmetro.

<sup>70</sup> A sala de estar possui 3,84m de largura por 3,40m de profundidade, incluso o corredor, sendo que 1m da largura do ambiente está inserida dentro da caixa de circulação restando, portanto, 2,84m para a fachada.



Figuras 21 e 22: Proporção da área de abertura em relação à fachada da sala para os limites de 15 e 40%, respectivamente, em relação à área de piso.

Quanto à ventilação cruzada, apresenta-se condições para que a circulação cruzada do ar nos ambientes seja promovida por aberturas externas e internas localizadas em pelo menos duas fachadas diferentes para todos os cômodos. Neste sentido, têm-se as opções de ventilação seletiva<sup>71</sup>, cruzada e cruzada permanente para a NBR 15.220 e Selo Casa Azul. Já para o RTQ-R deve-se verificar o atendimento da proporção indicada conforme equação 4 apresentada neste estudo (Vide pg. 64). Na Tabela 24 observa-se que a NBR 15.575 não apresenta prescrições para o parâmetro de ventilação cruzada. A zona 1 não tem exigência de ventilação cruzada para nenhuma norma. Já o RTQ-R indica o mesmo percentual de abertura para as zonas bioclimáticas 2 a 8. O Selo Casa Azul e a NBR 15.220 apresentam as mesmas exigências, especificando a ventilação cruzada para as zonas 2 a 5, a ventilação seletiva na zona 7 e a cruzada permanente na zona 8 (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL – CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a e BRASIL - INMETRO, 2012).

Grosso modo, os parâmetros normativos são bem diferentes entre si, o que dificulta o estabelecimento de um mínimo comum. Pode-se afirmar, portanto, que o atendimento da ventilação cruzada para as zonas 2 a 8 atenderia a exigência para todas as zonas dentro das condições específicas de cada norma, exceto para a zona 8 na qual a ventilação deverá ser permanente. Nota-se, ademais, que para o estudo de caso a exigência deste parâmetro foi integralmente atendido para todas as normas e zonas bioclimáticas. Assim, seus sistemas de abertura externos e internos<sup>72</sup> possibilitam o fluxo de ar requerido para a manutenção das condições de conforto e higiene nos ambientes. Pode-se afirmar, portanto, que a unidade habitacional permite a circulação cruzada do ar em todos os ambientes por meio de janelas e portas localizadas em diferentes fachadas. Esta

<sup>71</sup> Permite o controle durante os períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa.

<sup>72</sup> As portas de acesso principal e de serviço não são consideradas como aberturas para ventilação.

disposição das aberturas de forma cruzada favorece a renovação e a circulação do ar na edificação. Deve-se, contudo, observar a direção do vento dominante para aproveitar ao máximo o potencial que esta estratégia pode oferecer para o conforto térmico dos usuários. Para a implantação N1, as aberturas da edificação foram dispostas nas fachadas Norte e Sul e para a opção N2, no sentido Leste e Oeste. Desta forma, em ambas as orientações as unidades habitacionais não puderam usufruir da orientação do vento dominante para minimizar a sensação térmica dos usuários, em todos os ambientes de permanência prolongada. Tal fato se deve a ocorrência significativa do vento na direção Sudeste em todas as cidades analisadas conforme análise apresentada no tópico de caracterização das condições climáticas, exceto em Manaus - AM que ocorre no sentido Nordeste.

Tabela 24 - Pré-requisitos da envoltória: Ventilação Cruzada.

Norma / Limite \ Zoneamento	ZB1	ZB2, ZB3 E ZB5	ZB4, ZB6 E ZB7	ZB8
RTQ-R		≥ 0,25	≥ 0,25	≥ 0,25
NBR 15.575				
NBR 15.220 e Selo Casa Azul				
Desempenho UH proj. original e modificado				

Fonte: ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - INMETRO, 2012. Legenda: limite Ventilação Cruzada - ■ Sem Exigência para o RTQ-R, NBR 15.575 e NBR15.220; ■ A ou B para o RTQ-R; ■ Ventilação Seletiva no verão, ■ Ventilação Cruzada no verão, ■ Ventilação Cruzada permanente para a NBR 15.220 e Selo Casa Azul; Desempenho Térmico da UH - ■ Atende os requisitos de todas as normas; ■ Não atende o requisito de uma ou mais normas.

Em relação aos parâmetros de iluminação natural, os ambientes de permanência prolongada<sup>73</sup> da edificação selecionada para o estudo de caso apresenta um percentual maior do que 15% de transparência por vidro em relação à área de piso dos ambientes. Tais informações podem ser confirmadas na Tabela 25.

Tabela 25 – Área disponível para iluminação natural nos ambientes de permanência prolongada.

Ambiente	Área de piso (m <sup>2</sup> )	Abertura	Área Iluminação (m <sup>2</sup> )	Área de iluminação / Área de piso (%)
Sala	10,81	TP3	1,92	17,76
Quarto 1 e 2	7,20	TP1	1,12	15,56

Neste sentido, é possível observar na síntese apresentada na Tabela 26 que a NBR 15.220 (2005) não apresenta exigência alguma para o quesito iluminação natural. A NBR 15.575 (2013) estabelece parâmetros mínimo, intermediário e superior de iluminâncias, em *lux*, para áreas de permanência prolongada e transitória, indicando o método de simulação da

<sup>73</sup> O corredor contíguo à sala foi desconsiderado do cálculo da área útil do ambiente.

NBR 15.215 (2005) para verificação no plano horizontal, no centro do ambiente, nos períodos da manhã e da tarde (9h30 e 15h30, respectivamente), para os dias 23 de abril e 23 de outubro. Cabe destacar que para os ambientes de permanência transitória não é exigido parâmetro mínimo, apresentando-se apenas limite intermediário e superior para a NBR 15.575. O método prescritivo estabelecido no Selo Casa Azul (2014) e no RTQ-R (2012) adotam o parâmetro no qual a soma das áreas de aberturas voltadas para o exterior deve corresponder a um percentual mínimo em relação à área útil (área de piso de ambiente). O RTQ-R considera o mesmo valor de referência para todas as zonas (12,5%). Já o Selo Casa Azul, após sua revisão no ano de 2014<sup>74</sup> diminuiu seus limites para este requisito, estabelecendo a mesma exigência prevista na NBR 15.575 (2013) para o parâmetro de ventilação natural (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL – CEF, 2010; BRASIL - INMETRO, 2012).

Cabe mencionar que, para os casos não enquadrados no método prescritivo, o RTQ-R (2012) indica teste do parâmetro de iluminação natural por meio de programa de simulação dinâmica, quais sejam DaySim, Apolux ou Troplux, utilizando arquivo climático com 8760 horas, para comprovação do aproveitamento da luz natural no ambiente com a finalidade de alcançar pontos extras por bonificação. Para tanto, deve-se realizar uma malha na altura do plano de trabalho do ambiente, com no mínimo 25 pontos de avaliação, modelando-se também seu entorno. Deve-se comprovar, em 50% mais 1 dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia, com aberturas sem proteção solar, a obtenção de 60 lux de iluminância em 70% do ambiente, durante 70% das horas com luz natural no ano (BRASIL - INMETRO, 2012).

Neste caso, os parâmetros são bem diferentes entre si, o que dificulta o estabelecimento de um mínimo comum. Nota-se que o percentual de 12,5% atenderia as exigências dos métodos prescritivos do RTQ-R e Selo Casa Azul para todas as zonas. Por outro lado, verifica-se que o atendimento de 60 lux para a iluminação natural atenderia o parâmetro mínimo para as áreas de permanência prolongada e o superior para as áreas de permanência transitória conforme definições do método prescritivo da NBR 15.575-1<sup>75</sup>. Contudo a unidade prescrita em lux para este parâmetro não permite estabelecer

---

<sup>74</sup> Originalmente considerava 16% para as zonas de 1 a 6, 10% para a ZB7 e de 15 a 20% para ZB8.

<sup>75</sup> A norma alemã DIN 5034/85 dispõe que quantidade de luz natural necessária para a realização de uma tarefa corresponde a 60% dos níveis para iluminação artificial. No entanto, este fator de redução para o uso da luz natural não é levado em consideração na NBR 15.575 (SILVEIRA; RAMOS, 2001).

correspondência com as demais normas que indicam um percentual mínimo de abertura em relação à área de piso, no método prescritivo, indicando, portanto, necessidade de adequação da NBR 15.575 para uniformização e simplificação do cumprimento deste quesito. Assim, a NBR 15.575 poderia indicar um limite mínimo para o dimensionamento da área de iluminação das aberturas em relação à área de piso do ambiente no seu método prescritivo à luz dos outros instrumentos. Já para o método de simulação esta norma poderia estabelecer um procedimento complementar para verificação do cumprimento deste quesito em *lux*, à semelhança do RTQ-R (ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - CAIXA, [201-]a e BRASIL - INMETRO, 2012). Em relação ao estudo de caso, considerando-se as prescrições do RTQ-R, verifica-se que este parâmetro foi atendido para todas as zonas bioclimáticas.

Tabela 26 - Pré-requisitos da envoltória: Iluminação Natural.

Zoneamento		ZB1 a ZB6	ZB7	ZB8
Norma / Limite (lux ou %)				
NBR 15.575	ambiente de permanência prolongada	≥ 60 lux		
		≥ 90 lux		
		≥ 120 lux		
	ambiente de permanência transitória	≥ 30 lux		
		≥ 45 lux		
NBR 15.220				
RTQ-R		≥ 12,5%		
Selo Casa Azul		≥ 7%	≥ 7%	≥ 8% (NE, SE) ≥ 12% (N)
Desempenho UH pelo RTQ-R para os protótipos testados				

Fonte: ABNT, 2005; ABNT, 2013; BRASIL - CEF, 2010; BRASIL - INMETRO, 2012. Legenda: limite Iluminação Natural - ■ Sem Exigência para a NBR 15.220; ■ A ou B para o RTQ-R; ■ Mínimo não requerido, ■ Mínimo, ■ Intermediário e ■ Superior para a NBR 15.575; ■ Mínimo para o Selo Casa Azul; Desempenho Térmico da UH - ■ Atende os requisitos de todas as normas; ■ Não atende o requisito de uma ou mais normas.

O confronto das normas aponta divergências nas unidades de medida ou padrões apresentados em alguns parâmetros prescritos. Evidencia-se, portanto, a necessidade de uniformização destas grandezas bem como os valores atribuídos para cada uma delas, de modo a facilitar aplicação destes instrumentos normativos. Contudo, antes de analisá-las, deve-se ter em mente o período em que elas foram elaboradas. Assim, transferindo tais prescrições para o contexto atual sem uma precedente reflexão, muitas vezes não é encontrado um sentido lógico para as diferentes formas de se exigir o mesmo item. Deve-se, portanto, ponderar o período de sua elaboração e até mesmo reforçar a ideia de revisão, caso seja pertinente. Neste contexto, se mostra necessária a discussão e incorporação de um padrão comum no Brasil uma vez que existem várias normas em vigor sobre um mesmo tema com parâmetros distintos na maioria dos casos.

A legislação deste tema no Brasil é de grande relevância uma vez que garante melhor desempenho térmico do edifício. No entanto, os valores preconizados nela devem estar mais contextualizados com os sistemas construtivos reais. Neste sentido, verifica-se que a NBR 15.220 (2005) foi aquela de maior divergência com as demais. Assim, considerando os outros limites normativos, não parece ser coerente o valor de transmitância térmica estabelecido, especialmente para a cobertura, que não permite aprovar a laje de concreto com câmara de ar e telha de fibrocimento, por uma diferença de  $0,07\text{W/m}^2\text{K}$ . Tal parâmetro deveria ser ajustado de modo a estabelecer um limite mais condizente com as opções construtivas disponibilizadas no mercado nacional da construção civil.

Outro ponto relevante para discussão nesta norma é o seu título que menciona o direcionamento para habitações de interesse social. Tal foco não se mostra pormenorizado podendo ser generalizado para outros padrões construtivos, desde que seja suprimida esta parte de seu título. A diferenças dos valores nos parâmetros indicados em comparação com os demais instrumentos se deve em parte pelo seu enfoque em habitações unifamiliares. Contudo, o principal argumento para tal divergência seria a referência dos seus limites se basear nos estudos de Mahoney (1970) avaliados para climas diferentes, condição que inviabiliza a aplicação das suas estratégias sem a validação para a realidade nacional. Assim, a NBR 15.220 poderia apresentar parâmetros de desempenho térmico para a vedação vertical e horizontal diferenciando seus limites para o zoneamento brasileiro, para as habitações uni e multifamiliares e também para o tipo de ventilação adotado nos ambientes podendo funcionar de forma natural, artificial ou híbrida. Desta forma, seria possível criar parâmetros mais amplos para a diversidade construtiva nacional e compensar as suas diferenças para a NBR 15.575 que se aplica para habitações de múltiplos pavimentos. A divisão do zoneamento bioclimático seria outra parte que mereceria estudos específicos para sua adequação ao território nacional.

De modo geral, verifica-se a possibilidade de ajuste da NBR 15.220 para facilitar sua aplicação, bem como, a sua adoção em caráter complementar a NBR 15.575. As recomendações sazonais presentes neste instrumento poderiam ser úteis para auxiliar a adoção de estratégias construtivas que possam contribuir para o atendimento dos níveis intermediários e superiores estabelecidos na NBR 15.575, uma vez que considera em suas prescrições as particularidades do clima local. A NBR 15.575 (2013) apresenta

cumprimento obrigatório podendo, portanto, servir de referência para as prescrições mínimas estabelecidas no RTQ-R e Selo Casa Azul. Neste contexto, o atendimento dos pré-requisitos previstos no RTQ-R perderia o sentido uma vez que o cumprimento destes parâmetros já está estabelecido na NBR 15.575. Assim, a limitação da classificação em no máximo classe “C” prevista neste regulamento deveria ser revista já que o não atendimento das prescrições normativas (iluminação e ventilação natural, Upar, Ucob, etc.) demonstraria desconformidade da edificação, indicando a necessidade de mudanças para a sua aprovação pelo método prescritivo ou reavaliação pelo método de simulação computacional. De toda forma, para se obter parâmetros comuns deve-se alcançar limites adequados para a realidade nacional. Para tanto, se faz necessário estudos dos diferentes limites existentes e verificação da sua coerência e conformidade para o procedimento de avaliação. Destaca-se, ademais, que a exigência da iluminação natural, à semelhança dos demais instrumentos, deveria estabelecer a dimensão da superfície transparente mínima em relação à área útil de piso do ambiente no método simplificado, podendo apresentar a exigência em lux para o método de simulação computacional. Em síntese, verifica-se potencial para aprimoramento, simplificação e universalização de todos os instrumentos normativos.

#### ***4.1.1 – Classificação da UH pelo método prescritivo do RTQ-R***

Para classificação do consumo da unidade habitacional pelo método prescritivo do RTQ-R avalia-se o uso ou não de venezianas ( $somb = 0$  ou  $1$ ) nos dormitórios, as áreas de fachada em cada orientação, influência do contato com o piso, pilotis ou cobertura, o  $GH_R$  (para todas as zonas bioclimáticas) e o CA (ZB1 a 4), entre outras características construtivas. Os pré-requisitos relativos à envoltória da edificação referem-se a transmitância térmica das paredes externas e coberturas, em relação à absortância solar. Já para os ambientes de permanência prolongada verifica-se a área disponível para ventilação e iluminação natural. O não atendimento de algum pré-requisito pode limitar a classificação máxima para o equivalente numérico da envoltória referente ao período de verão ou inverno, aplicado após análise dos pré-requisitos do edifício e dos ambientes analisados, ponderados pelas suas respectivas áreas úteis (BRASIL - INMETRO, 2012).

Quanto aos pré-requisitos de transmitância térmica (U), capacidade térmica (CT) e absortância solar ( $\alpha$ ) já avaliados no tópico anterior é possível observar na Tabela 27 que

somente o sistema de vedação vertical com EPS atende a exigências de Upar em todas as zonas. O sistema de paredes de concreto com vermiculite cumpre os requisitos mínimos somente para a ZB8 que não apresenta exigências de CT. A cobertura do projeto original satisfaz as exigências de Ucob somente nas zonas frias (ZB1 e 2) uma vez que não apresentam rigor maior na exigência em função da cor mais escura das superfícies por não considerar a absorção solar. Nos demais protótipos este requisito foi atendido. Quanto à ventilação natural o projeto original não atingiu à área mínima exigida para a sala de estar. Assim, para os demais protótipos foi realizada modificação desta abertura de forma a atender as exigências requeridas. O parâmetro de ventilação cruzada e iluminação natural foi cumprido para todos os sistemas construtivos. Contudo, o não atendimento de um único pré-requisito implica em no máximo nível “C” para os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento (EqNumEnvAmbResf) e/ou aquecimento (EqNumEnvAmbA). Neste sentido somente as paredes de concreto com EPS poderá atingir a classificação A ou B uma vez que atendeu todos os pré-requisitos estabelecidos neste regulamento.

Tabela 27 – Classificação Máxima da UH em face dos pré-requisitos do RTQ-R.

Sistemas Construtivos	Pré-requisitos	Upar	Ucob	Ventilação natural	Ventilação cruzada	Iluminação natural
Projeto Original: Parede e laje de concreto com telha de fibrocimento			*Exceto ZB1 e 2			
Projeto Modificado: Parede e laje de concreto com cobertura de fibrocimento com lâ de vidro ou foil de alumínio						
Projeto Modificado: Parede de concreto com vermiculite e laje de concreto com cobertura de fibrocimento com lâ de vidro		*Exceto ZB8				
Projeto Modificado: Parede de concreto com EPS e laje de concreto com cobertura de fibrocimento com lâ de vidro						

Legenda: Classificação máxima - ■ A ou B (A,  $EqNumEnv \geq 4,5$ ; B,  $3,5 \leq EqNumEnv < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq EqNumEnv < 3,5$ ).

Na avaliação das unidades habitacionais do térreo, terceiro andar e pavimento de cobertura é possível notar que, no geral, os apartamentos térreos que possuem contanto com o solo, apresentaram melhores resultados de GH<sub>R</sub> e piores de CA. As unidades do terceiro andar obtiveram resultados intermediários para GH<sub>R</sub> e CA. Já os apartamentos de cobertura foram aqueles que obtiveram repostas mais críticas para os valores de GH<sub>R</sub> e CA, fato que pode ser percebido especialmente nas zonas bioclimáticas 2 e 3 nas Tabelas apresentadas no Apêndice B. A variação da orientação também gerou diferenças nos resultados. Nota-se que na implantação N1 as aberturas dos ambientes ficaram voltadas para Norte ou Sul e paredes opacas na direção Leste ou Oeste ao passo que na variação N2 apresentou resultados piores uma vez que as aberturas ficaram voltadas para Leste ou Oeste e paredes opacas na direção Norte ou Sul. O isolamento da cobertura no protótipo

de paredes de concreto maciça contribuiu para melhorar os valores de  $GHR$  em todos os ambientes bem como o resultado do CA na sala. Os protótipos com as paredes mais isoladas (concreto com vermiculite ou EPS) não tiveram o mesmo impacto positivo no  $GHR$  em comparação com o isolamento da cobertura, por outro lado o CA apresentou piores resultados, especialmente nos quartos. Estes sistemas apresentam valores mais baixos de transmitância e capacidade térmica em comparação com a parede maciça. Assim, ainda que a perda ou a transmissão de calor seja menor, ela irá ocorrer de forma mais rápida em razão da redução da inércia térmica pela diminuição do volume de concreto utilizado no sistema de vedação. Cabe destacar que o sistema com vermiculite<sup>76</sup> apresenta capacidade térmica quase 60% menor do que aquele com EPS.

Na Tabela 28, é possível observar os resultados das unidades habitacionais do projeto original para a zona bioclimática 1, nas opções de implantação N1 e 2. Nota-se que nesta zona, correspondente a uma região mais fria, o sistema construtivo adotado no projeto original obteve bons resultados para o  $GHR$  e CA, apresentando classificação “A” e “B” para todas as unidades habitacionais. Contudo o peso para o não cumprimento dos pré-requisitos repercutiu em uma diminuição da nota geral da UH, para verão e inverno, que obteve na média a classificação “C”. Ademais, ao contrário da tendência observada nas demais regiões brasileiras, nesta zona a variação dos resultados em função da orientação não foi significativa. Nota-se apenas que na implantação N1 o resultado para o CA do apartamento 101 foi ligeiramente pior que para N2, variando da classe “B” para “A”.

Tabela 28 – Classificação da UH pelo RTQ-R para o projeto original na ZB1, implantação N1 e N2, antes e após a aplicação dos pré-requisitos.

ZB1 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb. UH		GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEn vResf	EqNumEn vA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101		A	B	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301		A	A	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401		B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes		Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEn vResf	EqNumEn vA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102		A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302		A	A	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402		B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes		Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEn vResf	EqNumEn vA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103		A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303		A	A	A	A	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403		B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes		Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEn vResf	EqNumEn vA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104		A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304		A	A	A	A	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404		B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C

<sup>76</sup> 80 contra 193 kJ/m<sup>2</sup>K.

Índices Amb.	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
	GHR		CA		GHR		CA		GHR		CA		Sist. Construtivo		EqNumE	EqNumE	Ventilação	Verão	Inverno	Final
	nvResf	nvA	nvResf	nvA	nvResf	nvA	nvResf	nvA	nvResf	nvA	nvResf	nvA	nvResf	nvA	nvResf	nvA				
ZB1 - N2	Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob	EqNumE	EqNumE	Ventilação	Verão	Inverno	Final
101	A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	A	A	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumE	EqNumE	Ventilação	Verão	Inverno	Final
102	A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	A	A	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumE	EqNumE	Ventilação	Verão	Inverno	Final			
103	A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumE	EqNumE	Ventilação	Verão	Inverno	Final			
104	A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	A	A	A	B	A	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ( $EqNumEnv \geq 4,5$ ) ■ B ( $3,5 \leq EqNumEnv < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq EqNumEnv < 3,5$ ) ■ D ( $1,5 \leq EqNumEnv < 2,5$ ) ■ E ( $EqNumEnv < 1,5$ ). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

As variações do desempenho nas diferentes condições climáticas brasileiras, para os sistemas construtivos propostos no projeto original e modificado podem ser observadas na síntese realizada para a unidade 401, implantada na opção N1, apresentada na Tabela 29. Note-se que os resultados de GHR nos ambientes de permanência prolongada foram melhores na zona 1 para todos os sistemas construtivos e na zona 4 para as paredes maciças de concreto e para a opção de vedação vertical com vermiculite, exceto nos quartos. O CA apresentou, no geral resultados satisfatórios, exceto para a sala do projeto original na ZB3 e nos quartos dos protótipos com paredes isoladas (concreto + vermiculite e concreto + EPS) na ZB1 que apresentou resultado regular (“C”). O não atendimento dos parâmetros de ventilação natural na sala para o projeto original não repercutiu de forma significativa nos resultados. Grosso modo, o não cumprimento dos pré-requisitos influenciou mais significativamente o desempenho no inverno das paredes de concreto maciças nas zonas de 1 a 4 bem como da parede com vermiculite nas zonas de 2 a 4, uma vez que o consumo de aquecimento, no geral, se apresentava entre a classe “A” e “B”. Para o desempenho no verão foi possível perceber que o não atendimento dos pré-requisitos nas zonas 1 e 4 para as opções de paredes maciças de concreto, em especial para aquelas com isolamento na cobertura (lã de vidro ou *foil* de alumínio), prejudicou a nota da UH para este período. A variação com EPS apesar de atender todos os pré-requisitos não atingiu um bom desempenho para o verão em razão dos resultados medianos para o GHR nas zonas de 2 a 8. Contudo a boa performance de CA nas zonas de 1 a 4 contribuiu para aumentar a nota final da UH após a ponderação dos diferentes pesos relativos ao desempenho de verão e inverno para as zonas de 1 a 4.

Tabela 29 – Classificação da UH 401 para os diferentes tipos de cobertura nas 8 ZBs na implantação N1, antes e após a aplicação dos pré-requisitos.

N1		Unidade Habitacional 401 - Projeto Original com paredes maciças de concreto e cobertura de laje maciça e telha de fibrocimento																			
Índice / Ambiente	Zona Bioclimática	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
		Sala   S   S		Quarto 1   S   O		Quarto 2   N   O		Iluminação Natural			Ventilação Natural			sistema construtivo		EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Upar	Ucob	vResf	vA				
ZB1	B	A	B	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	C	C	C	
ZB2	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D	
ZB3	D	C	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D	
ZB4	B	A	C	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
ZB5	C	-	D	-	E	-	A	A	A	C	A	A	C	C	D	-	A	D	-	D	
ZB6	D	-	E	-	E	-	A	A	A	C	A	A	C	C	E	-	A	E	-	E	
ZB7	C	-	D	-	D	-	A	A	A	C	A	A	C	C	D	-	A	D	-	D	
ZB8	C	-	D	-	E	-	A	A	A	C	A	A	C	C	D	-	A	D	-	D	

N1		Unidade Habitacional 401 - Projeto Modificado com paredes maciças de concreto e cobertura isolada com lâ de vidro ou foil de alumínio																			
Índice / Ambiente	Zona Bioclimática	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
		Sala   S   S		Quarto 1   S   O		Quarto 2   N   O		Iluminação Natural			Ventilação Natural			sistema construtivo		EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Upar	Ucob	vResf	vA				
ZB1	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
ZB2	D	A	D	A	E	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D	
ZB3	C	B	C	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
ZB4	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
ZB5	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB6	D	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB7	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB8	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	

N1		Unidade Habitacional 401 - Projeto Modificado com paredes de concreto + vermiculite e cobertura isolada com lâ de vidro																			
Índice / Ambiente	Zona Bioclimática	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
		Sala   S   S		Quarto 1   S   O		Quarto 2   N   O		Iluminação Natural			Ventilação Natural			sistema construtivo		EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Upar	Ucob	vResf	vA				
ZB1	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
ZB2	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
ZB3	C	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
ZB4	B	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
ZB5	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB6	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB7	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB8	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	

N1		Unidade Habitacional 401 - Projeto Modificado com paredes de concreto + EPS e cobertura isolada com lâ de vidro																			
Índice / Ambiente	Zona Bioclimática	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
		Sala   S   S		Quarto 1   S   O		Quarto 2   N   O		Iluminação Natural			Ventilação Natural			sistema construtivo		EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Sala	Quarto 1	Quarto 2	Upar	Ucob	vResf	vA				
ZB1	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	B	A	A	B	B	
ZB2	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	B	A	D	B	C	
ZB3	C	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	B	A	C	B	B	
ZB4	C	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	C	A	B	
ZB5	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB6	C	-	C	-	D	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB7	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	
ZB8	C	-	C	-	C	-	A	A	A	A	A	A	C	A	C	-	A	C	-	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv ≥ 4,5) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Em síntese conforme se observa na Tabela 30, avaliando-se a média dos resultados do método prescritivo estabelecido pelo RTQ-R (2012) para as 12 unidades habitacionais testadas, no primeiro, terceiro e último andar, verifica-se valores ligeiramente piores na implantação N2. Nota-se, ademais, que as modificações no projeto original (aumento da área de abertura para ventilação dos ambientes em desconformidade e acréscimo de isolamento na cobertura) possibilitou melhores resultados nas opções de parede maciça de concreto com lâ de vidro e foil de alumínio, especialmente no desempenho de verão das zonas 2, 3, 5, 6 e 8. A inclusão de vermiculite no sistema de vedação vertical trouxe melhores resultados para a condição de verão, especialmente nas zonas 2 e 8. Cabe destacar que na ZB8 foi possível atingir a classe “B” de desempenho médio das UHs, na implantação N1, para as paredes de concreto com vermiculite. Tal situação foi possível

uma vez que não é exigido para esta zona um limite mínimo de capacidade térmica, tendo sido, portanto, atendido todos os pré-requisitos exigidos neste regulamento.

Na implantação N2 como os resultados médios das UHs para o desempenho deste sistema no verão foram ligeiramente piores, o atendimento dos pré-requisitos não influenciou o desempenho médio final. Conforme se observa na Tabela 30, nas zonas de 1 a 7, vale ressaltar que este sistema construtivo cumpre com os requisitos de Upar mas não atende o limite de CT. Assim, o desempenho da envoltória para verão e inverno limita-se a classificação “C”. O sistema de vedação com EPS apresentou os melhores resultados tanto para verão quanto para o inverno, obtendo resultado regular apenas na zona 2 considerando-se a implantação N1 e, nas zonas 2, 3, 5, 6, 7 e 8, considerando-se a implantação N2. Assim, a adoção do sistema de cobertura isolada com manta de lã de vidro associada à uma vedação vertical com baixa transmitância térmica e capacidade térmica acima do limite requerido, como o caso do EPS, pode proporcionar melhores resultados em todas as zonas em comparação com os demais sistemas construtivos. Todavia, nos apartamentos de cobertura este desempenho poderá ser ligeiramente pior do que a média aferida para os outros andares da edificação.

Tabela 30 – Classificação média das UHs para os diferentes sistemas construtivos pelo RTQ-R, considerando os pré-requisitos.

Zona Bioclimática		ZB1		ZB2		ZB3		ZB4		ZB5		ZB6		ZB7		ZB8		Média
Sistema Construtivo	Implantação	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão								
Projeto Original - Parede e laje de concreto maciça com telha de fibrocimento	N1	3,0	3,0	1,6	3,0	2,4	3,0	3,0	3,0	2,5	2,4	2,7	2,5	2,7				2,7
	N2	3,0	3,0	1,4	3,0	2,1	3,0	3,0	3,0	2,3	2,2	2,5	2,3	2,5				2,5
Projeto Modificado - Parede de concreto maciça e cobertura original isolada com lã de vidro ou foil de alumínio	N1	3,0	3,0	2,3	3,0	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	3,0	2,9				2,9
	N2	3,0	3,0	2,0	3,0	2,8	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9				2,9
Projeto Modificado - Parede de concreto com vermiculite e cobertura original isolada com lã de vidro	N1	3,0	3,0	2,5	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,6	3,0				3,0
	N2	3,0	3,0	2,3	3,0	2,8	3,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	3,4	2,9				2,9
Projeto Modificado - Parede de concreto com EPS e cobertura original isolada com lã de vidro	N1	4,9	3,5	2,8	4,4	3,7	4,4	4,4	5,0	3,6	3,8	3,5	3,6	3,8				3,8
	N2	4,9	3,6	2,5	4,5	3,3	4,5	4,1	5,0	3,4	3,3	3,2	3,4	3,6				3,6

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ( $EqNumEnv \geq 4,5$ ) ■ B ( $3,5 \leq EqNumEnv < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq EqNumEnv < 3,5$ ) ■ D ( $1,5 \leq EqNumEnv < 2,5$ ) ■ E ( $EqNumEnv < 1,5$ ).

#### 4.1.2 – Estratégias complementares propostas pela NBR 15.220

Na análise conjunta do método prescritivo dos instrumentos normativos deste estudo verificou-se somente aqueles itens gerais comuns entre eles. Neste caso, as recomendações exclusivas da NBR 15.220 (2005) ficaram de fora desta análise. Todavia,

por se tratar de uma norma que considera as diferenças entre as condições climáticas nacionais bem como, as estratégias construtivas adaptadas para cada região, se mostrou relevante analisar os aspectos complementares desta norma que não haviam sido considerados na análise conjunta apresentada anteriormente. Cabe destacar que as estratégias construtivas indicadas nesta norma são recomendações para melhorar o desempenho térmico das edificações em diferentes localidades climáticas brasileiras. Assim, o seu cumprimento não apresenta caráter compulsório uma vez que estas medidas não são indispensáveis para se determinar um desempenho mínimo. Neste sentido, avaliou-se apenas a facilidade de aplicação e a possibilidade de atendimento de cada uma destas sugestões para o estudo de caso. A Tabela 31 apresenta uma síntese das recomendações construtivas indicadas na NBR 15.220 (2005) para a edificação em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.

Tabela 31 – Desempenho da edificação em face das recomendações para as aberturas, sombreamento e sazonais.

Desempenho	Zonamento									
	Recomendação		ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
Projeto original: paredes maciças de concreto (10cm) e cobertura de laje de concreto (10 cm) e telha de fibrocimento	Aberturas		M	M	M	M	M	M	P	G
	Sombreamento		PSF	PSI	PSI	SA	SA	SA	SA	SA
	Verão		NA*	VC	VC	VS, MTR, RE	VC	VS, MTR, RE	VS, MTR, RE	VCP
	Inverno		VIP ASE	VIP ASE	VIP ASE	VIP ASE	VIP	VIP	NA*	NA*
Desempenho	Zonamento									
Recomendação		ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8	
Projeto Modificado: todas as tipologias (parede maciça com lâ/foil, parede de concreto + vermiculite e parede de concreto + EPS)	Aberturas		M	M	M	M	M	M	P	G
	Sombreamento		PSF	PSI	PSI	SA	SA	SA	SA	SA
	Verão		NA*	VC	VC	VS, MTR, RE	VC	VS, MTR, RE	VS, MTR, RE	VCP
	Inverno		VIP ASE	VIP ASE	VIP ASE	VIP ASE	VIP	VIP	NA*	NA*

Legenda: Desempenho em face da NBR 15.220 - ■ Atende ou ■ Não atende suas recomendações. Aberturas: P – Pequenas (entre 10 a 15% da Área de Piso do Ambiente - Apa), M – Médias (entre 15 a 25% Apa), G – Grandes (>40% Apa); Sombreamento: PSF – Permitir do Sol no Frio, PSI – Permitir do Sol no Inverno, SA – Sombrear as Aberturas; Verão: VC – Ventilação Cruzada, VCP – Ventilação Cruzada Permanente, VS – Ventilação Seletiva, MTR - Massa térmica para Resfriamento e RE – Resfriamento Evaporativo; Inverno: ASE - Aquecimento Solar da Edificação, VIP – Vedação Interna Pesada. \*NA – Não se aplica.

Em relação às aberturas, conforme de observa na Tabela 31, o tamanho das janelas do projeto original não atenderia os limites mínimos para nenhuma zona bioclimática. Já o projeto modificado, independentemente do sistema construtivo, possibilitaria ventilação natural adequada apenas na ZB7. Nas zonas de 1 a 7 tal limite seria atendido somente para a sala já que as janelas dos dormitórios se apresentam inadequadas para este parâmetro. Verifica-se, portanto, a necessidade de aumentar o tamanho das aberturas. Contudo, para a ZB8, dado o limite de 40% em relação ao piso, a inserção de aberturas grandes se mostra de difícil cumprimento, especialmente para a sala que possui apenas uma parede externa. Assim, a área de fachada disponível para as janelas deveria ser quase que integralmente passível de abertura. Os quartos possuem duas paredes externas

possibilitando, portanto, a inserção das aberturas em fachadas diferentes, de modo a totalizar a recomendação de grandes aberturas.

Na Tabela 31 verifica-se que a estratégia de admissão do sol no frio na ZB1, especialmente no período noturno e início da manhã e, também, durante o inverno das zonas bioclimáticas 2 e 3, não ocorre para todos os ambientes da unidade habitacional. Como a edificação dispõe de 4 UHs por andar, com diferentes orientações, em alguns ambientes esta recomendação não foi atingida. Independentemente da implantação, N1 ou 2, alguns ambientes irão dispor de incidência solar reduzida, em razão do auto sombreamento da edificação sobre estes cômodos voltados para parte central do “H” (caixa de circulação e escada), em alguns períodos no ano, conforme apresentado na Tabela 18 (Vide pg. 85 deste estudo), referente às máscaras de sombreamento das aberturas. Destaca-se, neste caso que apenas os quartos voltados para o Norte da implantação N1, bem como aqueles voltados para Oeste ou Leste, implantados na variação N2, permitiram a realização de tal estratégia. Contudo, considerando-se todos os ambientes de permanência prolongada (sala e quartos) esta estratégia não seria atendida seja para o projeto original quanto para os protótipos modificados uma vez que não houve mudança neste quesito para a edificação. Assim, o cumprimento desta recomendação por ambiente se mostra impossível para uma edificação com quatro apartamentos por andar em diferentes orientações.

Nas zonas de 4 a 8, os ambientes de permanência prolongada precisam dispor de proteção solar para evitar o excesso de radiação nas aberturas, independentemente da orientação. Neste contexto, o projeto original não atende completamente este requisito uma vez que dispõe somente do auto sombreamento da própria edificação sobre as aberturas do quarto 1 e sala restando o quarto 2 sem qualquer dispositivo de proteção solar. No projeto modificado foram incluídas venezianas de alumínio nos dois quartos, fato que contribuiu para a proteção das aberturas e cumprimento desta estratégia para todas as unidades habitacionais.

Quanto às estratégias sazonais, a ventilação cruzada, seletiva e cruzada permanente pode ser adotada em todas as zonas que apresentam tais recomendações tanto para o projeto original quanto para o modificado. Por outro lado, nas zonas 4, 6 e 7, juntamente com a recomendação de ventilação, tem-se outras duas estratégias conjuntas. A recomendação

de resfriamento evaporativo pode ser seguida por meio de adoção de áreas gramadas e/ou jardins no restante do loteamento em que a edificação foi implantada. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) indicam que a evapotranspiração da massa vegetada pode reduzir a temperatura e aumentar a umidade relativa do ar, especialmente nos períodos quentes e secos, contribuindo para refrescar e umidificar a brisa que irá adentrar os ambientes, desde que a temperatura de bulbo úmido e seco máximas não excedam 24°C e 44°, respectivamente.

Roaf, Fuentes e Thomas (2014) indicam os tijolos, concreto e a taipa de pilão como opções de sistemas construtivos para aproveitamento da inércia térmica. Assim, no que tange a segunda estratégia conjunta com a ventilação noturna, pode-se citar o uso da massa térmica para resfriamento. Para pôr em prática tal recomendação deve-se selecionar materiais com elevado poder de armazenamento de calor, possível pela combinação da sua densidade de massa aparente ( $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>), espessura de sua camada ( $e$ , em metros) e calor específico ( $c$ , kJ/kg/K). A massa térmica das edificações pode estar presente nas paredes externas ou internas, pisos e/ou coberturas, desde que constituídos de material com elevada capacidade térmica. Neste sentido a NBR 15.220 (2005) pontua que as:

Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem (ABNT, 2005).

Desta forma, desde que se evite a ventilação diurna, a adoção de materiais construtivos de elevada massa térmica possibilita armazenar calor ao longo do dia transferindo-o para o interior da edificação com um tempo de atraso que pode coincidir com o momento em que as temperaturas externas se encontram mais baixas e a ventilação natural se mostra favorável para retirada do calor acumulado pelo edifício (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014; PAPST, 1999). Contudo a NBR 15.220 (2005) não especifica as características do sistema para o aproveitamento da massa térmica para resfriamento. Por outro lado, para o aproveitamento da massa térmica para aquecimento no período de inverno indica o uso de vedação interna pesada. Neste sentido, adotou-se como referência os valores estabelecidos nesta norma para os sistemas de vedação pesados para paredes e coberturas.

Considerando os sistemas pesados para aproveitamento da massa térmica para resfriamento o concreto utilizado nos sistemas de vedação deste estudo de caso apresenta potencial para aproveitamento desta estratégia, associada à ventilação noturna. Contudo, conforme se observa na Tabela 32, caso sejam consideradas as paredes externas para fechamentos laterais, desde que estejam sombreadas, preferencialmente sem aberturas, ou mesmo aquelas internas, o sistema de vedação vertical em concreto maciço deveria se apresentar com 50 cm de espessura para seguir a recomendação da NBR 15.220 (2005). Já o sistema de vedação horizontal para pisos e coberturas deveria se apresentar com 14 cm de laje maciça de concreto. Nota-se, portanto, que os sistemas de vedação da edificação deverão ser muito mais espessos do que se apresentam originalmente no projeto avaliado neste estudo de caso. Assim, as paredes de concreto maciças devem ser moldadas, neste caso, 5 vezes mais grossas, fato que impactaria significativamente no custo global da edificação. Vale lembrar que Frota e Schiffer (2001) ponderam que nos climas quentes e úmidos as edificações não devem possuir uma inércia térmica muito elevada uma vez que o uso desta estratégia em localidades com este clima poderá gerar um calor interno excessivo prejudicando o resfriamento da edificação no período noturno quando as temperaturas externas se apresentam mais baixas do que aquelas internas. Neste sentido recomenda, no geral, o uso de materiais com inércia térmica média com isolamento ou câmara de ar ventilada na cobertura para impedir que a radiação solar incidente potencialize o armazenamento e transferência deste calor acumulado ao longo do dia. Tais recomendações apontam no mesmo sentido da NBR 15.220 (2005) que não indica o uso desta estratégia para a zona bioclimática 8.

Tabela 32 – Características do sistema construtivo para aproveitamento da inércia térmica.

Sistema Construtivo Pesado de vedação vertical e horizontal	Características				
	U (W/m <sup>2</sup> .K)	φ (horas)	FS <sub>o</sub> (%)	α	CT (kJ/m <sup>2</sup> .K)
Parede maciça de concreto (50 cm)	2,19	11,21	3,51	0,40	1200,00
Laje maciça de concreto (14cm)	2,00	6,49	3,20	0,40	336,00

Legenda: U - Transmitância térmica; φ - Atraso térmico; FS<sub>o</sub> - Fator Solar dos elementos opacos; α - absorvância à radiação solar das superfícies e CT - Capacidade Térmica. Fonte: ABNT, 2005.

No inverno, é possível notar na Tabela 31 que nas zonas de 1 a 6, a indicação de vedação interna pesada não foi cumprida para nenhuma opção construtiva uma vez que as paredes internas são compostas por concreto maciço com 10 cm de espessura. A recomendação do aquecimento solar passivo da edificação para as ZBs de 1 a 4, também não foi atendida para ambos os projetos uma vez que a incidência de radiação solar direta nos ambientes

da UH pelas janelas foi prejudicada pelo auto sombreamento da própria edificação sobre si (Vide máscaras de sombreamento apresentadas na Tabela 18, pg. 85).

No que tange à recomendação para os sistemas de vedação vertical, conforme se observa na Tabela 33, a parede maciça composta por concreto não atendeu o limite de transmitância térmica para nenhuma ZB. Já as opções mais isoladas (concreto + vermiculite e concreto + EPS) atenderam os requisitos de transmitância térmica (U) para todos os sistemas (Leve, Leve Refletor e Pesado). Por outro lado, esta norma indica limites mínimos de atraso térmico e fator solar para os sistemas de vedação vertical e horizontal da envoltória. Assim, as opções de paredes maciças bem como aquela composta com vermiculite atendem os parâmetros de atraso térmico referente aos sistemas leve e leve refletor uma vez que não existe um limite mínimo, mas apenas um valor de referência máximo. Já parede com EPS precisaria atingir o valor menor ou igual a 4,3 horas para os sistemas leves e para o sistema pesado deveria apresentar valor maior ou igual a 6,5 horas, condição que não ocorreu para nenhum dos casos. Em relação ao fator solar indicado, apenas as paredes maciças não atendem ao quesito estabelecido para os sistemas de vedação vertical.

Tabela 33 – Transmitância térmica, Atraso térmico e Fator Solar das paredes.

Sistema de vedação vertical (paredes)	Desempenho da edificação			Cumprimento das recomendações		
	U (W/m <sup>2</sup> .K)	φ (horas)	FS <sub>o</sub> (%)	L (ZB1 e 2)	LR (ZB3, 5 e 8)	P (ZB4, 6 e 7)
Maciça de concreto com (10 cm)	4,40	1,90	7,04			
Concreto + vermiculite (10 cm)	2,03	0,61	3,25			
Dupla camada de concreto (4 cm) + EPS (2cm)	1,40	4,78	2,24			

Legenda: Desempenho em face das recomendações da NBR 15.220 - ■ Atende ou ■ Não atende suas recomendações. Sistemas de parede: L – Leve ( $U \leq 3,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$   $\phi \leq 4,3 \text{ h}$   $\text{FS}_o \leq 5,0\%$ ), LR – Leve Refletora ( $U \leq 3,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$   $\phi \leq 4,3 \text{ h}$   $\text{FS}_o \leq 4,0\%$ ), P – Pesada ( $U \leq 2,2 \text{ W/m}^2.\text{K}$   $\phi \geq 6,5 \text{ h}$   $\text{FS}_o \leq 3,5\%$ ).

Quanto à cobertura, conforme se observa na Tabela 34, o projeto original composto por laje maciça e telha de fibrocimento atendeu somente o limite indicado para a transmitância térmica na ZB8, referente ao sistema leve e refletor, que apresenta um valor máximo de 2,3W/m<sup>2</sup>.K, ligeiramente superior em comparação com as demais zonas e sistemas. Cabe destacar que a NBR 15.220 não vincula limites de absorvância para os requisitos de U. Neste caso, não faria diferença se a cobertura se apresentasse, portanto, em cor clara. As coberturas com isolamento compostas por lã de vidro ou *foil* de alumínio cumprem somente os limites para o sistema pesado, estabelecido para a ZB7. Nenhuma das opções construtivas atendeu a prescrição para o atraso térmico máximo dos sistemas

leves de 3,3 horas. A cobertura padrão, sem isolamento foi a única que não atendeu os parâmetros estabelecidos para nenhuma zona bioclimática brasileira. Seu valor de transmitância térmica está compreendido no limite indicado para o sistema leve e refletor. Porém, seu fator solar e atraso térmico apresentam-se acima do recomendado.

Tabela 34 – Transmitância térmica, Atraso térmico e Fator Solar das coberturas.

Sistema de vedação horizontal (cobertura)	Desempenho da edificação			Cumprimento das recomendações		
	U (W/m².K)	φ (horas)	FS <sub>o</sub> (%)	LI (ZB1 a 6)	LR (ZB8)	P (ZB7)
Padrão: telha de fibrocimento + câmara de ar + laje maciça	2,07	5,32	6,62			
Padrão com <i>foil</i> de alumínio	1,13	8,40	3,62			
Padrão com manta de lã de vidro (63,5 mm)	0,53	13,41	1,69			

Legenda: Desempenho em face das recomendações da NBR 15.220 - ■ Atende ou ■ Não atende suas recomendações. Sistemas de cobertura: LI – Leve Isolada ( $U \leq 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$   $\phi \leq 3,3 \text{ h}$   $FS_o \leq 6,5\%$ ), LR – Leve Refletora ( $U \leq 2,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .  $FT \phi \leq 3,3 \text{ h}$   $FS_o \leq 6,5\%$ ), P – Pesada ( $U \leq 2,0 \text{ W/m}^2.\text{K}$   $\phi \geq 6,5 \text{ h}$   $FS_o \leq 6,5\%$ ).

De modo geral, conforme se observa na Tabela 35, a única opção de parede que atende à todos os requisitos da NBR 15.220 (2005) foi aquela com vermiculite. Todavia, por ser um sistema leve poderia ser utilizado somente nas zonas 1, 2, 3, 5 e 8. Para as zonas 4, 6 e 7, de acordo com esta norma, deveria ser proposto um sistema pesado, com maior atraso térmico. Quanto à cobertura apenas os sistemas isolados com *foil* de alumínio ou lã de vidro atendem as recomendações desta norma para a ZB7. Contudo, por ser um sistema pesado, poderia ser utilizado somente nesta zona bioclimática. Nas demais zonas deveria ser adotado um sistema leve, com menor atraso térmico, conforme recomendações desta norma.

Tabela 35 – Desempenho dos sistemas de vedação da edificação.

Desempenho	Recomendação	Zoneamento	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
Projeto original: paredes maciças de concreto e cobertura de laje de concreto e telha de fibrocimento	Paredes Externas		L	L	LR	P	LR	P	P	LR
	Coberturas		LI	LI	LI	LI	LI	LI	P	LR
Projeto Modificado: paredes maciças de concreto, cobertura de laje de concreto, telha de fibrocimento e lã de vidro	Paredes Externas		L	L	LR	P	LR	P	P	LR
	Coberturas		LI	LI	LI	LI	LI	LI	P	LR
Projeto Modificado: paredes maciças de concreto, cobertura de laje de concreto, telha de fibrocimento e <i>foil</i>	Paredes Externas		L	L	LR	P	LR	P	P	LR
	Coberturas		LI	LI	LI	LI	LI	LI	P	LR
Projeto Modificado: paredes maciças de concreto com vermiculite, laje de concreto, telha de fibrocimento e lã de vidro	Paredes Externas		L	L	LR	P	LR	P	P	LR
	Coberturas		LI	LI	LI	LI	LI	LI	P	LR
Projeto Modificado: paredes maciças de concreto + EPS, laje de concreto, telha de fibrocimento e lã de vidro	Paredes Externas		L	L	LR	P	LR	P	P	LR
	Coberturas		LI	LI	LI	LI	LI	LI	P	LR

Legenda: Desempenho em face das recomendações da NBR 15.220 - ■ Atende ou ■ Não atende suas recomendações. Sistemas de parede e coberturas: L – Leve, LR – Leve Refletora, P- Pesada, LI – Leve Isolada (apenas para cobertura).

Nota-se, ademais, que ajustes na composição dos sistemas de vedação vertical e horizontal testados neste estudo de caso contribuiriam para o atendimento das

recomendações desta norma. Neste sentido, cumpre destacar que o aumento na espessura das paredes compostas por concreto e vermiculite não possibilitaria seu atendimento para as recomendações da NBR 15.220 (2005) relativas ao sistema pesado uma vez que se apresenta em uma única camada não atingindo atraso térmico suficiente para tal. Por outro lado, por se tratar de um sistema leve pode ser utilizado nas zonas 1, 2, 3, 5 e 8. Conforme se observa na Tabela 36, alterações no protótipo modificado com EPS poderia fazer com que este sistema fosse adotado em todo o Brasil, considerando as recomendações desta norma. Assim, a redução em 1,2 cm em sua placa de EPS, poderia ser uma alternativa ao sistema leve com vermiculite nas zonas 1, 2, 3, 5 e 8. Para as zonas 4, 6 e 7, o acréscimo de 2 cm na placa de EPS deste protótipo, possibilitaria o atendimento das recomendações para o sistema pesado.

Tabela 36 – Opção para variação do sistema de vedação vertical.

Sistema de vedação vertical (paredes)	Desempenho da edificação			Cumprimento das recomendações		
	U (W/m².K)	φ (horas)	FS <sub>o</sub> (%)	L (ZB1 e 2)	LR (ZB3, 5 e 8)	P (ZB4, 6 e 7)
Parede maciça com camada de concreto externa (4 cm, α=0.4) + EPS (8 mm) camada de concreto interna (4 cm)	2,41	4,25	3,85			
Parede maciça com camada de concreto externa (4 cm, α=0.4) + EPS (4 cm) camada de concreto interna (4 cm)	0,82	6,65	1,32			

Legenda: Desempenho em face das recomendações da NBR 15.220 -  Atende ou  Não atende suas recomendações. Sistemas de parede: L – Leve, LR – Leve Refletora, P- Pesada, LI – Leve Isolada.

Em relação a vedação horizontal, a cobertura pesada, composta por laje maciça de concreto (10 cm), câmara de ar, telha de fibrocimento (6 mm) e isolamento por *foil* de alumínio ou lã de vidro poderia ser adotada somente na zona 7 (Vide Tabela 34). Conforme se observa na Tabela 37, caso seja removida a laje maciça do sistema de cobertura sendo substituída por um forro de Policloreto de Vinila (PVC) de 8 mm, ambas as opções de isolamento com *foil* de alumínio ou lã de vidro poderiam ser utilizadas nas demais zonas bioclimáticas brasileiras, de acordo com os valores limite recomendados pela NBR 15.220 (2005). Contudo, no caso do protótipo com lã de vidro seria necessária uma redução em sua espessura original de 63,5 mm para 50 mm para que pudesse atender o atraso térmico máximo solicitado. O sistema composto pelas telhas de fibrocimento, câmara de ar e forro de PVC, sem adição de isolamento térmico, não seria suficiente para atender o limite máximo de U para a ZB1 a 6 além de ultrapassar o fator solar recomendado. Por outro lado, caso a telha de fibrocimento fosse pintada na cor branca ( $\alpha = 0,20$ ) passaria a atender os limites indicados desta norma para as zonas de 1 a 6. Para cumprir o requisito do sistema leve e refletor na ZB8, o sistema composto por telha de fibrocimento, câmara de ar e forro de PVC poderia manter a sua cor original ( $\alpha = 0,80$ )

desde que o forro fosse utilizado com uma camada dupla (16 mm). Tal composição não atenderia somente o limite do sistema pesado estabelecido para a ZB7.

Tabela 37 – Opção para variação do sistema de vedação horizontal.

Sistema de vedação horizontal (cobertura)	Desempenho da edificação			Cumprimento das recomendações		
	U (W/m².K)	$\phi$ (horas)	FSo (%)	LI (ZB1 a 6)	LR (ZB8)	P (ZB7)
Telha de fibrocimento (6 mm, $\alpha=0.8$ ) + foil de alumínio + câmara de ar (sem laje maciça) + forro PVC (8 mm)	1,15	2,00	3,69	■	■	■
Telha de fibrocimento (6 mm, $\alpha=0.8$ ) + câmara de ar + lâ de vidro (50 mm) (sem laje maciça) + forro PVC (8 mm)	0,73	2,97	2,34	■	■	■
Telha de fibrocimento (6 mm, $\alpha=0.2$ ) + câmara de ar + forro de PVC (8 mm)	2,14	2,12	1,72	■	■	■
Telha de fibrocimento (6 mm, $\alpha=0.8$ ) + câmara de ar + forro de PVC duplo (16 mm)	1,98	2,41	6,32	■	■	■

Legenda: Desempenho em face das recomendações da NBR 15.220 - ■ Atende ou ■ Não atende suas recomendações. Sistemas de cobertura: LI – Leve Isolada, LR – Leve Refletora, P- Pesada. Verifica-se, em suma, que a NBR 15.220 (2005) considera alternativas passivas para suas prescrições. Neste sentido, tais recomendações podem ser úteis para auxiliar a seleção de estratégias e sistemas construtivos adequados para o projeto de edificações habitacionais nas diferentes condições climáticas brasileiras.

## 4.2 – Resultados do método de simulação computacional

Analisando-se os resultados das simulações computacionais para as cidades selecionadas pela NBR 15.575 (2013) nota-se que a orientação dos ambientes teve influência no ganho de calor pela envoltória. Verifica-se que os ambientes com paredes opacas ou aberturas voltadas para a direção Leste e/ou Oeste obtiveram pior desempenho em comparação com as demais orientações. Verifica-se, de modo geral, melhores resultados na implantação N1 em comparação com a N2. Por outro lado, a variação do posicionamento das aberturas não possibilitou modificações nas temperaturas internas do ar uma vez que esta norma estabelece um número fixo de renovação do volume do ar por hora não permitindo, portanto, a análise da influência da ventilação natural propiciada pela velocidade e direção do vento informada no arquivo climático. Nota-se, também, que os ambientes dos apartamentos no terceiro e quarto andar apresentaram pior desempenho em relação àqueles do primeiro pavimento, sendo que para o pavimento de cobertura (4º andar) os resultados foram os piores de todo o edifício. Os resultados foram sintetizados em forma de tabela para as condições de ventilação estabelecidas para verão e inverno em relação à taxa de renovação do ar, destacando-se a orientação dos três ambientes (sala de estar, quarto 1 e 2). O desempenho da Unidade Habitacional (UH) foi testado para os quatro

apartamentos, nos três pavimentos selecionados (térreo, terceiro e o pavimento de cobertura no quarto andar), para os cinco sistemas construtivos, nas duas opções de implantação: N1 e 2. A seguir foi apresentada uma síntese para a zona bioclimática 1 e 8, os demais resultados para as outras zonas foram dispostos no Apêndice C. Os resultados encontrados se aplicam somente ao caso estudado, podendo apresentar diferenças em outras localidades.

Na cidade de Campos do Jordão - SP (ZB1) observa-se na Tabela 38 que o aumento do número de renovações do ar por hora contribuiu para a piorar o padrão de atendimento de todos os sistemas construtivos para o dia típico de verão do método de simulação computacional estabelecido na NBR 15.575. Nota-se, ademais, que o acréscimo do sombreamento das aberturas proporcionou melhor performance em relação às unidades sem este sistema. De modo geral, a condição de uma renovação do volume do ar por hora (1 ren/h) com adoção de veneziana para sombreamento apresentou os melhores resultados sendo que os ambientes de permanência prolongada da UHs foram classificados para esta condição no verão para a implantação N1 da seguinte forma: 1) unidades do primeiro andar: 100% no nível superior para o projeto original e para as paredes de concreto com vermiculite e EPS; 83% e 17% no nível superior e intermediário, respectivamente, para as paredes de concreto maciças com isolamento da cobertura por lã de vidro ou *foil* de alumínio; 2) unidades do terceiro andar: 100% no nível intermediário para todos os sistemas construtivos; 3) unidades de cobertura: 67% e 33% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, para o projeto original e 100% no nível intermediário para os demais sistemas construtivos. Nota-se, os ambientes situados no terceiro e quarto pavimento não obtiveram o atendimento do nível superior em nenhuma das opções de implantação (N1 e 2). Cabe destacar que a temperatura do ar máxima externa obtida para o dia típico de verão foi de 26,3°C, encontrando-se, portanto, abaixo do limite superior de conforto térmico proposto pela ASHRAE 55/2010, para os usuários com 80% de aceitação (Vide Apêndice F). Neste sentido, todos os sistemas construtivos conseguiram apresentar as condições mínimas estabelecidas para conforto térmico dos usuários de acordo com o limite da ASHRAE 55/2010.

Tabela 38 – Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Campos do Jordão - SP.

ZB1 - VERÃO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lâ de vidro							
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2			
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2		
1 renovação/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	1 renovação/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
301		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
302		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
303		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
304		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
401		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
402		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
403		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
404		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
5 renovações/hora		101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	5 renovações/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
301		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
302		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
303		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
304		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
401		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
402		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
403		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
404		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	

Legenda: Desempenho da UH em face das exigências da NBR 15.575 para o verão - ■ Não atende ao limite mínimo (Ti máx. > 26,3°C) □ Atende ao limite Mínimo (Ti máx. ≤ 26,3°C); ■ Intermediário (Ti máx. ≤ 24,3°C); ■ Superior (Ti máx. ≤ 22,3°C). Foram indicadas pelas siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Quanto às simulações computacionais para o dia típico de inverno de Campos do Jordão - SP, nota-se na Tabela 39 que a exigência superior da NBR 15.575 foi atendida de forma significativa para todos os sistemas construtivos. De modo geral, a condição de uma renovação do volume do ar por hora (1 ren/h) sem adoção de veneziana para sombreamento apresentou os melhores resultados sendo que os ambientes de permanência prolongada das UHs na implantação N1 foram classificados para esta condição no inverno da seguinte forma: 1) unidades do primeiro andar: 100% no nível superior para as paredes de concreto com EPS; 92% e 8% no nível superior e

intermediário, respectivamente, para os demais sistemas construtivos; 2) unidades do terceiro andar: 100% no nível superior para as paredes de concreto com EPS e 83% e 17% no nível superior e intermediário, respectivamente, para os demais sistemas construtivos; 3) unidades de cobertura: 92% e 8% no nível superior e intermediário, respectivamente, para as paredes de concreto com EPS e 67% e 33% no nível superior e intermediário, respectivamente, para os demais sistemas construtivos. Verifica-se, na generalidade dos casos, que a inserção de sombreamento não prejudicou, de forma significativa, o desempenho térmico da edificação. O atendimento do requisito normativo da temperatura do ar mínima interna acrescida de 3°C da mínima externa não garante conforto térmico ao usuário uma vez que a temperatura do ar externa mínima foi de 2,8°C. Assim, a exigência mínima da norma pode ser atendida mesmo as temperaturas internas do ambiente se encontrando abaixo do limite inferior de conforto proposto pela ASHRAE 55/2010 (Vide Apêndice F). Neste caso, o usuário estaria em desconforto por frio, gerando, portanto, a necessidade de aquecimento artificial.

Tabela 39 – Desempenho térmico da UH nas condições de inverno de Campos do Jordão - SP.

ZB1 – INVERNO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com <i>façã</i> de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lâ de vidro						
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	
1 renovação/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
1 renovação/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN

Legenda: Desempenho da UH em face das exigências da NBR 15.575 para o inverno - ■ Não atende ao limite mínimo (Ti máx. < 6,0°C) □ Atende ao limite Mínimo (Ti mín. ≥ 6,0°C); ■ Intermediário (Ti mín. ≥ 8,0°C); ■ Superior (Ti mín. ≥ 10,0°C). Foram indicadas pelas siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Na cidade de Manaus - AM (ZB8) observa-se na Tabela 40 que o aumento do número de renovações do ar por hora contribuiu para melhorar o padrão de atendimento de todos os sistemas construtivos para o dia típico de verão do método de simulação computacional

estabelecido na NBR 15.575, exceto para os ambientes situados no primeiro pavimento de todos os sistemas bem como aqueles situados no terceiro e quarto pavimento, estruturados pelas paredes de concreto com EPS. Nota-se, ademais, que o acréscimo do sombreamento proporcionou melhor performance em relação às unidades sem este sistema.

De modo geral, a condição de cinco renovações do volume do ar por hora (5 ren/h) com adoção de veneziana para sombreamento na implantação N1 apresentou os melhores resultados sendo que os ambientes de permanência prolongada das UHs foram classificados para esta condição no verão da seguinte forma: 1) unidades do primeiro andar: 100% no nível intermediário para as paredes de concreto com EPS, 83% e 17% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, para os demais sistemas construtivos; 2) unidades do terceiro andar: 83% e 17% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, para as paredes de concreto com EPS, 33% e 67% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, as paredes de concreto maciças com isolamento da cobertura por lã de vidro ou *foil* de alumínio e para as paredes de concreto com vermiculite e 25% e 75% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, para o projeto original; 3) unidades de cobertura: 75% e 25% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, para as paredes de concreto com EPS, 42% e 58% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, as paredes de concreto com vermiculite, 33% e 67% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, as paredes de concreto maciças com isolamento da cobertura por lã de vidro, 16% e 84% no nível intermediário e mínimo, respectivamente, as paredes de concreto maciças com isolamento da cobertura por *foil* de alumínio e 100% no nível mínimo para o projeto original.

Nota-se, em especial que a condição de 1 ren/h sem veneziana na implantação N2 não possibilitou o atendimento do desempenho mínimo de vários ambientes no terceiro e quarto pavimento, para todos os sistemas construtivos à exceção da opção de paredes de concreto com EPS. Assim, os ambientes de permanência prolongada das UHs nestes pavimentos foram classificados para esta condição no verão da seguinte forma: 1) unidades do terceiro andar: 25% e 75% em desconformidade e nível mínimo, respectivamente, para o projeto original e para as paredes de concreto maciças com isolamento da cobertura por lã de vidro ou *foil* de alumínio e 17% e 83% em desconformidade e nível mínimo, respectivamente, para as paredes de concreto com

vermiculite; 2) unidades de cobertura: 50% e 50% em desconformidade e nível mínimo, respectivamente, para o projeto original, 33% e 67% em desconformidade e nível mínimo, respectivamente, para as paredes de concreto maciças com isolamento da cobertura por *foil* de alumínio, 25% e 75% em desconformidade e nível mínimo, respectivamente, para as paredes de concreto com vermiculite e 17% e 83% em desconformidade e nível mínimo, respectivamente, para as paredes de concreto maciças com isolamento da cobertura por lã de vidro. Nota-se, neste contexto, que para alguns ambientes situados no terceiro e quarto andar somente foi possível atender as condições mínimas de desempenho estabelecidas nesta norma após o aumento da taxa de renovação do volume do ar e/ou acréscimo de veneziana para sombreamento das aberturas. Deste modo, apenas a condição de 5 ren/h com veneziana possibilitou que todos os ambientes de permanência prolongada de todos os sistemas construtivos apresentassem as condições mínimas exigidas nesta norma. Cabe destacar que a temperatura do ar máxima externa obtida para o dia típico de verão foi de 35,3°C, encontrando-se, portanto, acima do limite superior de conforto proposto pela ASHRAE 55/2010 (Vide Apêndice F).

Tabela 40 – Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Manaus - AM.

ZBB - VERÃO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lã de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com <i>foil</i> de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lã de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lã de vidro							
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2			
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2		
1 renovação/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	1 renovação/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
301		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
302		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
303		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
304		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
401		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
402		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
403		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
404		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	

ZB8 - VERÃO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com <i>foil</i> de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lâ de vidro						
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	
5 renovações/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
5 renovações/hora + veneziana	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
5 renovações/hora + veneziana	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN

Legenda: Desempenho da UH em face das exigências da NBR 15.575 para o verão - ■ Não atende ao limite mínimo (Ti máx. > 35,3°C) □ Atende ao limite Mínimo (Ti máx. ≤ 35,3°C); ■ Intermediário (Ti máx. ≤ 34,3°C); ■ Superior (Ti máx. ≤ 33,3°C e Ti mín ≤ 28,4). Foram indicadas pelas siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Sintetizando em percentual a média de atendimento dos limites da NBR 15.575 (2013) para os ambientes de permanência prolongada das 12 UHs analisadas para o primeiro, terceiro e quarto pavimento, na implantação N1 e 2, no dia típico de verão para o método de simulação computacional é possível observar na Tabela 41 que tanto a opção com EPS quanto aquela com isolamento por *foil* de alumínio na cobertura atenderam ao limite mínimo exigido para todas as condições de renovação do ar em todas as cidades testadas nas diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. Neste caso com apenas 1 ren/h já seria possível comprovar o atendimento do desempenho mínimo de todos os ambientes de permanência prolongada para estes sistemas construtivos nos três pavimentos testados. Por outro lado, para estes sistemas construtivos, verificou-se melhoria no atendimento do nível de desempenho médio dos ambientes com o aumento da taxa de renovação do volume do ar por hora apenas na ZB8. Nos demais protótipos aproximadamente 3% dos ambientes de permanência prolongada não atenderam aos limites mínimos de temperatura para a condição de 1 ren/h e 1 ren/h com veneziana para a ZB8. Destaca-se, em especial, o projeto original que atingiu 7% de desconformidade na condição de 1 ren/h, o maior valor em comparação com os demais sistemas construtivos. Para 5 ren/h foi possível

atender as condições mínimas de desempenho térmico de todos os sistemas construtivos para todas as cidades testadas nas diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.

O isolamento da cobertura por lã de vidro ou *foil* de alumínio contribuiu para elevar o percentual de atendimento nas condições intermediária e superior das opções de paredes maciças de concreto. O sistema composto por concreto com vermiculite, no geral, apresentou pior desempenho térmico do que aquela somente de concreto com o mesmo isolamento na cobertura, exceto na zona 3 e 8 para algumas condições de ventilação. Neste sentido nota-se que as opções de 1 ren/h na ZB3 e 8, 1ren/h com veneziana na ZB3 e, 5 ren/h com veneziana na ZB8, apresentaram resultados melhores as paredes com vermiculite em comparação com àquelas somente de concreto com isolamento de lã de vidro na cobertura. O isolamento da cobertura por *foil* de alumínio da edificação estruturada por paredes maciças de concreto em comparação com o mesmo protótipo de paredes com cobertura composta por lã de vidro apresentou desempenho térmico ligeiramente inferior em face dos limites da NBR 15.575 (2013), à exceção da zona bioclimática 8.

As paredes de concreto com EPS obtiveram melhor desempenho se comparada com os demais sistemas construtivos, exceto na ZB2 e 8, que apresentou desempenho semelhante à opção de paredes maciças de concreto com cobertura isolada por *foil* de alumínio. Grosso modo, os resultados de desempenho térmico mais ínfimos foram observados nas zonas 3 e 8, para todos os sistemas construtivos e condições de ventilação. Nota-se piores resultados para a condição de 5 ren/h com ou sem veneziana, especialmente para a ZB5. Por outro lado, para a ZB3 nota-se que o aumento da taxa de renovação do ar contribuiu para a melhoria do desempenho dos ambientes em todos os protótipos testados.

O aumento da taxa de renovação do ar por hora contribuiu, em alguns casos, para melhorar o desempenho térmico nos ambientes na condição mínima, mas por outro lado diminuiu o percentual de atendimento nas condições superiores em todos os sistemas construtivos e zonas, exceto para a condição de 5 ren/h na ZB8 para as paredes de concreto maciças com lã de vidro na cobertura. Por fim, o uso de sombreamento nas aberturas dos quartos se mostrou eficaz na melhoria do desempenho térmico em todas as condições e sistemas construtivos.

Tabela 41 – Desempenho médio dos ambientes das UHs nas condições de verão.

Atendimento em %	Projeto Original				Parede de concreto + lâ (cobertura)				Parede de concreto + foil (cobertura)				Parede de Concreto + vermiculite e lâ (cob.)				Parede de Concreto + EPS e lâ (cobertura)				
	N	M	I	S	N	M	I	S	N	M	I	S	N	M	I	S	N	M	I	S	
1 Ren/h	ZB1		4	81	15			78	22		7	82	11		17	71	12			72	28
	ZB2		18	53	29		1	65	34		3	64	33		19	49	32		3	64	33
	ZB3		50	31	19		40	46	14		43	40	17		33	50	17		21	46	33
	ZB4		21	47	32		11	54	35		14	54	32		14	47	39		1	58	40
	ZB5		31	43	26		7	65	28		13	57	31		19	50	31			67	33
	ZB6		28	43	29		11	60	29		17	54	29		17	51	32		3	64	33
	ZB7		19	47	33		7	53	40		11	51	38		10	49	42			39	61
	ZB8	7	39	22	32	1	51	35	13		31	7	62	2	30	31	37		31	7	62
1 Ren/h + veneziana	ZB1			81	19			72	28			88	13			83	17			71	29
	ZB2		7	60	33			61	39			63	38			67	33			63	38
	ZB3		47	39	14		29	46	25		36	50	14		21	53	26			64	36
	ZB4		6	61	33		1	60	39		4	61	35			61	39			64	36
	ZB5		14	53	33			72	28			72	28		1	67	32			67	33
	ZB6		17	54	29		1	69	29		8	63	29		6	61	33			67	33
	ZB7		8	56	36		1	57	42		3	57	40			56	44			35	65
	ZB8	1	56	29	14		19	67	14		15	55	30		40	40	20		14	55	31
5 Ren/h	ZB1		22	71	7		24	69	7		25	74	1		36	63	1		15	75	10
	ZB2		29	53	18		17	65	18		12	64	24		22	56	22		13	63	25
	ZB3		35	47	18		19	63	18		25	57	18		26	56	18		11	65	24
	ZB4		22	58	19		17	64	19		20	54	26		17	60	24		6	67	28
	ZB5		35	47	18		19	63	18		25	57	18		26	56	18		11	65	24
	ZB6		28	51	21		18	61	21		21	58	21		17	61	22		8	67	25
	ZB7		28	54	18		18	64	18		19	64	17		18	58	24		6	62	32
	ZB8		60	30	10		32	39	29		26	55	19		51	38	11		25	57	18
5 Ren/h + veneziana	ZB1		22	71	7		17	76	7		23	74	3		22	75	3		11	78	11
	ZB2		22	57	21		12	67	21		11	64	25		14	64	22		11	64	25
	ZB3		25	57	18		13	69	18		17	65	18		14	64	22		8	67	25
	ZB4		8	68	24		12	64	24		11	65	24		11	65	24			67	33
	ZB5		25	57	18		13	69	18		17	65	18		14	64	22		8	67	25
	ZB6		18	61	21		15	63	22		15	64	21		13	65	22		7	65	28
	ZB7		21	55	24		12	56	32		15	64	21		11	63	26		4	54	42
	ZB8		57	32	11		49	40	11		11	70	19		34	55	11		11	68	21

Legenda: Condições satisfeitas pela UH no verão em face da NBR 15.575 - ■ Não atende às condições mínimas exigidas; Atende ao ■ Mínimo ■ Intermediário ■ Superior. Os resultados foram apresentados em uma escala de cinza sendo os valores maiores, mais escuros e os menores, mais claros.

Considerando o percentual médio de atendimento da sala e dos dois quartos das 12 UH analisadas pelo método de simulação computacional, para o primeiro, terceiro e quarto pavimento, na implantação N1 e 2, no dia típico de inverno, para as oito cidades selecionadas no território nacional é possível observar na Tabela 42 que o limite mínimo estabelecido pela NBR 15.575 (2013) foi atendido em todas as cidades em que as condições inverniais são consideradas. A opção de paredes de concreto com EPS apresentou, no geral, o melhor desempenho. Nas zonas 3 e 4 a condição de desempenho térmico superior estabelecida na NBR 15.575 foi atendida por todas as UHs. Já na ZB5, todos os protótipos apresentaram seus piores níveis de desempenho térmico não atingindo as condições superiores, exceto a opção das paredes de concreto com EPS. Cabe ressaltar que por ser a zona bioclimática mais quente dentre as cinco opções testadas para inverno, a ZB5 apresenta as temperaturas externas do ar mínimas mais amenas dentre todas as outras analisadas sendo a temperatura limite para atendimento do desempenho superior estabelecido nesta norma de 21,0°C ao passo que para as zonas de 1 a 4 foi de 10,0°C, 8,3°C, 15,0°C e 10,9°C, respectivamente (Vide Apêndice C). As paredes de concreto com vermiculite apesar de não terem atingido o limite superior foram aquelas que

apresentaram maior percentual de ambientes no nível intermediário, após as paredes de concreto com EPS. Por fim, diferentemente do que ocorreu para o verão, o uso de sombreamento nos quartos só se mostrou vantajoso na ZB2 para a opção com paredes maciças de concreto e isolamento de cobertura por *foil* de alumínio ou lã de vidro.

Tabela 42 – Desempenho médio dos ambientes das UHs nas condições de inverno.

Atendimento em %	Projeto Original			Parede de concreto + lã (cobertura)			Parede de concreto + foil (cobertura)			Parede de Concreto + vermiculite e lã (cob.)			Parede de Concreto + EPS e lã (cobertura)			
	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	
1 Ren/h	ZB1		24	76		24	76		24	76		24	76		6	94
	ZB2	21	49	30	18	51	31	3	43	54	11	57	32	3	37	60
	ZB3			100			100			100			100			100
	ZB4			100			100			100			100			100
	ZB5	67	33		67	33		67	33		32	68		15	79	6
1 Ren/h + veneziana	ZB1		26	74		25	75		25	75		24	76		8	92
	ZB2	21	49	30	11	58	31	2	49	49	11	57	32	3	33	64
	ZB3			100			100			100			100			100
	ZB4			100			100			100			100			100
	ZB5	67	33		67	33		67	33		32	68		15	82	3

Legenda: Condições satisfeitas pela UH no inverno em face da NBR 15.575 - ■ Não atende às condições mínimas exigidas; Atende ao ■ Mínimo ■ Intermediário ■ Superior. Os resultados foram apresentados em uma escala de cinza sendo os valores maiores, mais escuros e os menores, mais claros.

Para o método de simulação computacional estabelecido pelo RTQ-R (2012), tem-se a seguir uma síntese geral das UHs térreas e de cobertura testadas para a implantação N2, conforme desempenho para o índice graus-hora de resfriamento ( $GHR$ ) relativo ao período do verão bem como para o consumo de aquecimento anual (CA) relativo ao período de inverno. A análise destes parâmetros foi realizada após a consideração dos pré-requisitos relativos à ventilação natural e iluminação natural conforme limites comuns estabelecidos para ambos os métodos deste regulamento (prescritivo e de simulação) que indicam que a soma das áreas de aberturas de cada ambiente deve corresponder a um percentual mínimo da área útil do ambiente para estas variáveis. Neste contexto, apenas a sala de estar do projeto original não atendeu ao pré-requisito mínimo de ventilação natural ficando a classificação deste ambiente limitada a no máximo nível “C” ( $EqNum = 3$ ) no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ( $EqNumEnvAmbResfr$ ).

Os resultados foram sintetizados em uma média do desempenho das 4 UHs existentes por pavimento. A classificação detalhada das UHs situadas no primeiro e quarto pavimento pelo método de simulação computacional do RTQ-R para as oito cidades representativas do zoneamento bioclimático brasileiro, para os cinco sistemas construtivos testados foi apresentada no Apêndice D. No geral, os resultados indicaram melhores apurações para o índice  $GHR$  nas unidades habitacionais térreas em relação àquelas de cobertura. Na

Tabela 43 nota-se que, para todos os sistemas construtivos, a UH térrea obteve classe “A” para CA e GHR em todas as zonas. Neste caso, o maior isolamento das paredes não mostrou contribuir para a melhoria do desempenho da edificação uma vez que o projeto original já havia alcançado a classificação máxima sem alteração do sistema construtivo neste pavimento.

Tabela 43 – Classificação média das UHs térreas.

Desempenho médio das UHs no 1º Pav. N2	ZB1		ZB2		ZB3		ZB4		ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	GHR	GHR	GHR	GHR
<b>Sistema Construtivo da HIS</b>												
<b>Projeto Original: Parede de concreto</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Parede de concreto e cobertura com lâ</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Parede de concreto e cobertura com <i>foil</i></b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ( $EqNumEnv \geq 4,5$ ) ■ B ( $3,5 \leq EqNumEnv < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq EqNumEnv < 3,5$ ) ■ D ( $1,5 \leq EqNumEnv < 2,5$ ) ■ E ( $EqNumEnv < 1,5$ ).

Na Tabela 44 nota-se que as unidades habitacionais de cobertura obtiveram classe “A” para o GHR em todas as configurações de paredes e coberturas nas zonas mais frias (ZB1 e 2). Na zona bioclimática 4 apenas as opções de parede de concreto com vermiculite e EPS obtiveram resultado semelhante (classe “A”). Na ZB6 somente o projeto original não atingiu a classificação “A” para o índice GHR, relativo ao período de verão. Na zona bioclimática 3 o melhor resultado foi para o sistema construtivo com EPS que atingiu a classificação “B”. Na ZB5 somente o projeto original atingiu a classe “C” as demais variações construtivas atingiram a classe “B”. As zonas mais quentes (ZB7 e 8) obtiveram um desempenho “D” para todos os protótipos, exceto para o projeto original que obteve a classificação “E”. A classificação do CA, relativa ao período de inverno, foi “A” para todas as combinações de paredes e coberturas em todas as zonas testadas. De modo geral, o acréscimo de isolamento, tanto na cobertura quanto nas paredes externas, se mostrou relevante nas zonas bioclimáticas de 3 a 8. Nota-se, no entanto, que as paredes de concreto maciças adotadas no projeto original obtiveram desempenho satisfatório em face dos requisitos estabelecidos no RTQ-R, exceto nas zonas mais quentes (ZB7 e 8 e também na ZB3 para o projeto original). Cabe ressaltar que no caso dos sistemas construtivos mais isolados houve aumento de desempenho para os parâmetros testados neste regulamento na condição de verão em todas as zonas bioclimáticas em comparação com projeto original.

Tabela 44 – Classificação média das UHs de cobertura.

Desempenho médio das Uhs no 4º Pav. N2	ZB1		ZB2		ZB3		ZB4		ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	GHR	GHR	GHR	GHR
<b>Sistema Construtivo da HIS</b>												
<b>Projeto Original: Parede de concreto</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	1,9	5,0	3,6	5,0	3,0	4,0	1,3	1,0
<b>Parede de concreto e cobertura com lâ</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	3,2	5,0	4,5	5,0	4,0	4,9	2,3	2,0
<b>Parede de concreto e cobertura com foil</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	3,1	5,0	4,3	5,0	4,0	4,9	2,0	2,0
<b>Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	3,3	5,0	4,8	5,0	4,0	4,7	2,0	2,0
<b>Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	3,8	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	2,4	2,0

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ( $EqNumEnv \geq 4,5$ ) ■ B ( $3,5 \leq EqNumEnv < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq EqNumEnv < 3,5$ ) ■ D ( $1,5 \leq EqNumEnv < 2,5$ ) ■ E ( $EqNumEnv < 1,5$ ).

Cabe destacar que o desempenho da UH para o verão e inverno, conforme os índices  $GHR$  e  $CA$ , influencia o resultado do equivalente numérico de resfriamento e aquecimento, respectivamente. Para cada zona tem-se pesos diferentes sendo para ZB1, 8 e 92%, ZB2, 44 e 56%, ZB3, 64 e 36%, ZB4, 68 e 32% para  $GHR$  e  $CA$ , respectivamente, e para as zonas bioclimáticas 5 a 8 o peso é integralmente para  $GHR$  (BRASIL - INMETRO, 2012). A Tabela 45 apresenta a média ponderada do desempenho das UHs térreas e de cobertura pelos pesos diferenciados relativos ao  $GHR$  e  $CA$  para cada zona, após análise do cumprimento dos pré-requisitos dos ambientes (ventilação e iluminação natural). Neste sentido, nota-se que nas zonas 3 e 4, apesar do consumo de aquecimento ter sido “A” seu impacto no equivalente numérico da UH obteve uma menor repercussão na avaliação média realizada do que o índice  $GHR$  (Vide Tabela 44). Nota-se, especialmente nas unidades térreas, que apresentaram melhores resultados, que o não atendimento do pré-requisito de ventilação natural de um dos ambientes impactou na diminuição da classificação alcançada para o  $GHR$  da UH.

Todavia, considerando o descumprimento do pré-requisito para a ventilação natural para o projeto original, bem como os pesos diferenciados para cada índice, por zona bioclimática, verifica-se que o sistema construtivo composto por paredes de concreto adotado no projeto original se mostrou viável em face das exigências estabelecidas no RTQ-R (2012) para o método de simulação computacional, inclusive sem isolamento nas vedações verticais e horizontais, nas cidades de Campos do Jordão - SP (ZB1), Passo Fundo - RS (ZB2), Brasília - DF (ZB4), Campos dos Goytacazes - RJ (ZB5) e Goiânia - GO (ZB6). Cabe destacar que em Belo Horizonte - MG (ZB3), Campos dos Goytacazes - RJ (ZB5) e Goiânia -GO (ZB6) somente as opções com isolamento de cobertura e/ou parede poderiam apresentar resultados mais adequados ao seu clima quando considerada a média isolada das UHs do último pavimento. Para as cidades de Cuiabá - MT (ZB7) e Manaus - AM (ZB8) em que o peso do equivalente numérico é exclusivamente para o

GHR. Nenhuma das combinações de paredes e coberturas se mostrou viável para utilização nestas localidades ao se levar em consideração o desempenho térmico obtido pela aplicação do método de simulação computacional previsto neste regulamento.

Tabela 45 – Classificação média ponderada das UHs térreas e de cobertura.

Desempenho médio das UHs no 1ºPav. N2	Média GHR e CA				GHR				Média 1ºPav.
	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8	
<b>Sistema Construtivo da HIS</b>									
<b>Projeto Original: Parede de concreto</b>	4,8	4,1	3,7	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5
<b>Parede de concreto e cobertura com lâ</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Parede de concreto e cobertura com foil</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Desempenho médio das UHs no 4ºPav. N2</b>									
<b>Sistema Construtivo da HIS</b>									
<b>Projeto Original: Parede de concreto</b>	4,8	4,1	3,0	3,6	3,0	3,0	1,3	1,0	3,0
<b>Parede de concreto e cobertura com lâ</b>	5,0	5,0	3,8	4,7	4,0	4,9	2,3	2,0	4,0
<b>Parede de concreto e cobertura com foil</b>	5,0	5,0	3,8	4,5	4,0	4,9	2,0	2,0	3,9
<b>Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)</b>	5,0	5,0	3,9	4,9	4,0	4,7	2,0	2,0	3,9
<b>Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)</b>	5,0	5,0	4,2	5,0	4,0	5,0	2,4	2,0	4,1

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ( $EqNumEnv \geq 4,5$ ) ■ B ( $3,5 \leq EqNumEnv < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq EqNumEnv < 3,5$ ) ■ D ( $1,5 \leq EqNumEnv < 2,5$ ) ■ E ( $EqNumEnv < 1,5$ ).

Após aplicação do método de simulação computacional previsto pela NBR 15.575 (2013) e RTQ-R (2012), verifica-se grandes divergências nos procedimentos indicados. A NBR 15.575 estabelece um procedimento de avaliação simplificado apenas para o dia mais extremo do ano em relação ao calor e frio (dia típico de verão e inverno), qualificando poucas variáveis para a análise do edifício. Neste sentido, destaca-se que os dados para caracterização do dia típico são incompletos além do valor de 1 e 5 renovações do ar por hora ser inadequado em alguns casos para avaliar a ventilação natural. Estes valores de renovação do ar poderiam não ser atingidos em algumas cidades além de não ser informado na norma como a modelagem da ventilação funcionaria (janela fechada e aberta). Nota-se também que não foram estabelecidos parâmetros de ocupação do edifício bem como as cargas internas dos ambientes. A ausência destes dados pode possibilitar melhores resultados no verão e piores no inverno. Verifica-se, portanto, um procedimento inadequado para avaliação do desempenho térmico do edifício bem como a subutilização de uma potente ferramenta de avaliação termo energética. Apesar do foco desta norma ser desempenho, seria absurdo avaliar uma habitação desocupada se os parâmetros referentes ao desempenho térmico do edifício são estabelecidos para gerar mais conforto térmico aos usuários ainda que não se avalie conforto por desempenho.

Quanto ao RTQ-R verifica-se que seu método de simulação computacional se apresenta muito mais completo do que aquele adotado na NBR 15.575. Assim, os problemas referentes a caracterização do dia típico, a modelagem da ventilação, ausência de carga interna e ocupação foram sanados com a adoção dos dados presentes no arquivo climático da localidade selecionada para simulação das 8760h do ano, especificação das condições em que a ventilação natural deve ser considerada (acima de 20°C quando a temperatura interna estiver maior do que a externa), detalhamento do padrão de uso da iluminação artificial (percentual horário de utilização e densidade de potência instalada) especificação da rotina de ocupação dos ambientes (percentual horário de ocupação, taxa metabólica por atividade) e discriminação da carga interna dos equipamentos na sala. Neste contexto, o procedimento estabelecido neste regulamento se mostra mais completo e adequado para avaliação do edifício por este método, podendo, portanto, ser adotado em substituição àquele estabelecido pela NBR 15.575. A criação de um procedimento único simplificaria a classificação das residências pelo RTQ-R que está prevista para ser compulsória em 2031, conforme descrição do Plano Nacional de Eficiência Energética (BRASIL - PNEf, 2011). Ademais, a ampliação do período simulado e a incorporação de dos padrões de uso, ventilação e ocupação do edifício seria possível pôr em prática sem grandes obstáculos para o procedimento normativo.

Em relação à classificação da eficiência do edifício pelo RTQ-R destacam-se alguns pontos que poderiam ser aprimorados. O primeiro seria o limite de referência estabelecido por zona para a classificação pelo índice  $GHR$  e  $CA$ . O segundo seria a inclusão do consumo relativo para refrigeração como parte da nota, não apenas um indicativo uma vez que nas zonas mais quentes a estratégia de condicionamento artificial se mostrou necessária por várias horas ao longo do ano.

### **4.3 – Análise Comparativa dos Resultados dos métodos prescritivo e de simulação**

Conforme dados apresentados no tópico resultados do método prescritivo nota-se que as exigências apresentadas em relação aos requisitos de transmitância térmica de paredes e coberturas, de ventilação natural e cruzada bem como para iluminação natural apresentam

limites diferentes em cada um dos instrumentos avaliados no presente trabalho, quais sejam NBR 15.220 (2005), NBR 15.575 (2013), Selo Casa Azul (2014) e RTQ-R (2012). Neste contexto considera-se que a uniformização das exigências facilitaria aplicação e nivelamento dessas normas. Nota-se, que o Selo Casa Azul (2014) apresenta prescrição semelhante à NBR 15.220 (2005) apenas no quesito ventilação cruzada. No geral, a NBR 15.220 apresenta restrições maiores para cada parâmetro, exceto para a iluminação natural que não dispõe de exigência alguma. No caso de duas prescrições em vigor diferentes, para um mesmo parâmetro deve-se cumprir àquela mais restritiva de forma a atender à ambos instrumentos. Neste sentido, as demais normas posteriores a publicação da NBR 15.220, a mais antiga que trata deste assunto, deveriam adotar, no mínimo, as suas exigências, que se mostram mais restritivas, na maioria dos casos, de modo a uniformizar as prescrições comuns. Apenas para o caso de comprovação de incoerências em suas recomendações, sua revisão seria indicada possibilitando diminuir sua restrição em relação aos demais instrumentos. Nota-se, no entanto, que por ser a única norma que trata de uma categoria habitacional específica: unifamiliar e de interesse social, dedica um peso maior a cobertura da edificação entre outras especificidades. As outras normas e regulamentos podem ser aplicados para o desempenho térmico de habitações no âmbito geral, incluindo inclusive edificações multifamiliares e não necessariamente de interesse social. Vigorando simultaneamente com as demais e, com parâmetros distintos, a NBR 15.220 (2005) tal como apresentada se mostra de difícil aplicação, desestimulando, portanto, sua adoção em detrimento às demais.

A NBR 15.575 (2013), a NBR 15.220 (2005), o RTQ-R (2012) e o Selo Casa Azul (2014) apresentam método prescritivo que consiste na verificação dos limites estabelecidos para os pré-requisitos relativos à edificação como a transmitância térmica da envoltória, área disponível para ventilação natural e incidência da luz natural no ambiente, entre outros. Apenas a NBR 15.220 não dispõe de limites de área mínima para o cumprimento do parâmetro relativo à luz natural. Este parâmetro foi analisado somente para o RTQ-R (2012) uma vez que se mostrou indispensável para a classificação da edificação por ambos os métodos estabelecidos neste regulamento. Nota-se que todas as variações do projeto analisado cumpriram este requisito.

Nota-se que o método prescritivo se mostrou mais exigente do que a metodologia para a análise do desempenho edifício pela simulação computacional. Para o método prescritivo

estabelecido na NBR 15.575 (2013) o projeto original com paredes e laje maciças de concreto com 10cm de espessura bem como cobertura composta por telha de fibrocimento de 6mm não cumpriria suas exigências mínimas de desempenho. Neste caso, indica-se que tal projeto em desconformidade com o método prescritivo deve ser reavaliado pelo método de simulação computacional previsto nesta norma. Já para o método prescritivo do RTQ-R o não atendimento de alguns pré-requisitos exigidos para edificação limitaria sua nota máxima para classificação do seu desempenho no verão e/ou inverno pelos índices  $GH_R$  e CA. Desta forma, para a implantação mais crítica (N2) foi possível atingir desempenho médio “C” e “D”, respectivamente para a classificação média das unidades habitacionais térrea e de cobertura para as oito zonas bioclimáticas testadas para este regulamento.

Quanto ao método de simulação computacional verifica-se que o edifício estruturado em paredes de concreto maciças apresentou desempenho térmico satisfatório para a NBR 15.575 (2013) após a análise das condicionantes mínimas estabelecidas para os resultados da simulação. Nota-se, portanto, que as paredes maciças de concreto podem ser aprovadas pelo método de simulação da NBR 15.575. Para o método de simulação estabelecido pelo RTQ-R (2012) nota-se, no geral, melhores resultados em comparação com o método prescritivo. Neste sentido foi possível atingir desempenho médio “B” e “C”, respectivamente para a classificação média das UHs térrea e de cobertura para as oito cidades testadas por este regulamento. Nota-se ademais, que a implantação N2 apresentou os resultados mais críticos tendo sido, portanto, considerada nas análises apresentadas a seguir.

Para ambos os métodos do RTQ-R nota-se que os apartamentos térreos obtiveram resultados melhores do que as unidades de cobertura. Conforme se observou no comparativo do método prescritivo das normas analisadas (NBR 15.220/2005, NBR 15.575/2013, RTQ-R/2012 e Selo Casa Azul/2014), os parâmetros mínimos de transmitância térmica para as paredes externas e cobertura não foram atendidos para o sistema construtivo proposto no projeto original (paredes e laje de concreto maciça com cobertura de fibrocimento, sem isolamento). Para a NBR 15.220 e o Selo Casa Azul que dispõem apenas do método prescritivo o sistema construtivo de paredes de concreto poderia ser aprovado somente com isolamento nas paredes e cobertura.

Quanto aos dispositivos de sombreamento nos quartos, as prescrições normativas, no geral, apresentam recomendações para o seu uso não exigindo, portanto, sua adoção. Tal estratégia demonstrou ser uma importante alternativa de condicionamento passivo para estes ambientes. Nota-se que o uso de sombreamento influenciou apenas a classificação do edifício pelo RTQ-R (2012) uma vez que este regulamento foi o único instrumento que considerou por meio de uma equação esta estratégia em sua avaliação prescritiva. Neste sentido foi perceptível uma melhoria nos resultados para o índice  $GHR$  (desempenho no verão) na variação das paredes maciças de concreto com veneziana em comparação com o projeto original que apresenta a mesma opção de vedação vertical, porém, sem este dispositivo nos quartos. Já na simulação computacional a adoção da veneziana nos dormitórios como uma opção de sombreamento das aberturas repercutiu positivamente nos resultados das análises para o desempenho no verão para os métodos estabelecidos na NBR 15.575 (2013) e RTQ-R (2012) uma vez que esta estratégia contribuiu de forma efetiva para minimizar a incidência de radiação direta nos ambientes.

A ventilação natural pode ter, também, significativa influência no desempenho térmico da edificação. No método prescritivo apresentado nos instrumentos normativos analisados considera-se apenas a área de abertura disponível para ventilação fato que pode mascarar a orientação inadequada em face da orientação predominante do vento local. Neste sentido verificou-se que a correção da dimensão da abertura da sala nas variações modificadas do projeto original possibilitou a edificação atender ao parâmetro de área mínima para ventilação natural estabelecido no método prescritivo dos quatro instrumentos normativos analisados, exceto para a NBR 15.220 (2005). Contudo a direção do vento dominante não foi considerada nesta análise.

Já no método de simulação computacional, conforme os parâmetros do RTQ-R (2012), considerou-se a melhor situação possível para a estratégia de ventilação natural uma vez que o acionamento das aberturas foi automatizado não estando sujeito à intervenção dos ocupantes. A ação dos usuários pode aumentar ou diminuir a temperatura do ambiente ao permitirem a troca de ar quando o valor da temperatura externa é maior ou menor do que a interna, respectivamente. Já para a NBR 15.575 (2013) a variação da taxa de renovação do volume de ar de 1 e 5 ren/h indicada nesta norma possibilitou, em alguns casos, superestimar o potencial de ventilação natural das localidades testadas.

Em relação à análise dos resultados do método de simulação previsto na NBR 15.575 deve-se avaliar o cumprimento do limite de temperatura interna em relação à externa para o dia típico de verão e inverno. Contudo, não existe uma metodologia para a definição do dia típico caracterizado como o período crítico de frio ou calor. Assim, as poucas cidades estabelecidas na norma não apresentam todas as variáveis indispensáveis para sua simulação, especialmente o período de abrangência do dia típico de verão e inverno bem como a velocidade e direção do vento dominante. No Brasil e no exterior existem trabalhos relevantes que apresentam procedimentos para a determinação do dia típico no qual discorrem que a determinação desta referência deve-se basear no estabelecimento de níveis percentuais de frequência de ocorrência de temperaturas do ar a serem excedidas a partir da análise dos dados climáticos horários em um determinado período de tempo (AKUTSU; VITTORINO, 1991; SATLER, 1989 apud GOULART, 1993; ASHRAE, 2009; HEDRICK, 2009; THEVENARD, 2009). Neste sentido, caso a NBR 15.575 continue mantendo a determinação do dia típico para o seu procedimento de avaliação poderia ser complementarmente estabelecido um método para sua definição de modo a suprir a ausência de dados necessários para caracterização deste dia a ser simulado ancorando-se em estudos apresentados na literatura acerca do tema. Já para o método de simulação computacional indicado no RTQ-R, após a verificação do cumprimento dos pré-requisitos, deve-se proceder a avaliação do desempenho da edificação para o período de verão e inverno pelos índices  $G_{H_R}$  e CA, respectivamente.

Conforme se observa na Tabela 46, para a implantação N2, as UHs térreas atenderam aos critérios estabelecidos pelo método de simulação computacional da NBR 15.575 (2013) para todos os sistemas construtivos e zonas bioclimáticas. Por outro lado, para o método prescritivo desta norma apenas a opção de paredes maciças de concreto com vermiculite atenderia as exigências estabelecidas para os valores de transmitância e capacidade térmica do sistema construtivo na ZB8 uma vez que nesta região não é exigido limite mínimo de capacidade térmica para a vedação vertical. Já a variação das paredes maciças de concreto com EPS foi o único sistema construtivo que cumpriu as exigências de ambos os métodos. Verifica-se, portanto, que considerando as unidades térreas implantadas na opção N2, a aplicação do método de simulação computacional possibilitaria a aprovação de todos os sistemas construtivos testados para o presente estudo de caso, inclusive àqueles reprovados no método prescritivo, considerando todas as condições de ventilação

bem como a existência ou inexistência de sombreamento nas aberturas dos quartos por meio de venezianas, conforme procedimentos estabelecidos nesta norma.

Tabela 46 – Comparativo dos métodos de avaliação da NBR 15.575 para UHs térreas.

Sistema Construtivo da HIS	Desempenho médio 1º Pav - N2	Zona Bioclimática							
		ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
Projeto Original: Parede de concreto maciça	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com lã	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com <i>foil</i>	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■
Projeto Modificado: Parede de concreto com Vermiculite e cobertura com lã	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■
Projeto Modificado: Parede de concreto com EPS e cobertura com lã	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■

Legenda: Desempenho em face da NBR 15.575 -■ Atende ou ■ Não atende suas exigências.

Para as unidades habitacionais de cobertura nota-se na Tabela 47 o confronto dos resultados da avaliação do estudo de caso por ambos os métodos estabelecidos na NBR 15.575 (2013). Neste contexto, o método prescritivo não apresentou diferenças em seus resultados em razão da posição da habitação no pavimento de cobertura em comparação com as UHs térreas, uma vez que apresenta exigências para o sistema de vedação vertical e horizontal da edificação. Assim, a consideração das suas exigências possibilitou somente a aprovação da parede de concreto com EPS em todas as zonas bioclimáticas e da parede de concreto com vermiculite na ZB8. Para o método de simulação computacional, ao contrário do que ocorreu para as UHs térreas, nota-se que na ZB8 os requisitos mínimos de algumas unidades habitacionais não foram atendidos, considerando 4 condições de simulação (1 e 5 ren/h, com e sem veneziana) para o projeto original e para a parede de concreto com vermiculite com cobertura isolada por lã de vidro. Cabe destacar que a condição de 5 renovações do volume do ar por hora com ou sem sombreamento nas aberturas dos quartos (veneziana) fez com que o requisito mínimo fosse atendido para todos os protótipos não aprovados inicialmente.

Considerando as unidades de cobertura, expostas às condições mais críticas de incidência de radiação solar, cabe destacar que estas apresentam pior desempenho térmico em comparação com as demais unidades de outros pavimentos da edificação. Ainda assim, verifica-se que para as UHs implantadas na opção N2, a aplicação do método de

simulação computacional da NBR 15.575 (2013) possibilitaria a aprovação de todas os sistemas construtivos desde que fosse testada a condição mais favorável para os resultados do desempenho térmico da edificação na zona 8 e em qualquer condição para as demais zonas. Nota-se, portanto, que para a obtenção de desempenho mínimo, esta norma exigiria sombreamento das aberturas apenas nas UHs localizadas no último pavimento na ZB8. Cumpre destacar que o aumento da taxa de renovação do volume do ar no ambiente pode não ocorrer na prática em determinadas localidades em razão da velocidade do vento externo disponível. Deve-se, portanto, realizar uma investigação acerca da razoabilidade da adoção de uma maior taxa para o fluxo do ar uma vez que estudos indicaram valores muito aquém de 5 ren/h em função da redução da velocidade do ar que circula no ambiente em relação àquela incidente externamente (BUSATO, 2003; MARRA; PADOVANI; ASSIS, 2014; WALLACE; OTT, 2002).

Tabela 47 – Comparativo dos métodos de avaliação da NBR 15.575 para UHs de cobertura.

Sistema Construtivo da HIS	Desempenho médio 4° Pav - N2	Zona Bioclimática							
		ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
Projeto Original: Parede de concreto maciça	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	*
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com lâ	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com <i>foil</i>	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■
Projeto Modificado: Parede de concreto com Vermiculite e cobertura com lâ	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	*
Projeto Modificado: Parede de concreto com EPS e cobertura com lâ	Prescritivo	■	■	■	■	■	■	■	■
	Simulação	■	■	■	■	■	■	■	■

Legenda: Desempenho em face da NBR 15.575 -■ Atende ou ■ Não atende suas exigências. \*O Desempenho mínimo não foi atendido para a condição de 1 ren/h na UH 401 e 403 do Projeto Original e do Projeto Modificado com vermiculite e também para a condição de 1 ren/h associada a adoção de veneziana nos quartos para a UH 401 do Projeto Original.

O RTQ-R (2012) avalia para os dois métodos, prescritivo e de simulação, a eficiência e o consumo da UH por meio dos índices  $GH_R$  e CA. Para o método prescritivo faz-se uma estimativa a partir das características construtivas e equações simplificadas para cada zona bioclimática. Já para a simulação testa-se o desempenho do modelo tridimensional da construção, considerando os dados climáticos locais, as informações sobre os padrões de uso e de ocupação do edifício. Os resultados de ambos os métodos foram comparados às faixas limite estabelecidas para os índices  $GH_R$  e CA para cada zona bioclimática, sem

considerar os pré-requisitos. O método de simulação tende a gerar resultados mais apurados do edifício. Conforme comparativo da classificação pelos métodos prescritivo e de simulação estabelecidos neste regulamento para as UHs no pavimento térreo, na implantação N2, verifica-se na Tabela 48, uma significativa diferença na classificação obtida nestes dois métodos. Os resultados da simulação computacional possibilitaram melhores classificações nos índices GHR e CA em todos os sistemas construtivos e zonas bioclimáticas. O acréscimo de isolamento no sistema construtivo que compõe a vedação vertical do edifício, apresentou influência positiva no desempenho para o índice GHR das UHs térreas somente para o método prescritivo já que pelo método de simulação computacional todas as unidades obtiveram classificação “A”. Cabe destacar que para ambos os métodos o pré-requisito relativo às áreas mínimas de ventilação natural e iluminação natural do ambiente devem ser atendidas. Assim, o não atendimento da área de abertura para ventilação natural na sala do projeto original limitaria o GHR em no máximo classe “C” após a consideração deste pré-requisito para ambos os métodos, exceto para a ZB7. Para o método prescritivo além deste pré-requisito comum ao método de simulação computacional deve-se também atender um valor limite de transmitância e capacidade térmica em função da cor da superfície externa exposta à radiação solar que compõe a vedação vertical. O limite relativo à vedação horizontal só deve ser considerado nas unidades habitacionais de cobertura. Assim, o não atendimento do pré-requisito relativo a vedação vertical do edifício limitaria a nota máxima da classificação das UHs térreas para o desempenho no verão e inverno (GHR e CA, respectivamente) pelo método prescritivo em no máximo “C” para os sistemas compostos por paredes maciças de concreto, bem como àqueles de concreto com vermiculite, nas ZBs de 1 a 7.

Tabela 48 – Comparativo dos métodos de avaliação do RTQ-R para UHs térreas.

Zona Bioclimática		ZB1		ZB2		ZB3		ZB4		ZB5	ZB6	ZB7	ZB8	Média ZBs
Sistema Construtivo da HIS	Desempenho médio 1º Pav - N2	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	GHR	GHR	GHR	GHR	
Projeto Original: Parede e laje de concreto com telha de fibrocimento	Prescritivo	5,0	4,3	1,8	5,0	3,1	4,0	4,7	4,8	2,8	3,3	2,9	2,8	3,5
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com lâ de vidro	Prescritivo	5,0	4,3	2,7	5,0	4,0	4,0	5,0	4,7	3,8	4,6	3,8	3,8	4,2
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com foil	Prescritivo	5,0	4,3	2,7	5,0	4,0	4,0	5,0	4,7	3,8	4,6	3,8	3,8	4,2
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Projeto Modificado: Parede de concreto com Vermiculite e cobertura	Prescritivo	5,0	3,3	3,3	4,3	4,2	4,0	5,0	5,0	3,8	4,3	3,8	3,8	4,0
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Projeto Modificado: Parede de concreto com EPS e cobertura com lâ	Prescritivo	5,0	3,2	3,3	4,3	4,3	4,0	4,9	5,0	4,0	4,3	3,8	4,0	4,1
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ( $EqNumEnv \geq 4,5$ ) ■ B ( $3,5 \leq EqNumEnv < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq EqNumEnv < 3,5$ ) ■ D ( $1,5 \leq EqNumEnv < 2,5$ ) ■ E ( $EqNumEnv < 1,5$ ).

Em relação às unidades de cobertura nota-se, no comparativo apresentado na Tabela 49 acerca do estudo de caso para ambos os métodos estabelecido no RTQ-R (2012), uma

tendência similar àquela observada nas UHs térreas. A classificação para o GHR e CA também foram melhores no método de simulação computacional em todos os protótipos à exceção das ZB7 e 8. Nestas zonas mais quentes observa-se, em alguns casos, resultados simulados ligeiramente inferiores do que aqueles obtidos no método prescritivo, sem considerar os pré-requisitos. Em relação ao acréscimo de isolamento na envoltória do edifício, tanto na vedação vertical quanto na vedação horizontal, foi possível perceber melhoria do desempenho em ambos os métodos. Para os resultados obtidos na simulação computacional as variações mais significativas ocorrem especialmente nas zonas bioclimáticas 3, 4 e 6 ao passo que para o método prescritivo verificou-se uma melhoria mais significativa nas ZBs 5 e 8. A consideração dos pré-requisitos para a classificação do desempenho dos sistemas para verão e inverno (GHR e CA, respectivamente) limitaria as paredes de concreto bem como aquelas de concreto com vermiculite nas zonas bioclimáticas de 1 a 7, em no máximo classe “C” no método prescritivo independentemente da existência ou não de isolamento na cobertura. Já para o método de simulação computacional apenas o projeto original teria seu desempenho limitado à classificação “C”, para os índices GHR e CA, em razão do não atendimento da área de ventilação natural para a sala de estar, exceto na ZB7. Ademais, foi possível observar neste comparativo que não houve variação nos resultados do método de simulação em relação ao consumo de aquecimento. Desta forma, não foi possível quantificar as diferenças entre os protótipos uma vez que a classificação foi semelhante.

Tabela 49 – Comparativo dos métodos de avaliação do RTQ-R para UHs de cobertura.

Zona Bioclimática		ZB1		ZB2		ZB3		ZB4		ZB5		ZB6		ZB7		ZB8		Média ZBs
Sistema Construtivo da HIS	Desempenho médio 4º Pav - N2	GHR	CA	GHR	CA													
Projeto Original: Parede e laje de concreto com telha de fibrocimento	Prescritivo	4,0	4,3	1,0	5,0	1,0	4,0	3,0	5,0	1,4	1,0	1,8	1,4	1,4	2,4			
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	1,9	5,0	3,6	5,0	3,0	4,0	1,3	1,0	3,3				
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com lâ de vidro	Prescritivo	4,8	4,3	1,2	5,0	2,2	4,0	3,8	4,3	2,6	2,6	2,3	2,7	3,3				
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	3,2	5,0	4,5	5,0	4,0	4,9	2,3	2,0	4,2				
Projeto Modificado: Parede de concreto e cobertura com <i>foil</i>	Prescritivo	4,8	4,3	1,2	5,0	2,2	4,0	3,8	4,3	2,6	2,6	2,3	2,7	3,3				
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	3,1	5,0	4,3	5,0	4,0	4,9	2,0	2,0	4,2				
Projeto Modificado: Parede de concreto com Vermiculite e cobertura c/ lâ	Prescritivo	4,2	3,4	1,5	4,3	2,3	4,0	3,2	4,7	2,8	2,3	2,3	2,8	3,2				
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	3,3	5,0	4,8	5,0	4,0	4,7	2,0	2,0	4,2				
Projeto Modificado: Parede de concreto com EPS e cobertura com lâ	Prescritivo	4,4	3,4	1,8	4,3	2,3	4,3	3,1	4,7	2,8	2,3	2,3	2,8	3,2				
	Simulação	5,0	5,0	5,0	5,0	3,8	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	2,4	2,0	4,3				

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv  $\geq$  4,5) ■ B (3,5  $\leq$  EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5  $\leq$  EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5  $\leq$  EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5).

No âmbito geral, nota-se que apenas dois instrumentos reguladores apresentam os procedimentos prescritivo e de simulação computacional para avaliação do desempenho térmico edilício: a NBR 15.575 e o RTQ-R. No prescritivo da NBR 15.575 deve-se atender os limites estabelecidos para os diferentes requisitos (transmitância térmica de paredes, coberturas, área mínima para ventilação, entre outros). Nota-se que o método

precritivo fornece um indicativo do sistema construtivo em relação ao cumprimento ou não de suas exigências, podendo a edificação atingir um desempenho termico mínimo, intermediário e superior para cada parâmetro analisado.

No método de simulação da NBR 15.575 deve-se atender o limite de temperatura interna para o dia típico de verão e inverno. Nesta etapa é possível avaliar o nível do desempenho térmico com as mesmas categorias estabelecidas no método prescritivo (mínimo, intermediário, superior ou em desconformidade com suas exigências). Todavia, a análise dos resultados da simulação ocorre por meio da verificação da temperatura interna em relação à um limite de referência estabelecido para a temperatura externa. Nota-se, portanto, que a verificação do atendimento dos requisitos mínimos estabelecidos no método precritivo não é necessária neste método. Assim, verifica-se que, em alguns casos, foi possível aprovar pelo método de simulação computacional sistemas construtivos reprovados no método prescritivo. Infere-se, portanto que os métodos propostos na NBR 15.575 são bastante divergentes, sendo o primeiro mais simplificado e rigoroso em relação aos parâmetros edifícios e o segundo expõe detalhamento da temperatura limite para a troca de calor nos ambientes do edifício nos períodos críticos (verão e inverno) mas demonstra ser mais permissivo em relação aos valores indicados.

Quanto ao RTQ-R, ambos os métodos possibilitam ranquear o desempenho da edificação com base nos índices  $GH_R$  e CA. Este regulamento não aprova ou reprovava determinado sistema construtivo. Com base nesses índices atribuí-se uma nota indicativa para a edificação que varia da melhor para a pior classe de consumo, sendo categorizada pelas letras A a E, respectivamente. Para o método prescritivo adota-se uma equação de regressão múltipla para quantificar o consumo da edificação. A Unidade Habitacional deve cumprir os requisitos referentes à absorvância solar das superfícies da envoltória, a transmitância térmica de paredes e coberturas bem como a área mínima para ventilação e iluminação natural. Caso algum ambiente não atenda qualquer de suas exigências sua nota poderá ser no máximo “C” (EqNum= 3) para o equivalente numérico de aquecimento ou resfriamento, dependendo da variável a que se refere. No método de simulação a edificação deve atender somente os pré-requisitos relativos à ventilação e iluminação natural não sendo necessário, portanto, cumprir os parâmetros referentes ao sistema construtivo. No geral os dois métodos apresentam semelhanças significativas sendo que

a principal diferença seria a maior apuração dos resultados pelo método de simulação computacional.

#### **4.4 – Análise das condições de conforto dos usuários**

A análise das variáveis relacionadas ao desempenho térmico do estudo de caso deste trabalho contemplou primeiramente a avaliação do edifício pelo método prescritivo da NBR 15.220 (2005), NBR 15.575 (2013), Selo Casa Azul (2014) e RTQ-R (2012). Na sequência foi realizada simulação computacional por meio do programa *Energy Plus* para os parâmetros estabelecidos na NBR 15.575 (2013) e no RTQ-R (2012). Com base nos resultados apurados para a simulação foi realizada análise das condições de conforto dos usuários propiciadas pela edificação. Nota-se que a habitação, em comparação com edifícios comerciais, propicia ao usuário maior número de possibilidades para adaptação térmica, como substituição de vestimenta, controle das aberturas, dentre outras ações. Neste sentido, o potencial de adaptação e aclimação do usuário é significativo para a avaliação do conforto térmico dos edifícios. No Brasil, verifica-se que os índices adaptativos têm sido adotados em alternativa ao modelo PMV. Percebe-se, contudo, que não existe ainda um consenso neste sentido, eventualmente, pela carência de modelos adaptativos desenvolvidos ou validados para a realidade nacional. Estudos anteriores demonstraram que o índice adaptativo proposto por Dear e Brager (2002) adotado na ASHRAE 55 (2010) foi aquele que apresentou melhores respostas para os usuários brasileiros aclimatados, em edificações naturalmente ventiladas, justificando, portanto, a sua escolha para referenciar a análise normativa apresentada neste trabalho (MONTEIRO; ALUCCI, 2008; PEREIRA; ASSIS, 2010).

A NBR 15.575 (2013) bem como o RTQ-R (2012) são instrumentos normativos que tratam especificamente do desempenho edilício no território nacional. Para tanto apresentam dois métodos de avaliação (prescritivo e de simulação computacional) estabelecendo para o método simplificado limites para o dimensionamento das aberturas dos ambientes de permanência prolongada (iluminação e ventilação natural) e também para os sistemas construtivos que compõe a envoltória da edificação ( $U$ ,  $CT$ ,  $\alpha$ ). Para o método de simulação a NBR 15.575 apresenta limites de temperatura para atendimento

do desempenho térmico no dia típico de verão e de inverno. No entanto, não considera um padrão de ocupação para o edifício em análise.

Já o RTQ-R classifica o potencial edilício de obtenção de conforto térmico para os usuários em relação aos diferentes climas brasileiros. Para tanto avalia o desempenho da edificação no verão e inverno com base nos índices  $GH_R$  e  $CA$ , respectivamente, com base no limite de temperatura de 26 e 22°C, considerando em seu método de simulação um padrão de ocupação para referência das análises dos resultados. O limite de 22°C estabelecido pelo RTQ-R se mostrou elevado considerando que o limite inferior mínimo mensal da zona de conforto adaptativa variou de 17,7 a 19,8°C para as zonas de 1 a 4 (Vide Apêndice F). Poderia ser adotada uma referência para o  $CA$  mais baixa uma vez que o usuário pode adotar estratégias para minimizar seu desconforto por frio sem gasto de energia como por exemplo: complementação da vestimenta com casacos ou adoção de cobertor que propiciem maior sensação de aquecimento, entre outros. Já o limite de 26°C para o cálculo do  $GH_R$  se mostrou baixo considerando que o limite superior máximo mensal da zona de conforto adaptativa variou de 26,9 a 30,3°C para as zonas de 1 a 8 (Vide Apêndice F). Estudos anteriores demonstraram que as referências da ISO 7730/2005 adotadas para a seleção dos limites propostos neste regulamento não se mostram adequadas para avaliação de edificações naturalmente ventiladas. Seria interessante avaliar o desempenho da edificação com base nos limites aceitáveis pelos usuários de ambientes naturalmente ventilados. Neste sentido a zona de conforto adaptativa proposta na ASHRAE 55/2010 se mostra mais adequada para o estabelecimento de um referencial para o comparativo do consumo da edificação naturalmente ventilada, nas diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.

Cabe destacar que ambos os instrumentos ao indicarem um padrão edilício a ser seguido possibilitam um comportamento térmico do edifício em relação ao clima em que está submetido podendo propiciar ou não condições adequadas de conforto térmico aos usuários dos ambientes desta edificação. Caso as suas condições mínimas de conforto térmico no ambiente não sejam satisfeitas a dependência da climatização artificial irá intensificar aumentando, conseqüentemente, o consumo de energia para funcionamento dos equipamentos para condicionamento do ar.

Neste sentido, adotou-se para a análise dos limites estabelecidos na NBR 15.575 alguns índices de referência para a verificação das condições de conforto térmico do usuário possibilitada pelo nível mínimo de atendimento desta norma para o dia típico de verão e inverno. Assim, foram contrastadas as temperaturas médias, mínimas e máximas apresentadas nas Normais Climatológicas Brasileiras de 1961 a 1990, as temperaturas máximas e mínimas apresentadas no dia típico de verão e inverno do arquivo climático simulado e as temperaturas limites para conforto adaptativo estabelecidas pela ASHRAE 55/2010 adotando-se 80% de aceitação dos usuários em relação às variáveis climáticas. Em relação ao RTQ-R, avaliou-se, o percentual anual de horas ocupadas em conforto (POC) e em desconforto (POD) por frio ou calor tendo por referência os limites extremos da zona de conforto adaptativa estabelecida pela ASHRAE 55/2010 adotando-se 80% de aceitação dos usuários em relação às variáveis climáticas.

Na simulação das cidades selecionadas para os parâmetros da NBR 15.575, sem ocupação ou presença de equipamentos elétricos, constatou-se, em alguns casos, temperaturas desconfortáveis para os usuários nos ambientes de permanência prolongada. Considerando o limite da zona de conforto adaptativa estabelecida na ASHRAE 55/2010 definida para 80% de aceitação dos usuários, seus valores limites seriam de mais ou menos 3,5°C em relação a temperatura neutra (TN). Campos do Jordão – SP (ZB1) apresentou a menor a temperatura máxima externa entre as 8 cidades testadas. Assim, no dia típico de verão sua temperatura máxima foi de 26,3°C, tendo ocorrido em 10 de janeiro. Para este mês a TN foi de 23,4°C. Nota-se na Tabela 50, que por ser uma cidade com o verão ameno, a temperatura interna máxima mais crítica entre os ambientes de permanência prolongada do primeiro, terceiro e quarto pavimento não ultrapassou o limite superior de conforto (26,9°C) em nenhum dos sistemas construtivos testados. Verifica-se que a condição de 1 ren/h seria suficiente para atender as exigências para desempenho edílico não sendo recomendável para esta cidade o aumento da taxa de renovação do volume do ar bem como a adoção de sombreamento das aberturas conforme parâmetros estabelecidos nesta norma. No entanto para as condições de conforto do usuário verifica-se que o aumento da taxa de renovação do volume do ar possibilitaria uma elevação nas temperaturas máximas internas, especialmente nas habitações térreas possibilitando uma menor variação dos valores aferidos entre as UHs situadas em diferentes pavimentos.

Cabe destacar que caso a NBR 15.575 (2013) indicasse um padrão de ocupação e de uso de equipamentos elétricos tal condição iria impactar no aumento da carga térmica da edificação possibilitando temperaturas internas para os usuários um pouco mais elevadas. Para Campos do Jordão um aumento de aproximadamente 4°C na temperatura interna das unidades habitacionais térreas e de 2°C para as UHs do terceiro pavimento e de cobertura não promoveria uma situação de desconforto para os usuários uma vez que esta cidade apresenta um dia típico de verão com temperaturas máximas abaixo do limite aceitável para a zona de conforto adaptativa estabelecida pela ASHRAE 55/2010.

Tabela 50 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Campos do Jordão - SP

ZB1 - VERÃO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	17,9	22,6	18,1	22,8	17,9	22,6	18,0	22,8	17,9	21,6	18,0	22,0	17,6	22,3	17,8	22,8	17,9	21,5	18,0	21,9
	3°	19,5	24,3	19,7	24,6	19,3	24,2	19,6	24,5	19,7	23,5	20,0	24,1	19,4	24,2	19,7	24,8	19,7	23,5	20,1	24,1
	4°	19,9	24,7	20,0	24,9	19,4	24,1	19,6	24,3	19,9	23,6	20,2	23,9	19,6	24,2	19,9	24,5	19,9	23,6	20,2	23,9
1 Ren/h + veneziana	1°	17,9	22,5	18,0	22,6	17,9	22,5	18,0	22,6	17,8	21,4	18,0	21,7	17,6	22,1	17,7	22,5	17,8	21,4	17,9	21,6
	3°	19,4	24,1	19,5	24,2	19,3	24,0	19,4	24,1	19,5	23,2	19,8	23,6	19,4	23,9	19,5	24,3	19,6	23,2	19,8	23,6
	4°	19,8	24,5	20,1	24,6	19,3	23,9	19,5	24,0	19,7	23,3	19,9	23,5	19,5	23,9	19,7	24,1	19,7	23,3	20,0	23,5
5 Ren/h	1°	17,3	24,2	17,4	24,2	17,3	24,2	17,3	24,2	17,2	23,7	17,3	23,8	17,3	24,1	17,1	24,2	17,2	23,7	17,3	23,8
	3°	18,0	25,0	18,2	25,1	18,0	25,0	18,1	25,0	18,0	24,6	18,2	24,7	17,9	24,9	18,0	25,1	18,1	24,5	18,2	24,7
	4°	18,3	25,2	18,4	25,1	18,0	24,9	18,1	24,9	18,1	24,6	18,2	24,6	18,0	24,9	18,1	25,0	18,1	24,6	18,2	24,6
5 Ren/h + veneziana	1°	17,2	24,1	17,3	24,1	17,2	24,1	17,3	24,1	17,2	23,6	17,2	23,7	17,0	24,0	17,1	24,1	17,2	23,6	17,2	23,6
	3°	18,0	24,9	18,1	24,9	18,0	24,9	18,0	24,8	18,0	24,4	18,1	24,5	17,8	24,8	18,0	24,9	18,0	24,4	18,1	24,5
	4°	18,2	25,1	18,3	25,0	18,0	24,8	18,0	24,7	18,1	24,4	18,1	24,4	17,9	24,8	18,0	24,8	18,1	24,4	18,1	24,4

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Quanto ao dia típico de inverno da cidade de Campos do Jordão – SP (ZB1), ocorrido em 17 de julho, a temperatura mínima externa atingiu nesta ocasião a marca de 3,0°C. A TN para este mês foi de 21,4°C. Conforme se observa na Tabela 51 as temperaturas máximas mais críticas dos ambientes nos três pavimentos testados mantiveram-se abaixo de 16,1°C, valor aquém do limite inferior para conforto (17,7°C), em todos os protótipos. Cabe destacar que a temperatura mínima mais crítica alcançou 8,3°C (1 ren/h + veneziana), para as unidades habitacionais no quarto pavimento implantadas no N2 para todos os sistemas construtivos, exceto para as paredes de concreto maciças com cobertura isolada com *foil* de alumínio bem como as paredes de concreto com EPS. A adoção de sombreamento agrava a ocorrência de temperaturas mínimas mais críticas não se mostrando, portanto, necessária para a condição de simulação do dia típico de inverno. Todavia, foi considerada nestas análises uma vez que se mostrou presente em muitos casos no período do dia típico do verão. Para o atendimento das condições relativas ao

desempenho edilício estabelecidas na NBR 15.575 para esta cidade deve-se atingir internamente a temperatura de 6°C, 8°C e 10°C, respectivamente, para o desempenho térmico mínimo, intermediário e superior da UH. Considerando-se as unidades habitacionais mais críticas de cada pavimento seria possível alcançar o nível intermediário previsto nesta norma. Contudo, internamente os usuários estariam sujeitos às temperaturas abaixo do limite inferior da faixa de conforto adaptativa aceita (ASHRAE 55/2010) ao longo de todo o dia necessitando, portanto, de equipamentos artificiais para condicionamento do ar como meio para possibilitar condições de temperatura adequadas para o seu conforto no ambiente.

Tabela 51 – Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Campos do Jordão - SP

ZB1 - INVERNO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	9,5	15,5	9,5	15,5	9,5	15,5	9,5	15,5	10,9	15,2	10,5	14,8	9,7	16,1	9,6	15,8	10,3	15,2	10,3	14,7
	3°	8,6	14,8	8,5	14,7	8,6	14,9	8,4	14,7	9,4	14,9	9,2	14,0	8,7	15,6	8,5	14,8	9,5	14,9	9,3	14,1
	4°	8,6	14,6	8,4	14,4	8,6	14,7	8,3	14,4	9,3	14,3	9,1	13,6	8,7	14,8	8,4	14,4	9,4	14,3	9,1	13,7
1 Ren/h + veneziana	1°	9,5	15,1	9,5	15,3	9,5	15,1	9,5	15,3	10,2	14,8	10,2	14,6	9,7	15,7	9,6	15,6	10,3	14,8	10,2	14,6
	3°	8,5	14,3	8,4	14,4	8,5	14,3	8,4	14,4	9,3	14,0	9,1	13,6	8,6	14,8	8,4	14,4	9,3	14,1	9,1	13,5
	4°	8,5	14,1	8,3	14,0	8,5	14,3	8,3	14,2	9,2	13,9	8,9	13,3	8,5	14,4	8,3	14,0	9,2	14,0	9,0	13,3

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Neste contexto, verifica-se de modo geral que a temperatura mínima, em todas as condições simuladas, ficou abaixo do limite inferior para conforto no dia típico de inverno para todos os sistemas construtivos. Assim, conforme se observa no Apêndice E, para as cidades de Passo Fundo - RS, Belo Horizonte - MG, Brasília - DF e Campos dos Goytacazes - RJ as temperaturas mínimas aferidas internamente foram: 7,3°C, 15,0°C, 15,1°C e 17,7°C, respectivamente, para as UHs térreas, considerando o projeto original na implantação N1 com 1 ren/h, que apresentou os resultados mais críticos em comparação com os demais protótipos testados. Para esta situação, verifica-se que a consideração da ocupação e do equipamentos elétricos no modelo para simulação computacional poderia favorecer as condições de conforto térmico dos usuários no dia típico de inverno.

De modo geral, para o período de verão, as temperatura internas máximas ultrapassaram o limite superior para conforto, no dia típico para todos os protótipos testados, exceto na ZB1. Nota-se que nas cidades das zonas 2 a 8 as temperaturas mais críticas atingidas nas UHs de cobertura na implantação N2, para o projeto original foram, respectivamente:

31,9°C (5 ren/h), 33,5°C (1 ren/h), 32,3°C (1 ou 5 ren/h), 33,3°C (5 ren/h), aproximadamente 33,7°C (1 ou 5 ren/h), 39,5°C (1 ou 5 ren/h) e 36,4°C (1 ren/h) (Vide Apêndice E). Observa-se, portanto, tendência no sentido contrário em relação àquela ocorrida para o verão na ZB1. O aumento da taxa de renovação do volume do ar por hora favoreceu o aumento das temperaturas internas exceto, na ZB3, ZB4, ZB6 e ZB7. Já o uso de venezianas nas janelas dos quartos possibilitou uma redução nas temperaturas aferidas nos ambientes.

Conforme se observa na Tabela 52, as temperaturas máximas mais críticas dos ambientes nos três pavimentos testados na cidade de Manaus - AM (ZB8) mantiveram-se acima de 31,7°C e 32,0°C, respectivamente para a implantação N1 e 2. Neste sentido, verifica-se um valor além do limite superior para conforto pela ASHRAE 55/2010 (30,1°C), em todos os protótipos. Cabe destacar que a temperatura máxima mais crítica alcançou 36,4°C, aproximadamente 35,9°C e 35,0°C, respectivamente, para o projeto original, para as paredes de concreto maciças ou com concreto e vermiculite sendo ambas coberturas isoladas por lã de vidro bem como para as paredes de concreto maciças com a cobertura isolada por *foil* de alumínio ou para as paredes de concreto com EPS, considerando as unidades habitacionais no quarto pavimento, implantadas no N2 (1 ren/h). Para o atendimento das condições estabelecidas na NBR 15.575 para esta cidade deve-se atingir internamente a temperatura máxima de 35,3°C, 34,3°C e 33,3°C com temperatura interna mínima de 28,4°C, respectivamente, para o desempenho térmico mínimo, intermediário e superior da UH.

Considerando-se as unidades habitacionais mais críticas de cada pavimento seria possível alcançar o nível mínimo previsto na NBR 15.575 (2013) para todos os sistemas construtivos com 5 ren/h, exceto para o projeto original na implantação N2 na qual seria necessário adotar o sombreamento para atingir a condição mínima exigida. Contudo, internamente os usuários estariam sujeitos à temperaturas acima do limite superior da faixa de conforto adaptativa aceita pela ASHRAE 55/2010 (30,1°C) nos períodos mais quentes do dia necessitando, portanto, de equipamentos artificiais para condicionamento do ar como meio para possibilitar condições de temperatura adequadas para o seu conforto no ambiente. A inexistência de ocupação e de equipamentos possibilita uma menor elevação da temperatura em razão da não consideração da carga térmica destes elementos

no ganho de calor da edificação. Assim, caso fosse considerada a ocupação do edifício, as temperaturas internas alcançariam valores ainda maiores.

Tabela 52 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Manaus - AM.

ZB8 - VERÃO		Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)			
Condição de ventilação e pavimento		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2	
		Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max
1 Ren/h	1°	28,3	33,0	28,5	34,0	28,2	33,5	28,5	34,0	28,2	31,9	28,6	32,3	28,0	32,7	28,3	33,7	28,2	31,9	28,6	32,3
	3°	29,7	35,5	30,3	36,3	29,6	35,3	30,1	36,1	29,8	33,6	30,7	35,2	29,5	34,8	30,3	36,4	28,8	33,5	30,7	35,2
	4°	30,2	35,8	30,7	36,4	29,7	34,9	30,2	35,8	30,0	33,5	30,8	35,0	29,7	34,7	30,4	35,9	30,0	33,5	30,8	35,0
1 Ren/h + veneziana	1°	28,2	33,0	28,5	33,5	28,2	33,3	28,4	33,5	28,2	31,7	28,5	32,0	28,0	32,4	28,2	33,1	28,2	31,7	28,5	32,0
	3°	29,7	35,2	30,1	35,7	29,5	35,0	29,9	35,5	29,7	33,3	30,3	34,3	29,4	34,4	30,0	35,4	29,7	33,2	30,3	34,2
	4°	30,1	35,5	30,5	35,9	29,7	34,8	30,0	35,2	29,9	33,3	30,4	34,5	29,6	34,2	30,1	35,2	29,9	33,2	30,4	34,1
5 Ren/h	1°	27,8	34,0	27,9	34,0	27,8	34,0	27,9	34,0	27,8	33,4	27,9	33,6	27,7	33,8	27,8	34,0	27,8	33,4	27,9	33,6
	3°	28,4	34,8	28,7	35,1	28,4	34,7	28,6	35,0	28,4	34,1	28,7	34,5	28,3	34,5	28,6	35,0	28,4	34,1	28,7	34,5
	4°	28,6	34,8	28,9	35,6	28,4	34,6	28,6	35,1	28,5	34,1	28,7	34,3	28,3	34,4	28,6	35,0	28,4	34,1	28,7	34,3
5 Ren/h + veneziana	1°	27,8	33,9	27,9	33,8	27,8	33,9	27,9	33,8	27,8	33,4	27,9	33,5	28,3	33,7	27,8	33,8	27,8	33,3	27,9	33,5
	3°	28,4	34,6	28,5	34,7	28,3	34,5	28,5	34,6	28,3	34,0	28,6	34,2	28,2	33,9	28,4	34,5	28,3	34,0	28,6	34,1
	4°	28,6	34,7	28,8	35,1	28,4	34,5	28,5	34,6	28,4	34,0	28,6	34,1	27,7	34,3	28,5	34,5	28,4	34,0	28,6	34,1

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

No Gráfico 4, os limites de temperatura estabelecidos pela NBR 15.575 (2013) para desempenho no dia típico de verão e inverno, sem ocupação, foram contrastados com as referências das Normais Climatológicas (1961-1990), do arquivo climático simulado (EPW ou SWERA dependendo da cidade) e com as zonas de conforto adaptativa indicada pela ASHRAE 55/2010 para 80% de aceitação dos usuários. Nota-se que a linha azul, que delimita a condição máxima permitida para desempenho mínimo no verão pela NBR 15.575, encontra acima da zona de conforto estabelecida pela ASHRAE 55/2010 (linha alaranjada). Verifica-se, também que a temperatura interna aceita por esta norma equivale a temperatura máxima externa local. Tais valores encontram-se próximos das barras de cor bordô e roxa que equivalem a temperatura média máxima absoluta das Normais Climatológicas e a temperatura máxima diária para o dia crítico de verão conforme o arquivo climático, respectivamente. Já para o inverno, nota-se que a linha rosa, que delimita a condição mínima permitida para desempenho mínimo no inverno pela NBR 15.575, encontra abaixo da zona de conforto estabelecida pela ASHRAE 55/2010 (linha alaranjada). Verifica-se, também que a temperatura interna aceita por esta norma é ligeiramente superior que a temperatura externa local mínima aferida no dia típico deste período. Neste caso, os valores aceitos encontram-se, no geral, mais próximos da barras de cor bordô que equivalem a temperatura média mínima absoluta das Normais Climatológicas. Percebe-se, portanto, que o limite aceito pela NBR 15.575 se baseia em valores extremos de temperatura.

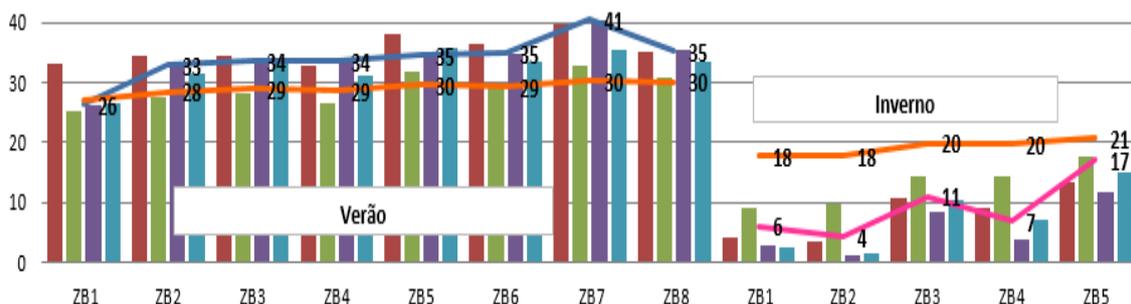


Gráfico 4 – Comparativo dos limites de temperatura para desempenho no verão e inverno em face da NBR 15.575. Fonte: ABNT, 2013; INMET, [200-]; Dados extraídos da simulação computacional. Legenda das Temperaturas (°C): ■ Média máxima e mínima absoluta - Normais Climatológicas (1961-1990); ■ Máxima e mínima diária para o dia crítico verão e inverno - Arquivo Climático SWERA/EPW; — Máxima diária = Condição máxima para desempenho no verão – NBR 15.575; — Limite de conforto superior (verão) e inferior (inverno) com 80% de aceitação dos usuários – ASHRAE 55/2010; ■ Média máxima (verão) e mínima (inverno) - Normais Climatológicas (1961-1990); ■ Média máxima (verão) e mínima (inverno) - Arquivo Climático SWERA/EPW; — Mínima diária + 3°C = Condição Mínima para desempenho no inverno – NBR 15.575.

De modo geral, nota-se que os limites de temperatura estabelecidos para o desempenho térmico da edificação não estão atrelados à limites máximos e mínimos de temperaturas aceitas pelos usuários para garantir condições mínimas de conforto térmico nos ambientes. Neste contexto, a edificação pode atender o desempenho previsto ainda que o usuário esteja em desconforto no ambiente. Na prática, o desempenho exigido pela NBR 15.575 pode estar inadequado para garantir condições mínimas de conforto ao usuário. A referência adotada com base, exclusivamente, na temperatura externa máxima e mínima pode possibilitar temperatura interna muito elevada ou muito baixa como desempenho satisfatório da edificação perante esta norma. Neste sentido, se mostra indispensável que o desempenho térmico mínimo da edificação garanta condições adequadas de conforto térmico ao usuário, por um período definido como razoável, durante a sua ocupação nos ambientes de permanência prolongada, de acordo com as condições climáticas locais e parâmetros de aceitabilidade às variáveis climáticas, definidos para os moradores de tal localidade.

Neste contexto, poderia ser pertinente ampliar a verificação da ocorrência das situações extremas que possibilitem desconforto por calor ou frio ao longo do ano e não somente realizar verificação para o dia típico, considerado como o mais crítico, no período de verão ou inverno. O programa de simulação indicado pela NBR 15.575 (2013) permite simular as 8760 horas dos 365 dias do ano. No tópico de caracterização das condições

climáticas das cidades selecionadas foi possível perceber que em algumas cidades a ocorrência de temperaturas aquém ou além do limite inferior ou superior de conforto pode ser frequente no período noturno e período diurno, respectivamente. Desta forma, seria possível acompanhar a eficácia do sistema construtivo de forma mais precisa ao longo das variações climáticas anuais. Infere-se, portanto, que a adoção de índices de conforto como complementação dos limites para o método de simulação da NBR 15.575 poderá contribuir para a aprovação de sistemas construtivos que tenham desempenho térmico atrelado às expectativas dos usuários em relação às condições climáticas locais.

Em suma, verifica-se que a simplificação do método de simulação computacional proposto na NBR 15.575 (2013) bem como a ausência de correlação com referenciais de conforto térmico para os usuários tornam esta metodologia sujeita a respostas distorcidas e inadequadas para a realidade climática brasileira. D'ell Santo, Alvarez e Nico-Rodrigues (2013) identificaram em estudo similar desta norma tendências neste mesmo sentido. Por outro lado, a exigibilidade da NBR 15.575 em 2013 foi relevante tendo em vista o padrão construtivo das habitações, especialmente de interesse social, que vem sendo produzidas, indistintamente no território nacional. Contudo, seu método prescritivo se mostra muito restritivo e o de simulação muito permissivo não sendo considerado satisfatório para garantir desempenho térmico adequado para as condições climáticas brasileiras. A revisão da NBR 15.575 em 2013 foi um passo tímido em face dos pontos que poderiam ter sido aprimorados. Neste contexto, se faz de grande relevância a continuidade de estudos nesta seara de modo a viabilizar futuros aprimoramentos nas exigências da NBR 15.575 dada a sua ampla abrangência bem como o potencial de impacto que este instrumento tem no mercado da construção civil brasileira.

Complementarmente considera-se que o método aprofundado estabelecido para avaliar o desempenho térmico para o dia típico deste instrumento não garante conforto ao usuário uma vez que a edificação pode apresentar temperaturas internas elevadas no verão e reduzidas no inverno, possibilitando valores muito além e aquém, respectivamente, da zona de conforto adaptativa proposta pela ASHRAE 55/2010 para 80% de aceitação dos usuários. Ademais, a condição de ventilação estabelecida está distante do funcionamento real da edificação uma vez que ao se adotar uma taxa de renovação do ar fixa pode-se sub ou superestimar o potencial da ventilação natural. As informações da velocidade do vento poderiam ser consideradas para cada cidade específica conforme dados apresentados em

seu respectivo arquivo climático. Da forma como as exigências são apresentadas nesta norma é possível que um sistema construtivo não aprovado em relação aos parâmetros mínimos estabelecidos para o método prescritivo passe a atender suas exigências após os resultados da simulação, sem qualquer modificação nas desconformidades do edifício em relação à área de ventilação mínima, comportamento inadequado do sistema construtivo, entre outros. Pode-se ainda, em alguns casos, atingir padrões melhores do que o mínimo exigido sem possibilitar condições mínimas para a manutenção do conforto do usuário no ambiente. A análise dos resultados obtidos pela simulação de acordo com as condições estabelecidas na NBR 15.575 (2013) para cada zona bioclimática não se mostra suficiente para afirmar que a edificação com determinado sistema construtivo possui desempenho térmico mínimo ou mesmo que a estratégia da adoção da ventilação natural ou do sombreamento foi adequada para propiciar conforto térmico aos usuários (ABNT, 2013; SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013).

Quanto ao RTQ-R, os resultados da simulação computacional indicaram que o Quarto 2, da unidade habitacional 402, implantada no N2, orientado para Oeste (abertura) e Norte (parede opaca) foi o ambiente que apresentou, no geral, as condições mais críticas de temperatura interna. Neste contexto, foram contrastadas, a seguir, as variações anuais das temperaturas externas, em alaranjado claro, as temperaturas internas, em alaranjado escuro bem como a zona de conforto adaptativa indicada pela ASHRAE 55/2010 sendo a linha azul seu limite inferior e a linha bordô seu limite superior de temperatura com 80% de aceitação dos usuários. As opções de paredes maciças de concreto foram apresentadas em um único gráfico uma vez que o acréscimo de isolamento na cobertura não impactou de forma relevante nos resultados aferidos para a temperatura no ambiente. Por outro lado, as variações horárias justificaram a análise isolada das variações de parede de concreto com vermiculite e EPS. Cabe destacar que os valores mais extremos da faixa de conforto mensal foram de 17,7°C, 26,9°C e 22,2°C, 30,1°C, respectivamente para o limite inferior e superior da cidade de Campos do Jordão - SP e Manaus - AM.

Assim, no Gráfico 5, nota-se que as opções de vedação vertical em concreto maciço acompanharam os picos das variações externas de temperatura ao longo do ano tendo evitado de forma mais significativa a perda de calor nos ambientes nas condições externas mais extremas em Campos do Jordão - SP. Já na cidade de Manaus - SP, conforme se observa no Gráfico 6 invertendo a sobreposição das variáveis, nota-se que os picos

internos de temperatura foram maiores do que aqueles ocorridos externamente. Neste caso, o sistema construtivo não conseguiu amortecer o ganho de calor no ambiente da forma que se esperava tendo ultrapassando a marca de 36°C na condição mais extrema.

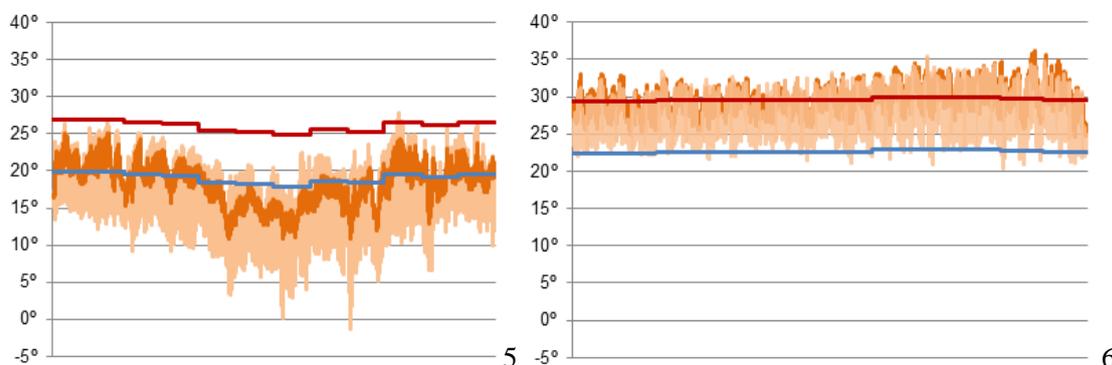


Gráfico 5 e 6. T interna versus externa para as Parede de concreto maciça e cobertura isolada (lã de vidro ou *foil* de alumínio) ou não na cidade de Campos do Jordão – SP e Manaus – AM, respectivamente. Fonte: Dados extraídos da simulação computacional para o RTQ-R. Legenda: — Temperatura externa; — Temperatura interna; — Limite de temperatura inferior de conforto e — Limite de temperatura superior de conforto para a ASHRAE 55/2010 para 80% de aceitação dos usuários.

No Gráfico 7, nota-se que o sistema de paredes maciças de concreto com vermiculite propiciou uma menor amplitude térmica no ambiente tendo possibilitado uma temperatura mínima interna de 14°C ao invés de 11°C aferida para o sistema de parede de concreto maciça isolada ou não (Vide Gráfico 12) nas condições externas mais extremas de Campos do Jordão - SP. Já no Gráfico 8 observa-se que este sistema conseguiu amortecer mais o ganho de calor no ambiente ao longo do ano para a cidade de Manaus - AM em comparação com aquele composto unicamente por concreto. Neste sentido, nota-se, de modo geral, uma redução na temperatura máxima interna em comparação com a externa. Entretanto, no caso mais extremo a temperatura máxima no ambiente foi de 34°C.

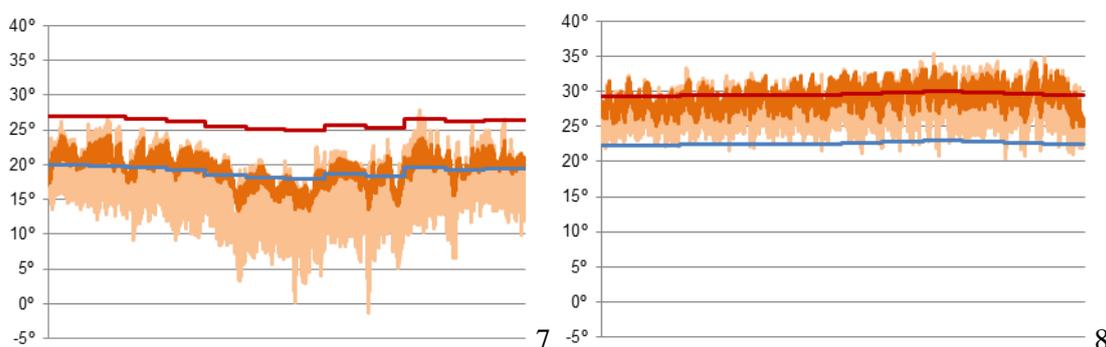


Gráfico 7 e 8. T interna versus externa para a Parede de Concreto com vermiculite e cobertura com lã de vidro na cidade de Campos do Jordão – SP e Manaus – AM, respectivamente. Fonte: Dados extraídos da simulação computacional para o RTQ-R. Legenda: — Temperatura externa; — Temperatura interna; — Limite de temperatura inferior de conforto e — Limite de temperatura superior de conforto para a ASHRAE 55/2010 para 80% de aceitação dos usuários.

No Gráfico 9, nota-se que o sistema de paredes maciças de concreto com EPS foi aquele que permitiu a menor variação de temperatura média nos ambientes tendo possibilitado uma temperatura mínima interna de 14,6°C nas condições externas mais extremas de Campos do Jordão - SP. Já no Gráfico 10 observa-se que este sistema mais isolado conseguiu amortecer ainda mais o ganho de calor no ambiente para a cidade de Manaus - AM ao longo do ano em comparação com aquele composto por concreto e vermiculite. Nota-se uma redução mais significativa na temperatura máxima interna em comparação com a externa. Entretanto, no caso mais extremo a temperatura máxima no ambiente foi de 33,5°C.

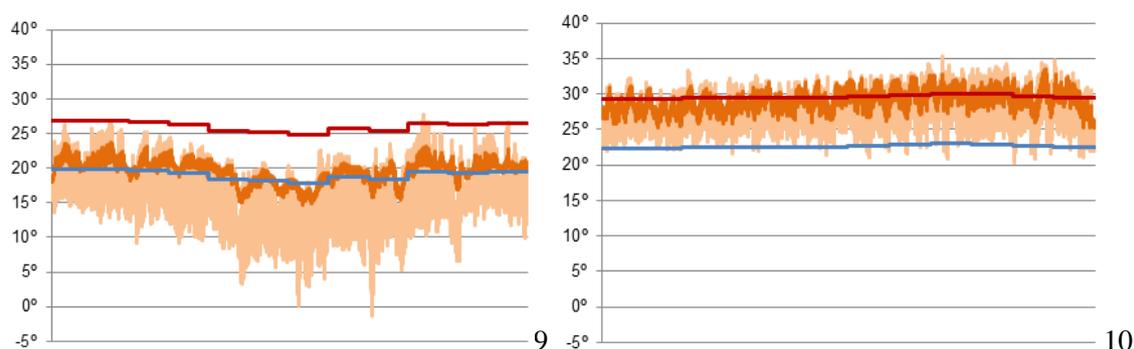


Gráfico 9 e 10. T interna versus externa para a Parede de Concreto com EPS e cobertura com lã de vidro na cidade de Campos do Jordão – SP e Manaus – AM, respectivamente. Fonte: Dados extraídos da simulação computacional para o RTQ-R. Legenda: — Temperatura externa; — Temperatura interna; — Limite de temperatura inferior de conforto e — Limite de temperatura superior de conforto para a ASHRAE 55/2010 para 80% de aceitação dos usuários.

Complementarmente, considerou-se a zona de conforto adaptativa referenciada na ASHRAE 55/2010 (Vide Apêndice F) como base para a análise dos resultados da temperatura interna obtida pela simulação dos parâmetros estabelecidos no RTQ-R. Neste sentido, nota-se um desconforto por frio e calor maior nas unidades habitacionais térreas e de cobertura, respectivamente, levando-se em consideração as horas de ocupação desconfortáveis ao longo do ano. No Apêndice F foram apresentadas tabelas com os resultados de desconforto para todas as UHs térreas e de cobertura.

Na síntese apresentada na Tabela 53, foi feita uma média do Percentual de Horas Ocupadas em Conforto (POC) e em desconforto (POD) das UHs por pavimento. Neste contexto, verifica-se desconforto por frio mais acentuado nas zonas bioclimáticas 1 e 2, especialmente nas habitações do primeiro pavimento. O contato com o solo pode ter contribuído para acentuar a perda de calor destas unidades. Nota-se que o acréscimo de isolamento na cobertura na opção de paredes maciças de concreto aumentou as horas de

desconforto por frio em comparação com o projeto original ao passo que o isolamento das paredes contribuiu para minimizar este incômodo. Já o desconforto por calor foi mais marcante nas zonas bioclimáticas 7 e 8, especialmente nas habitações do quarto pavimento. A radiação direta recebida pela cobertura ao longo do dia pode ter contribuído para acentuar o ganho de calor destas unidades. Nota-se que no projeto original a ZB5 também apresentou um desconforto considerável nas UHs de cobertura. De modo geral, o isolamento da cobertura no sistema construtivo composto por paredes maciças de concreto reduziu as horas de desconforto por calor em comparação com o projeto original. Já o isolamento das paredes contribuiu para minimizar o desconforto por calor em todas as zonas, à exceção da ZB8 em que se observou uma tendência contrária.

Em relação ao conforto térmico nos ambientes, no geral, as UHs do primeiro pavimento apresentaram um maior percentual de horas confortáveis. Por outro lado, nas zonas 1, 2 e 4 observou-se tendência contrária em todos os protótipos. Assim, as unidades do quarto pavimento obtiveram um maior número de horas confortáveis em razão do decréscimo aferido para o POD em relação ao frio em comparação com o primeiro pavimento. Nota-se, ademais, que na ZB6, os protótipos de paredes maciças de concreto e cobertura com lâ de vidro bem como o sistema de vedação vertical com EPS apresentaram também maior conforto nas unidades do quarto pavimento.

Tabela 53 – Síntese do Percentual de Horas Ocupadas em Conforto e Desconforto por frio ou calor para as UHs térreas e de cobertura.

Tipologia / ZB / Índice por pavimento		1o andar			4o andar		
		POD calor	POD frio	POC	POD calor	POD frio	POC
Projeto Original: parede de concreto maciça)	ZB1	2	6339	2419	172	4892	3697
	ZB2	123	5663	2974	1076	4338	3346
	ZB3	791	2183	5786	4356	309	4096
	ZB4	428	3186	5146	2961	331	5468
	ZB5	492	2230	6039	4468	499	3793
	ZB6	269	3092	5399	3712	493	4555
	ZB7	2520	951	5290	7580	380	800
	ZB8	1927	50	6783	8612	0	148
Projeto Modificado: parede de concreto + cobertura com lâ de vidro	ZB1	0	6600	2160	48	5434	3278
	ZB2	75	5819	2867	719	4573	3468
	ZB3	564	2392	5803	3671	373	4716
	ZB4	253	3573	4934	2125	486	6149
	ZB5	330	2390	6040	3910	584	4266
	ZB6	179	3365	5216	2979	526	5255
	ZB7	2218	1006	5536	7360	437	963
	ZB8	1737	59	6964	8491	0	269
Projeto Modificado: parede de concreto + cobertura com foil de alumínio	ZB1	0	6645	2115	62	5352	3346
	ZB2	76	5858	2826	743	4596	3421
	ZB3	569	2430	5761	3677	399	4684
	ZB4	259	3597	4904	2185	503	6072
	ZB5	361	2333	6066	4062	531	4166
	ZB6	186	3360	5214	3100	520	5140
	ZB7	2269	1000	5492	7443	396	921
	ZB8	1753	60	6947	8521	0	240

Tipologia / ZB / Índice por pavimento		1o andar			4o andar		
		POD calor	POD frio	POC	POD calor	POD frio	POC
Projeto modificado: parede de concreto com vermiculite + cobertura com lã de vidro	ZB1	0	5394	3366	91	3196	5473
	ZB2	16	5494	3250	753	3667	4340
	ZB3	214	2623	5923	3751	251	4759
	ZB4	73	3525	5162	2417	245	6098
	ZB5	48	2554	6158	4199	362	4199
	ZB6	34	3443	5283	3431	430	4900
	ZB7	1020	1126	6613	7480	308	973
	ZB8	562	122	8076	8630	0	130
Projeto Modificado: parede de concreto com EPS e cobertura com lã de vidro	ZB1	0	4594	4166	22	2169	6570
	ZB2	0	5357	3403	560	3024	5176
	ZB3	23	2559	6178	3604	102	5055
	ZB4	1	3560	5199	1980	61	6719
	ZB5	3	2755	6003	4204	248	4308
	ZB6	0	3676	5084	3211	271	5278
	ZB7	279	1197	7284	7431	346	983
	ZB8	88	131	8540	8678	0	82

Legenda: POD - ■ A+ (0 a 10,01% de 0 a 876h); ■ A (10,01 a 20% de 877 a 1752h); ■ B (20,01 a 30% de 1753 a 2628h); ■ C (30,01 a 40% de 2629 a 3504h); ■ D (40,01 a 50% de 3505 a 4380h) e ■ E (>50,01% ou seja acima de 4381h). POC - ■ A+ (90,01 a 100% de 7884 a 8760h); ■ A (80,01 a 90% de 7009 a 7884h); ■ B (70,01 a 80% de 6133 a 7008h); ■ C (60,01 a 70% de 5257 a 6132h); ■ D (50,01 a 60% de 4381 a 5256h) e ■ E (<50% ou seja abaixo de 4380h).

Em suma, observa-se que o isolamento das paredes foi mais significativo nas zonas mais frias (ZB1 e 2) ao passo que nas zonas de 3 a 8 o isolamento da cobertura se mostrou uma melhor opção. Comparando as paredes maciças exclusivamente de concreto com aquelas compostas com vermiculite e EPS, ambas isoladas com lã de vidro na cobertura, nota-se que o POD para o calor, considerando as zonas de 3 a 8, foi maior do que para o sistema com vermiculite e EPS, à exceção da ZB3 e 4 para a opção com EPS. O Projeto original se mostrou inadequado para todas as zonas bioclimáticas brasileiras uma vez que possibilitou um desconforto por frio relevante nas zonas frias (1 e 2), especialmente nas UHs térreas, bem como um desconforto por calor significativo nas UHs de cobertura nas zonas bioclimáticas de 3 a 8. Apenas na ZB4 e ZB6 o percentual de horas confortáveis ultrapassou 59 e 62%, respectivamente para as UHs térreas e 62 e 52% para as unidades de cobertura ao longo do ano. Nas outras zonas este percentual de horas confortáveis ficou abaixo dos 50%.

Assim, com base nos resultados aferidos para as cidades testadas pode-se afirmar que os dois melhores sistemas construtivos para cada zona foram, respectivamente: o sistema com EPS seguido daquele com vermiculite para Campos do Jordão - SP (ZB1) e Passo Fundo - RS (ZB2); o sistema com EPS seguido das Paredes maciças de concreto e cobertura isolada com lã de vidro para Belo Horizonte - MG (ZB3) e Brasília - DF (ZB4); as Paredes maciças de concreto e cobertura isolada com lã de vidro seguida da opção com vermiculite para a cidade de Campos dos Goytacazes - RJ (ZB5); as Paredes maciças de

concreto e cobertura isolada com lã de vidro seguida da variação com EPS para Goiânia - GO (ZB6). Nenhum dos cinco sistemas construtivos apresentaram desempenho térmico adequado para garantir conforto térmico aos usuários em Cuiabá - MT (ZB7) e Manaus - AM (ZB8). Neste contexto, deveria ser verificada outra opção para a envoltória com materiais construtivos diferentes ou poderia ser adotado o sistema com EPS que apresentou resultados ligeiramente melhores do que os demais protótipos nestas zonas. Cabe destacar que para a opção com EPS somente seria possível se atingir conforto nas cidades testadas para a ZB7 e 8 com sistemas artificiais de condicionamento de ar uma vez que a ventilação natural, o sombreamento das aberturas juntamente com o sistema construtivo se mostrou insuficiente para garantir condições minimamente aceitáveis para os usuários nos ambientes de permanência prolongada.

Assim, para as cidades testadas, nas zonas de 1 a 4 o sistema com EPS se mostrou o mais viável ao passo que nas zonas 5 e 6, as paredes maciças de concreto e cobertura isolada com lã de vidro se mostrou a opção mais relevante. Nota-se que a opção com vermiculite não foi, em nenhuma zona bioclimática a opção mais viável. As paredes maciças de concreto que não atendiam ao requisito de transmitância térmica do método prescritivo conseguiram atingir desempenho adequado na simulação para a cidade de Campos dos Goytacazes - RJ e Goiânia - GO (ZB5 e 6, respectivamente), desde que a cobertura esteja isolada.

Para possibilitar a análise conjunta do percentual de desconforto por frio e calor em comparação com a classificação pelo método de simulação do RTQ-R foi atribuída uma nota ao POD similar àquela adotada por este regulamento<sup>77</sup>. Neste contexto, conforme se observa na Tabela 54 a verificação do  $GH_R$  proposta pelo RTQ-R para as unidades do primeiro pavimento atingiu resultados similares ao POD por calor. Grosso modo, apenas nas zonas 7 e 8 o percentual de horas em desconforto foi ligeiramente pior do que o  $GH_R$  para os protótipos de paredes maciças de concreto, exceto para a opção com isolamento de lã de vidro na cobertura para a ZB8.

---

<sup>77</sup> O percentual de desconforto foi relacionado ao equivalente numérico adotado para a classificação de A a E pelo RTQ-R da seguinte forma: até 10% eqNumEnv > 5 (A+); de 10 a 20% eqNumEnv entre 4,5 e 5 (A); de 20 a 30% eqNumEnv entre 3,5 e 4,5 (B); de 30 a 40% eqNumEnv entre 2,5 e 3,5 (C); de 40 a 50% eqNumEnv entre 1,5 e 2,5 (D) e acima de 50% eqNumEnv < 1,5 (E).

Tabela 54 – Comparativo entre o GHR e o POD por calor para as UHs térreas.

Desempenho médio das Uhs no 1º Pav. N2	ZB1		ZB2		ZB3		ZB4		ZB5		ZB6		ZB7		ZB8	
	GHR	POD														
Sistema Construtivo da HIS																
Projeto Original: Parede de concreto	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	4,0	5,0	4,0
Parede de concreto e cobertura com lâ	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	4,0	5,0	5,0
Parede de concreto e cobertura com <i>foil</i>	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	4,0	5,0	4,0
Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	5,0	5,0	6,0
Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0

Legenda: Classificação pelo RTQ-R e pelo POD - ■ A+ (EqNumEnv > 5,0) ■ A (4,5 ≤ EqNumEnv < 5,0) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5).

Em relação ao CA nota-se que na Tabela 55 a classificação estipulada pelo RTQ-R não foi condizente com os resultados do POD por frio para as unidades térreas. Nas cidades testadas para as zonas 1, 2 e 4 o desconforto por frio foi crítico em todos os protótipos se mostrando bastante acentuado nas zonas mais frias (ZB1 e 2). Por outro lado, o resultado para o CA indicou a classe “A” para este índice. Cabe destacar que o RTQ-R se pauta no consumo de referência para a classificação deste índice. Neste sentido, para as zonas mais frias estima-se um consumo elevado de energia dentro do limite estabelecido por este regulamento possibilitando a edificação obter uma boa classificação em relação à referência mesmo exigindo uma demanda considerável de energia elétrica para manutenção da temperatura do ambiente no parâmetro estabelecido. Esta variável mascara, portanto, a necessidade elevada da utilização de equipamentos elétricos para aquecimento do ambiente e superestima em alguns casos esta demanda em razão da referência adotada (22°C).

Tabela 55 – Comparativo entre o CA e o POD por frio para as UHs térreas.

Desempenho médio das UHs 1º Pav. N2	ZB1		ZB2		ZB3		ZB4	
	CA	POD	CA	POD	CA	POD	CA	POD
Sistema Construtivo da HIS								
Projeto Original: Parede de concreto	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	4,0	5,0	3,0
Parede de concreto e cobertura com lâ	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	4,0	5,0	2,0
Parede de concreto e cobertura com <i>foil</i>	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	4,0	5,0	2,0
Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	4,0	5,0	2,0
Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	4,0	5,0	2,0

Legenda: Classificação pelo RTQ-R e pelo POD - ■ A+ (EqNumEnv > 5,0) ■ A (4,5 ≤ EqNumEnv < 5,0) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5).

Conforme se observa na Tabela 56 a verificação do GHR proposta pelo RTQ-R para as unidades de cobertura atingiu resultados similares ao POD por calor apenas nas zonas mais frias (ZB1 e 2). Na zona bioclimática 4 o percentual de horas em desconforto por calor foi ligeiramente pior do que os resultados aferidos para o GHR. Nas demais zonas (3 e 5 a 8) a piora nos resultados do POD foi ainda mais perceptível. Nas zonas de 4 a 6 o isolamento da cobertura se mostrou relevante para a redução do POD por calor em

relação ao projeto original. Seria interessante avaliar o  $GHR$  considerando um limite máximo aceitável pelos usuários. O limite de  $26^{\circ}\text{C}$  estabelecido pelo RTQ-R se mostrou adequado para as zonas mais frias (ZB1 e 2) que apresentaram limite superior médio mensal da zona de conforto de 26 e  $26,7^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Para as demais zonas esta referência se mostrou inadequada considerando que o limite superior médio mensal da zona de conforto variou de 28 a  $29,6^{\circ}\text{C}$  para as zonas de 3 a 8 (Vide tópico de caracterização climática). Assim, poderia ser adotada uma referência para o  $GHR$  mais elevada para algumas zonas uma vez que o usuário aclimatado pode tolerar temperaturas maiores do que  $26^{\circ}\text{C}$ , dependendo das condições externas de ventilação natural. Contudo, nota-se que o somatório dos graus hora de resfriamento deverá ser mais rigoroso nos seus limites para a classificação uma vez que da forma em que se encontra possibilitou melhores resultados do que aqueles aferidos para o POD por calor.

Tabela 56 – Comparativo entre o  $GHR$  e o POD por calor para as UHs de cobertura.

Desempenho médio das Uhs no 4º Pav. N2	ZB1		ZB2		ZB3		ZB4		ZB5		ZB6		ZB7		ZB8	
	GHR	POD														
Sistema Construtivo da HIS																
Projeto Original: Parede de concreto	5,0	6,0	5,0	5,0	1,9	2,0	3,6	3,0	3,0	1,0	4,0	2,0	1,3	1,0	1,0	1,0
Parede de concreto e cobertura com lâ	5,0	6,0	5,0	6,0	3,2	2,0	4,5	4,0	4,0	2,0	4,9	3,0	2,3	1,0	2,0	1,0
Parede de concreto e cobertura com <i>foil</i>	5,0	6,0	5,0	6,0	3,1	2,0	4,3	4,0	4,0	2,0	4,9	3,0	2,0	1,0	2,0	1,0
Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)	5,0	6,0	5,0	6,0	3,3	2,0	4,8	4,0	4,0	2,0	4,7	3,0	2,0	1,0	2,0	1,0
Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)	5,0	6,0	5,0	6,0	3,8	2,0	5,0	4,0	4,0	2,0	5,0	3,0	2,4	1,0	2,0	1,0

Legenda: Classificação pelo RTQ-R e pelo POD - ■ A+ ( $\text{EqNumEnv} > 5,0$ ) ■ A ( $4,5 \leq \text{EqNumEnv} < 5,0$ ) ■ B ( $3,5 \leq \text{EqNumEnv} < 4,5$ ) ■ C ( $2,5 \leq \text{EqNumEnv} < 3,5$ ) ■ D ( $1,5 \leq \text{EqNumEnv} < 2,5$ ) ■ E ( $\text{EqNumEnv} < 1,5$ ).

Na Tabela 57 nota-se que a classificação estipulada pelo RTQ-R para o CA das unidades de cobertura foi divergente dos resultados do POD por frio nas zonas mais frias (ZB1 e 2). Os resultados indicaram a classe “A” para o consumo de aquecimento ao passo que o POD indicou classificação variando de B a E, dependendo do sistema construtivo. Nas demais cidades das zonas analisadas (ZB3 e 4) o percentual de horas em desconforto por frio não foi relevante. Nota-se, portanto, que à semelhança do  $GHR$ , o quantitativo do consumo de aquecimento anual deveria ser mais rigoroso nos seus limites para a classificação uma vez que da forma em que se encontra possibilitou melhores resultados do que aqueles aferidos para o POD por frio. Verifica-se, portanto, uma tolerância elevada para o consumo de energia elétrica para manutenção da temperatura do ambiente no limite estabelecido, indicando, neste contexto, relevância do ajuste de seus parâmetros para classificação da eficiência da edificação.

Tabela 57 – Comparativo entre o CA e o POD por frio para as UHs de cobertura.

Desempenho médio das UH no 4º Pav. N2	ZB1		ZB2		ZB3		ZB4	
	CA	POD	CA	POD	CA	POD	CA	POD
Sistema Construtivo da HIS	CA	POD	CA	POD	CA	POD	CA	POD
Projeto Original: Parede de concreto	5,0	1,0	5,0	2,0	5,0	6,0	5,0	6,0
Parede de concreto e cobertura com lâ	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	6,0	5,0	6,0
Parede de concreto e cobertura com foil	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	6,0	5,0	6,0
Parede de concreto + vermiculite e lâ (cob.)	5,0	3,0	5,0	2,0	5,0	6,0	5,0	6,0
Parede de concreto + EPS e lâ (cobertura)	5,0	4,0	5,0	3,0	5,0	6,0	5,0	6,0

Legenda: Classificação pelo RTQ-R e pelo POD - ■ A+ (EqNumEnv > 5,0) ■ A (4,5 ≤ EqNumEnv < 5,0) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5).

Em síntese, a classificação do RTQ-R pelo método de simulação computacional, acompanhou, de modo geral, a tendência dos resultados obtidos para o percentual de horas de desconforto analisado, exceto para o consumo de aquecimento das zonas frias (ZB1 e 2) e também da ZB4 das unidades térreas bem como para o GHR das unidades de cobertura das zonas 3, 5, 6, 7 e 8. A referência para a classificação do GHR e CA poderia ser diferenciada não somente pela zona bioclimática como também pela temperatura limite para os diferentes tipos de clima. A temperatura base para cálculo do GHR e CA, fixada em 26 e 22°C, respectivamente, para todas as zonas bioclimáticas brasileiras pode não estar ajustada às temperaturas aceitas como confortáveis para os usuários de cada localidade não representando de forma efetiva os graus-horas de resfriamento (GHR) e consumo relativo de aquecimento anual para uma edificação nas diferentes condições climáticas do território nacional.

Cabe destacar as temperaturas limite adotadas para referência de conforto deste regulamento foram obtidas a partir dos critérios da ISO 7730/2005 para atividades leves (70W/m²). No verão, período em que será requisitado o resfriamento do ambiente, considerou-se o isolamento térmico das roupas de 0,5 clo e a temperatura operativa entre 23°C e 26°C (SORGATO; LAMBERTS, 2011). Estudos anteriores demonstraram que a ISO 7730 se mostra mais eficaz para a avaliação de ambientes condicionados artificialmente, situação que não representa o sistema comum de ventilação das edificações residenciais brasileiras (MONTEIRO; ALUCCI, 2008; PEREIRA; ASSIS, 2010). A ASHRAE 55/2010 se mostrou mais adequada para avaliação de ambientes naturalmente ventilados propondo limites de temperaturas toleradas pelos usuários compreendidos em uma faixa mais extensa do que àquela adotada neste regulamento. Desta forma, os limites estabelecidos pelo RTQ-R permitem estimar um consumo de aquecimento maior do que aquele ocorrido de fato, bem como, um indicador de graus-

hora de resfriamento maior do que deveria em algumas localidades. Tal situação pode mascarar situações de conforto térmico do usuário em que o consumo para climatização artificial do ambiente não se mostra indicado.

Poderia ser adotada uma temperatura limite diferenciada por zona bioclimática ou uma referência única mais elevada e mais baixa para a quantificação geral estabelecida por ZB necessária na estimativa da demanda por refrigeração ( $GHR$ ) e consumo de energia para aquecimento ( $CA$ ), respectivamente, considerando uma média da faixa de conforto adaptativa brasileira. A classificação de A à E poderia, ainda, estar atrelada ao número de horas acima ( $GHR$ ) ou abaixo ( $CA$ ) do limite tolerável pelos usuários para se ter um indicativo semelhante entre as zonas. Assim, o potencial de adaptação ao clima estimado pelo  $GHR$  estaria associado ao percentual de horas em desconforto por calor. Já para o  $CA$ , considerando o potencial de adaptação dos usuários (vestimenta entre outras estratégias) que não impactam no consumo de eletricidade seria relevante definir uma faixa assimétrica em relação a este limite à semelhança do estudo de Peeters, de Dear, Hensen et al. (2009), possibilitando estimar um consumo de aquecimento mais condizente com a realidade que ocorre nas habitações, visto que não é uma prática comum no Brasil acionar equipamentos para aquecimento elétrico nos dormitórios quando este atinge temperaturas abaixo dos 22°C. Neste sentido, poderia ser testado um referencial com base numa condição crítica como por exemplo a referência de 16°C estabelecida pela OMS que considera que abaixo deste limite o ambiente estaria suscetível à proliferação de doenças respiratórias.

Já para o método de simulação da NBR 15.575 (2013) considera-se que este possibilitou resultados inadequados em comparação com os limites aceitáveis para conforto térmico dos usuários. Acredita-se que não seria possível alcançar condições adequadas de conforto térmico para o usuário com o padrão de atendimento relativo ao desempenho térmico edifício estabelecido nesta norma. Verifica-se, portanto a necessidade de expandir o período de análise bem como associar uma referência que possibilite garantir condições mínimas de conforto térmico dos usuários no edifício, em diferentes regiões para esta norma. Nota-se que em ambos os instrumentos normativos (NBR 15.575 e RTQ-R) a associação de um limite de conforto seria relevante para aprimoramento das análises do desempenho térmico da edificação em relação à expectativa geral de conforto dos

usuários dos ambientes. Contudo, se mostram necessárias maiores análises direcionadas para colaborar com este intuito específico.

#### **4.5 – Influência do sistema construtivo no desempenho da edificação**

A envoltória do edifício analisado compõe-se por diferentes opções de materiais em razão da variação do sistema construtivo adotado para as vedações verticais e horizontais. O Projeto original foi estruturado por paredes maciças internas e externas com 10 cm de concreto, laje maciça de concreto com 10 cm, uma câmara de ar entre a laje e a cobertura de altura variável além de telha de fibrocimento com 6 mm de espessura. Para isolamento da cobertura optou-se pela lã de vidro de 63,5 mm ou pelo *foil* de alumínio. Já para o isolamento da vedação vertical considerou-se as paredes de concreto maciças associadas ao vermiculite com 10 cm bem como as paredes maciças duplas de concreto com 4 cm e miolo de EPS com 2 cm.

No que tange ao estudo de caso proposto neste projeto de tese, a estrutura original do edifício (paredes maciças de concreto com 10 cm de espessura) tem a oferecer solidez estrutural com espessura mínima de parede, baixo potencial de inércia térmica, conforme o RTQ-R, em razão da pouca espessura, elevada transmitância térmica, reduzida resistência térmica e capacidade térmica média (em torno de 240 kJ/m<sup>2</sup>K, para ser alta deveria ser acima de 250 kJ/m<sup>2</sup>K), produzindo um atraso térmico de aproximadamente 2 horas. Assim, em locais com grande amplitude térmica, a associação do resfriamento da massa do sistema de vedação vertical por meio da ventilação noturna não possibilitaria um atraso térmico e amortecimento significativo do calor acumulado ao longo do dia. Para ser utilizado com esta finalidade a parede maciça de concreto deveria se apresentar com uma espessura generosa, em torno de 50 cm (Vide Tabela 32, pg. 116 deste estudo).

No caso das vedações verticais compostas exclusivamente por concreto maciço, o desconforto dos usuários no interior do edifício, seja por frio ou calor, poderá ser agravado, uma vez que este sistema não possui outro elemento isolante ou mesmo câmara de ar, que possa contribuir para amenizar os efeitos da sua condutividade térmica. Para os locais de clima frio recomenda-se que as paredes sejam complementadas internamente

com algum tipo de material isolante. Assim, poderá ser evitada a perda de calor do ambiente no período noturno e início da manhã, quando as temperaturas externas tendem a ser mais baixas. Em localidades de inverno rigoroso e verão de temperaturas elevadas esta estratégia pode contribuir para acentuar o desconforto por calor dos usuários nos períodos quentes, devendo, portanto, ser analisada com cautela. Nota-se, portanto que as paredes de concreto maciças necessitam de ajustes para atender as exigências normativas referentes ao desempenho térmico esperado para a edificação no território nacional. Assim, os valores de transmitância térmica e capacidade térmica deverão ser ajustados em função da cor em que a superfície das paredes se apresenta externamente conforme as exigências de cada zona bioclimática brasileira.

Quanto ao sistema de vedação horizontal, a laje maciça de concreto com 10 cm, coberta por telha de fibrocimento (6 mm) associada à uma câmara de ar possibilitaria um maior potencial de aproveitamento da inércia térmica em comparação com as paredes, podendo ser considerado como um sistema de inércia térmica média. Para se alcançar uma inércia térmica elevada deveria se apresentar, no mínimo, com 14 cm de espessura (Vide Tabela 32). Todavia, por apresentar elevada resistência térmica, reduzida transmitância térmica, capacidade térmica alta, conforme o RTQ-R e atraso térmico de aproximadamente 5 horas possibilitaria um maior atraso e amortecimento da radiação solar recebida ao longo do dia em sua superfície exposta em comparação com as paredes de fechamento vertical da envoltória.

Verifica-se que este sistema de cobertura apresenta um potencial de armazenamento de calor mais significativo em comparação com as paredes maciças de concreto. Seu efeito pode ser notado apenas nas unidades habitacionais do último pavimento. Neste sentido, pode-se aproveitar tais características deste sistema em regiões mais frias, de inverno rigoroso, desde que não apresente verão com temperaturas elevadas. Cabe destacar que a superfície da cobertura encontra-se exposta à radiação solar direta ao longo de todo o percurso realizado pelo movimento aparente do Sol em relação à Terra. Assim, seu isolamento térmico se mostra necessário para minimizar o ganho de calor excessivo nas regiões de clima quente. Contudo, assim como ocorreu para as paredes, o sistema de cobertura necessita de ajustes nos valores de transmitância térmica devido ao elevado potencial de absorvância solar da cor escura em que se apresenta a telha de fibrocimento

( $\alpha = 0,8$ ) para se adequar às imposições normativas das diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.

Nota-se, portanto, que este sistema construtivo composto por paredes e lajes maciças de concreto poderá propiciar desempenho térmico adequado em diferentes regiões brasileiras desde que se considere as características climáticas locais bem como os ajustes necessários para sua adequação às condições específicas do clima de cada localidade. O uso do potencial de armazenamento de calor possibilitado pela inércia térmica média da cobertura se mostra relevante em regiões com considerável amplitude térmica diária em razão da grande variação de temperatura ao longo do dia. Já nas regiões de clima quente e úmido, que apresentam pequenas variações da temperatura no decorrer do dia, se mostra indicado adotar materiais de baixa inércia térmica que armazenem o mínimo de calor possível. Em suma, para maximizar o desempenho térmico da envoltória do edifício, e, conseqüentemente, o conforto térmico dos usuários nos ambientes, seria recomendável adotar nas regiões quentes, o isolamento da cobertura e nas regiões frias, isolamento das paredes, considerando o sistema construtivo em questão.

Neste contexto, é possível, ainda, associar a ventilação natural, a correta orientação dos ambientes de permanência prolongada do edifício, a adoção de dispositivos para sombreamento das aberturas, bem como a escolha adequada da cor dos materiais da envoltória para maximizar o desempenho do edifício, entre outras estratégias. O sistema construtivo não pode ser considerado como o único responsável por um desempenho inadequado para determinada condição climática.

# 5

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos neste trabalho foram cumpridos. Verifica-se que metodologia adotada possibilitou mapear as mudanças que contribuíram para melhoria do desempenho térmico do edifício e também para as condições de conforto térmico dos usuários, bem como, avaliar a tolerância das exigências previstas nas normas brasileiras. Neste sentido, as paredes de concreto utilizadas originalmente na edificação apresentaram um desempenho térmico insuficiente para todas as zonas bioclimáticas brasileiras pelo método prescritivo das normas analisadas, quais sejam: NBR 15.220, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R. Verificou-se que somente após alterações na composição original do sistema construtivo foi possível atender aos limites estabelecidos pelo método prescritivo destes instrumentos normativos. Algumas variáveis, como a área mínima para ventilação natural da NBR 15.220 (2005) demonstrou ser muito rigorosa em relação às outras normas ao passo que o limite de transmitância térmica de paredes e coberturas também da NBR 15.220 (2005) se mostrou pouco exigente ou muito rigoroso em determinadas zonas bioclimáticas em comparação com os demais instrumentos, uma vez que não apresenta valores diferenciados em função da absorvância solar relativa à cor da superfície externa. Sugere-se, portanto, uma uniformidade nas exigências. A NBR 15.575 poderia apresentar os limites a serem seguidos para os demais instrumentos e a NBR 15.220 poderia apresentar complementações às suas exigências ampliando o seu foco de abrangência, deixando de se aplicar, portanto, para HIS unifamiliares, exclusivamente. Neste sentido, verifica-se também a relevância da revisão do zoneamento bioclimático brasileiro para aprimoramento das análises prescritivas uma vez que o zoneamento em vigor apresenta algumas incongruências na classificação por interpolação de dados do clima de algumas cidades brasileiras.

Para o método prescritivo apenas a opção de parede de concreto maciça com camada de EPS atenderia as exigências para todas as zonas bioclimáticas e normas. Contudo, para a NBR 15.220 (2005), conforme a zona bioclimática em que a edificação estiver localizada,

se mostra necessário redução ou acréscimo na espessura da placa de EPS testada para se alcançar os limites exigidos por esta norma. Já as paredes de concreto com vermiculite cumpririam os requisitos normativos estabelecidos para transmitância térmica para todas as normas apenas na ZB8. Contudo, considerando somente a NBR 15.220, que não estabelece um valor mínimo de capacidade térmica, tal sistema poderia ser adotado também nas zonas de 1 a 3 e ZB5.

Para a cobertura original, composta por laje maciça de concreto (10 cm), câmara de ar e telha de fibrocimento (6 mm), levando em conta o valor de transmitância térmica, ainda que a telha seja pintada em cor clara, não atenderia as exigências da NBR 15.220 (2005) por uma diferença mínima ( $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), necessitando, portanto, de algum tipo de mudança em sua composição para adequação dos limites exigidos. Por outro lado, o isolamento da cobertura por lã de vidro ou *foil* de alumínio viabilizaria a adoção deste sistema em todo o território nacional em face dos parâmetros da NBR 15.575 (2013), RTQ-R (2012) e Selo Casa Azul (2014). Para a NBR 15.220, tal sistema de cobertura poderia ser adotado apenas na ZB7. Nas demais zonas seriam recomendadas modificações em sua composição para atendimento dos limites estabelecidos. Assim, caso a laje maciça seja substituída por um forro de PVC (8 mm) nas demais zonas bioclimáticas brasileiras as opções de cobertura com isolamento por *foil* de alumínio ou lã de vidro poderiam ser utilizadas desde que nesta última opção seja reduzida a espessura original da manta de 63,5 mm para 50 mm. Uma outra alternativa poderia ser a utilização do forro de PVC com camada dupla (16 mm) e remoção da opção de isolamento térmico por *foil* de alumínio ou lã de vidro nas zonas de 1 a 6 e ZB8. Nota-se que esta composição só não atenderia a exigência para a ZB7.

Os quesitos relativos à ventilação natural e cruzada poderiam ser atendidos com pequenas modificações no edifício em todas as zonas bioclimáticas, exceto para o limite estabelecido para ventilação natural da NBR 15.220 (2005). Para este quesito estabelecido nesta norma seriam necessárias grandes modificações na edificação. Para a NBR 15.575 (2013) o resultado do método prescritivo indicou que o sistema original composto por paredes maciças de concreto sem isolamento na cobertura não atendeu às exigências mínimas estipuladas em todas as zonas bioclimáticas. Neste contexto, sugere-se algum tipo de modificação neste sistema construtivo para adequá-lo aos parâmetros relativos ao desempenho térmico estabelecidos nesta norma.

Quanto ao método de simulação computacional verificou-se para a NBR 15.575 (2013) maior facilidade de aprovação do edifício em todas as zonas bioclimáticas brasileiras. Assim, por meio da variação da taxa de renovação do volume do ar por hora ou do acréscimo de veneziana para sombreamento das aberturas nos quartos, o projeto original, reprovado pelo método prescritivo foi aprovado na simulação sem qualquer modificação. Considera-se que a condição de ventilação de 5 ren/h recomendada nesta norma possibilita superestimar o potencial de renovação do ar por hora, favorecendo, no verão, o desempenho térmico da edificação em qualquer localidade.

A avaliação das condições de conforto térmico dos usuários propiciadas pela edificação em conformidade com as exigências mínimas de desempenho térmico edilício pela NBR 15.575 (2013) indicou, em alguns casos situações de desconforto por frio ou calor, possibilitando, respectivamente, temperaturas internas abaixo e acima dos limites de conforto adaptativo aceitos por 80% dos usuários. Verifica-se, portanto que os limites estabelecidos para desempenho mínimo do edifício no método de simulação desta norma não garantem condições adequadas de conforto térmico aos usuários no ambiente, demonstrando, portanto, a inadequação de seus parâmetros bem como a necessidade de sua revisão. Nota-se que a avaliação do limite de temperatura para o dia típico de verão e inverno não foi suficiente para aferir o comportamento térmico da edificação mascarando em alguns casos a frequência de situações climáticas extremas ao longo do ano. Desta forma, se mostra relevante expandir o período analisado bem como associar uma referência que possibilite garantir condições mínimas de conforto térmico dos usuários no edifício, em diferentes regiões brasileiras.

Verificou-se que o método de simulação da NBR 15.575 se mostra permissivo em comparação com o prescritivo, considerando as cidades analisadas. Já o RTQ-R atribuiu um peso ao cumprimento de seus requisitos de forma a possibilitar a classificação da edificação em face do seu consumo de energia. Neste caso, o não atendimento do algum requisito não resultou na reprovação do sistema construtivo mas limitou a nota final do desempenho da envoltória para verão ou inverno, dependendo do equivalente numérico a que se refere o requisito (aquecimento ou refrigeração), em no máximo classe “C”. Verifica-se, de modo geral, equivalência na avaliação de ambos os métodos, prescritivo e de simulação para este regulamento. Contudo, verificou-se que pelo método de

simulação computacional foi possível alcançar melhores resultados relativos ao desempenho térmico do que aqueles encontrados no método prescritivo. Em relação aos resultados obtidos pela avaliação do método de simulação computacional estabelecido pelo RTQ-R em relação ao percentual de horas em desconforto dos sistemas construtivos testados em comparação com os limites da faixa de conforto adaptativa verifica-se uma similaridade nas análises especialmente para o desconforto por calor no verão e o  $GH_R$ .

O RTQ-R foi o único instrumento que estabeleceu rotinas de uso e ocupação para a simulação. A NBR 15.575 não determina no seu método de simulação a ocupação ou uso da edificação. Tal fato permite a simulação do edifício sem a carga térmica resultante da ocupação dos usuários bem como da instalação e funcionamento dos equipamentos elétricos nos ambientes. Desta forma, os dados de entrada utilizados não irão refletir a realidade do edifício habitado além de possibilitar falsos resultados satisfatórios. Seria recomendável que esta norma estabelecesse um referencial mínimo ou uma indicação dos dados de entrada necessários para caracterizar o edifício em uso como o número de usuários, período de ocupação, equipamentos internos considerados de uso contínuo, entre outras informações relevantes. Neste contexto, a simulação computacional poderia ser um único procedimento, considerando os parâmetros do RTQ-R que se mostraram mais completos e adequados para a análise da edificação por este método.

Quanto à classificação do desempenho do edifício pelo método de simulação computacional do RTQ-R (2012), verifica-se, de modo geral, resultados ligeiramente melhores do que aqueles obtidos no método prescritivo deste regulamento. Em relação avaliação percentual das horas de conforto dos usuários no ambiente, verifica-se algumas distorções relativas ao desconforto por frio em comparação com o consumo de aquecimento das unidades térreas nas cidades de Campos do Jordão - SP (ZB1), Passo Fundo - RS (ZB2) e Brasília - DF (ZB4). Em relação ao desconforto por calor *versus* os graus-hora de refrigeração é possível observar que as unidades de cobertura nas cidades de Belo Horizonte - MG (ZB3), Campos dos Goytacazes - RJ (ZB5), Goiânia - GO (ZB6), Cuiabá - MT (ZB7) e Manaus - AM (ZB8), apresentaram, em alguns casos, resultados relativos ao  $GH_R$  acanhados em comparação com o desconforto aferido para os períodos mais quentes ocorridos ao longo do ano.

As Habitações multifamiliares estruturadas em paredes de concreto, com planta em “H” apesar das inúmeras críticas se mostrou viável no território nacional. Contudo, para ser aprovada no método prescritivo seriam necessárias modificações em sua composição para atender aos diferentes requisitos estabelecidos para cada zona. Já para o método de simulação computacional o acréscimo de veneziana nos quartos ou mesmo o aumento da taxa de renovação do ar pode aprovar o sistema construtivo original proposto para a edificação em todas as zonas bioclimáticas para a NBR 15.575, sem necessidade de alterações em sua composição original. O RTQ-R apresenta, tanto para o método prescritivo quanto para simulação computacional, a classificação do consumo do edifício indicando apenas que especialmente nas cidades testadas para as zonas 7 e 8 o desempenho no verão poderá atingir os piores níveis de classificação. Verifica-se, de modo geral, a necessidade de associar parâmetros de conforto térmico referente aos usuários para aprimorar o método de avaliação do desempenho edilício e garantir melhores condições térmicas nos ambientes.

Em suma, verifica-se necessidade de uniformização dos limites indicados nos métodos prescritivos estabelecidos dos instrumentos normativos analisados. Quanto ao método de simulação computacional previsto na NBR 15.575 e RTQ-R, nota-se que em ambos os instrumentos a associação de um limite de conforto seria relevante para aprimoramento das análises do desempenho térmico da edificação em relação à expectativa geral de conforto dos usuários dos ambientes. Ademais, a referência para a classificação do  $GHR$  e CA pelo RTQ-R poderia ser aprimorada em função dos limites para cada zona bioclimática e que o consumo de refrigeração poderia fazer parte da nota da edificação para as zonas mais quentes. O aprimoramento das exigências normativas, especialmente no método de simulação computacional, poderá colaborar para efetivar medidas relevantes para melhoria do desempenho térmico dos sistemas construtivos nas diferentes ocorrências climáticas brasileiras bem como garantir melhores condições de conforto térmico dos usuários nos ambientes, reduzindo o consumo de energia para condicionamento artificial além de elevar o conforto e a eficiência das habitações. Contudo, uma única revisão não seria suficiente para assegurar a eficácia dos instrumentos normativos. O ideal seria estabelecer uma periodicidade para que as normas e regulamentos passem por constantes revisões e aprimoramentos.

## 5.1 – Apontamentos futuros

Percebe-se no contexto da exigibilidade da NBR 15.220 (2005) e NBR 15.575 (2013) uma vasta oportunidade para pesquisa futuras. Ademais, a desconformidade das exigências previstas nas normas NBR 15.220 (2005), NBR 15.575 (2013) e os outros instrumentos normativos como Selo Casa Azul (2014) e RTQ-R (2012) poderiam ser passíveis de estudos específicos para sua uniformização. Assim, cada parâmetro estabelecido no método prescritivo: iluminação natural, ventilação natural, ventilação cruzada, transmitância de paredes e/ou coberturas em relação à absorvância solar de superfícies, entre outros, poderia ser fruto de um estudo para verificação da coerência dos limites estabelecidos bem como qual valor poderia ser adotado como referência comum nos instrumentos normativos brasileiros. O zoneamento bioclimático estabelecido na NBR 15.220 (2005) poderia ser aprimorado para correção de incongruências apresentadas no território nacional. Modelos de avaliação do desempenho de edifícios com ventilação híbrida (natural e artificial) poderiam ser incorporados nas normas. Os limites de classificação para os índices  $GH_R$  e  $CA$  previstos pelo RTQ-R poderiam ser aprimorados. De modo geral, todos os instrumentos brasileiros apresentam pontos para aprimoramentos. Índices de conforto térmico para os usuários poderiam ser testados de forma conjunta na avaliação do desempenho térmico edilício. Os projetos arquitetônicos adotados como tipologia padrão bem como os sistemas construtivos racionalizados adotados para a reposição de moradias de programas governamentais também são merecedores de estudos para melhoramentos. Assim, pesquisas que associam testes e ensaios em programas de simulação computacional dos métodos propostos para avaliação do desempenho térmico edilício e conforto dos usuários nos ambientes são muito bem-vindas para o fomento da discussão acadêmica e também para resultados práticos úteis ao mercado.

# 6

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.215**: Iluminação natural. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 16.055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT CATÁLOGO. Buscar - 15.220 - 15.575. São Paulo, [2012]. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/>>. Acesso em 20 jun. 2012.

ABRAHÃO, Karla Cristina de Freitas Jorge. **Avaliação dos pesos regionais do RTQ-R a partir da análise da estrutura do consumo residencial de energia elétrica por região geográfica**. 2015. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.

AKINS, R.E; PETERKA, J.A; CERMAK, J.E. Averaged Pressure Coefficients for Rectangular Buildings. In: Fifth International Conference of Wind Engineering. Fort Collins, CO. **Proceedings...** Pergamon Press, NY. 1979.

AKUTSO, Maria. **Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. Tese (Doutorado) - Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

AKUTSO, Maria; VITTORINO, Fúlvio. **Proposta de Procedimentos para o tratamento de dados climáticos**. Florianópolis: I ENCONTRO NACIONAL SOBRE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES, 1991.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2010**. Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc., Atlanta, 2010.

\_\_\_\_\_. **ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2004**: Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 2004.

---

\_\_\_\_\_. **ANSI/ASHRAE. ASHRAE Standard 140-2004.** Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, 2004.

---

\_\_\_\_\_. **ASHRAE Handbook – Fundamentals.** Atlanta, 2009.

ANDREASI, Wagner Augusto. **Avaliação do impacto de estratégias bioclimáticas na temperatura interna de edificações no Passo do Lontra, Pantanal do Estado de Mato Grosso do Sul.** 2001. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

ARAÚJO, Virginia Maria Dantas de. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral Nordestino brasileiro.** 1996. Tese (Doutorado) - Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ASSIS, Eleonora Sad. **Impactos da forma urbana na mudança climática: métodos para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano.** 2000. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. Imprensa - Banco de Pautas - 05/08/2010 - **Pesquisa mostra crescimento de sistemas construtivos de cimento em São Paulo.** São Paulo, 2009a. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/banco-de-pautas/pesquisa-mostra-crescimento-de-sistemas-construtivos-de-cimento-em-sao-paulo>>. Acesso em 09 jul. 2012.

---

\_\_\_\_\_. Imprensa - **Maceió recebe seminário que apresenta novas soluções para construção civil** - 31/10/2012. São Paulo, 2009b. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/maceio-recebe-seminario-que-apresenta-novas-solucoes-para-construcao-civil#>>. Acesso em 09 jul. 2012.

AULICIEMS, A. Greenhouse warmed Europe: thermoregulatory criteria for future indoor climate management. **International Journal of Bio-meteorology**, vol 36, 201-209, 1992.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural.** Maceió: EdUFAL, 2006.

BRASIL. Caixa Econômica Federal - CEF. JOHN, Vanderley Moacyr; PRADO, Racine Tadeu Araújo (Coord.). **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável.** São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

BRASIL. CAIXA. Downloads - Mudancas\_Selo\_Casa\_Azul. Brasília, [201-]a. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo\\_azul/Mudancas\\_Selo\\_Casa\\_Azul.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_azul/Mudancas_Selo_Casa_Azul.pdf)>. Acesso em 05 jun. de 2015.

\_\_\_\_\_. Notícias - CAIXA muda oito critérios do Selo Casa Azul: Qualidade da iluminação e ventilação de banheiros estão entre os itens modificados (Brasil, Sustentabilidade, 20/05/2014). Brasília, [201-]b. Disponível em: <<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=809>>. Acesso em 05 jun. de 2015.

BRASIL. Congresso Nacional. **Constituição Federal.** Brasília: 05 out. 1988.

BRASIL. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia. **Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R.** Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. Habitação - Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV. Brasília, [201-]. Disponível em: <<http://cidades.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>>. Acesso em 20 set. 2015.

\_\_\_\_\_. FREITAS, Fernando Garcia de; CAMARGO, Érica Negreiros (editores). **Pesquisa de satisfação dos beneficiários do Programa Minha Casa Minha Vida**. Brasília, DF: MCIDADES; SNH; SAE-PR; IPEA, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf)** - Premissas e diretrizes básicas. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. Publicações. **Balço Energético Nacional**. BEN 2015 – Ano Base 2014, Brasília, [200-]. Disponível em: <[https://ben.epc.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epc.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em 10 ago. 2015.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - MPOG. **Instrução Normativa nº 2**, de 4 de junho de 2014 - Aquisição ou locação de equipamentos consumidores de energia pela Administração Pública Federal, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e edificações novas ou pós *retrofit*.

BRASIL. PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica/Eletróbrás. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005**: classe residencial, relatório Sudeste. Rio de Janeiro, 2007.

BRITO, Adriana Camargo. **Recomendações para projetos habitacionais com pré-fabricados de concreto visando otimização do desempenho térmico**. 2006. Dissertação (Mestrado). Área de Tecnologia em Construções de Edifícios. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2007.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

BUSATO, Luiz. **Passive cooling and energy efficient strategies for the design of a hotel on the Southern coast of Pernambuco, Brazil**. 2003. Thesis M.Sc. Programme in Architecture, energy and sustainability. LEARN, London Metropolitan University, London, 2003.

CÂNDIDO, Christhina Maria. **Indoor Air Movement Acceptability and Thermal Confort in Hot-Humid Climates**. Florianópolis, 2010. Thesis (PhD) - Department of Civil Engineering, Federal University of Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

CARLO, Joyce Correna; LAMBERTS, Roberto. AET N°02/04 - **Elaboração de Regulamentação e Classificação de Edificações Eficientes Processamento de Arquivos Climáticos para Simulação do Desempenho Energético de Edificações**. Florianópolis, ELETROBRÁS/PROCEL/LABEEE-UFSC, 2005.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES – CB3E. Projetos – Etiquetagem de edificações – Edifícios Residenciais – Simulação – Tabela de classificação pelo método de simulação. Florianópolis, [201-]. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/simulacao>>. Acesso em 05 jan. 2015.

CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS - CIBSE. **Guide A: Environmental design**. London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2006.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - CBCS. JOHN, Vanderley Moacyr; CSILLAG, Diana; TAKAOKA, Marcelo Vespoli et al. **Sustainable Social Housing**

**Initiative - SUSHI:** Mapeamento dos principais interessados e dos processos que afetam a seleção de soluções (tecnologias e materiais) para projetos de habitação social. Brasília: United Nations Environment Programme - UNEP, 2010

DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal Comfort in Naturally Ventilated Buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 549-561, jul. 2002.

D'ELL SANTO, Amabelli; ALVAREZ, Cristina Engel; NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida. Conforto e desempenho térmico em contradição na NBR 15575. **Cadernos do PROARQ**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – N.20, dezembro 2013.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN. **DIN 5034:** Daylight in interiors. Berlin, 1985.

DE VECCHI, Renata. Condições de conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula com ventiladores de teto para o clima de Florianópolis/SC. 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

FANGER, P. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental Engineering**. United States: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FERREIRA, Camila Carvalho; PEREIRA, Iraci Miranda. Avaliação de desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15.575, para as diversas zonas bioclimáticas. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p. 3590-3595. **Anais...** Juiz de Fora, out. 2012.

FERREIRA, Daniela Gomes. **O uso do solo e os padrões de vento:** O caso da cidade de Belo Horizonte – MG. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico:** arquitetura, urbanismo. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 5. ed.

GELLER, Howard Steven. **Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

GHIAUS, Christian; ALLARD, Francis. Potential for free-cooling by ventilation. **Solar Energy**, vol 80, 2006.

GIVONI, Baruch. Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, n.1, p. 11-23, 1992.

\_\_\_\_\_. **Passive and low energy cooling of building**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

GONÇALVES, Wili de Barros. **Estudo de Índices de Conforto Térmico Avaliados com Base em População Universitária na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

GOULART, Solange V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. 1993. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

HEDRICK, R. **Generation of hourly design-day weather data** (RP-1363). ASHRAE Research Project, Final Report (Draft), 2009.

HIEN, W.N; TANAMAS, J. The effect of wind on thermal comfort in the tropical environment, In: Tri Harso Karyono, ed., **Proceedings of the International Symposium on Building Research and the Sustainability of Built Environment in the Tropics**, Jakarta, Indonesia, 2002.

HUMPHREYS; M. The influence of season and ambient temperature on human clothing behaviour. In: Fanger P, Valbjorn O, editors. **Indoor climate**. Copenhagen: Danish Building Research; 1979.

HUMPHREYS, M.A; RIJAL, H.B.; NICOL, J.F. Updating the adaptive relation between climate and comfort indoors: new insights and an extended database. **Building and Environment**, vol 63, pág 40-55, Elsevier, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. ISO 7730. **Ergonomics of the thermal environment** – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organisation for Standardization, Switzerland; 2005.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - Ipea. NETO, Vicente Correia Lima; FURTADO, Bernardo Alves; KRAUSE, Cleandro. Nota Técnica nº5: Estimativas do Déficit Habitacional brasileiro (PNAD 2007-2012). Brasília, IPEA, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Clima. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Planilhas – download – temperaturas máximas, mínimas e absolutas (em °C). Brasília, [200-]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em 28 jan. 2015.

JOKL M; KABELE, K. The substitution of comfort PMV values by a new experimental operative temperature. In: **Electronic proceedings of Clima 2007**. WellBeing Indoors, Helsinki, Finland.

JORNAL DA INSTALAÇÃO. A equivalência dos selos LEED e Procel. São Paulo, 03.03.2015. Disponível em: <[http://www.jornaldainstalacao.com.br/index.php?id\\_secao=1&noticia=12313](http://www.jornaldainstalacao.com.br/index.php?id_secao=1&noticia=12313)>. Acesso em 11 mar. 2015.

LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABCON EAUFMG. SOUZA, R. V. G. (Coord.); PEREIRA, I. M; OLIVEIRA, Raquel Diniz et al. **Anexo I do RTQ-R: Dispositivos de Proteção Solar em Edificações Residenciais**. Belo Horizonte: LABCON EAUFMG, [201-]. Disponível em: <[pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Anexo1RTQ-R.pdf](http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Anexo1RTQ-R.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2014.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABEEE. Arquivos climáticos. Download. Florianópolis, [201-]. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em 05 jan. de 2014.

LAMBERTS, Roberto; et al. **Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico**. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2014. 3. ed.

LAMBERTS, Roberto; NARANJO, Alejandro. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: 2007.

LAMBERTS, Roberto; TRIANA, Maria Andrea; FOSSATI, Michele et al. Texto: Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área. Florianópolis, [200-]. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/sustentabilidade>>. Acesso em 20 jan. 2013.

LIDDAMENT, M. W. **Air infiltration calculation techniques** - an applications guide: AIVC. Bracknell, UK, 1986.

MAHONEY, Carl. **Climate and house design**. New York, United Nations (ONU) - Design of Low-Cost Housing and Community Facilities Department of Economic and Social Affairs, 1971.v.1

MARRA, Natália Carolina Sousa Nascentes; PADOVANI, Diego Bernabé; ASSIS, Eleonora Sad. **The influence of the orientation of buildings on natural ventilation: case study in a housing complex of social interest**. In: *ROOMVENT 2014* – 13th SCANVAC International Conference on Air Distribution in Rooms: New ventilations strategies with base in active and passive technology in building and for comfort in airplanes, São Paulo 2014.

MASCARÓ, Juan Luis. **O custo das decisões arquitetônicas**. 5. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010.

MATOS, Michele. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural**. 2007. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MILNE, Murray. Software Climate Consultant 6.0. Department of Architecture and Urban Design University of California, Los Angeles, [201-]. Disponível em: < <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/>>. Acesso em 05 jun. de 2015.

MONTEIRO, Leonardo Marques; ALUCCI, Márcia Peinado. **Modelo adaptativo de temperatura operativa neutra para avaliação de espaços semi-confinados**. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, NUTAU 2008 - Conforto Ambiental e Sustentabilidade, Artigo 93, 2008.

MELHADO, Silvio Burrattino; BARROS, Mercia Maria S. Bottura. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: Projeto EPUSP/SENAI, 1998.

MOORCROFT, William H. **Sleep, dreaming, and sleep disorders: an introduction**. Lanham: University Press of America, 1993.

NICOL, F. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. **Energy and Buildings**, vol 36, 2004.

PAPST, Ana Lúcia. **Uso de inércia térmica no clima subtropical: estudo de caso em Florianópolis - SC**. 1999. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PEEAL, M. C. Peel; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences** 11, 2007, p. 1633–1644.

PEETERS, Leen; DE DEAR, Richard; HENSEN, Jan et al. Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. Elsevier - **Applied Energy** 86, 2009, p. 772–780.

PEREIRA, Iraci Miranda; ASSIS, Eleonora Sad de. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 31-51, jan./mar. 2010.

PEREIRA, Iraci Miranda; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. **Proteção solar em edificações residenciais e comerciais** - desenvolvimento de metodologia. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ANTAC, Fortaleza 2008.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. Ações Desenvolvidas - Regional Pampulha: Pampulha concentra a população que mais cresce em BH. Belo Horizonte, [200-]a. Disponível em: <[http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=balanco&tax=17757&lang=pt\\_BR&pg=7101&taxp=0](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=balanco&tax=17757&lang=pt_BR&pg=7101&taxp=0)>. Acesso em 20 jan. 2013.

\_\_\_\_\_. Regulação Urbana – Legislação: Instrumentos para viabilização da política urbana. Belo Horizonte, [200-]b. Disponível em: <[http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&tax=7936&lang=pt\\_BR&pg=5570&taxp=0](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=regulacaourbana&tax=7936&lang=pt_BR&pg=5570&taxp=0)>. Acesso em 12 jan. 2013.

RIBEIRO, Benjamin Alves. **Contribuição ao estudo térmico**. Boletim nº86, Instituto de Higiene de São Paulo, 1945.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 4. ed.

RORIZ ENGENHARIA. Dados de clima. São Carlos, [201-]a. Disponível em: <[http://www.roriz.eng.br/epw\\_9.html](http://www.roriz.eng.br/epw_9.html)>. Acesso em 06 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. *Downloads* - ZBBR. São Carlos, [201-]b. Disponível em: <[http://www.roriz.eng.br/download\\_6.html](http://www.roriz.eng.br/download_6.html)>. Acesso em 06 jun. 2015.

RORIZ, Maurício; GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. **Uma proposta de Norma Técnica Brasileira sobre Desempenho Térmico de Habitações Populares**. Fortaleza: V ENCAC/II ELACAC, 1999.

RORIZ, Maurício. **Uma Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído/ Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações: São Carlos, SP. Janeiro de 2012a. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>>. Acesso em jan. 2012.

\_\_\_\_\_. **Segunda Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático do Brasil**. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído/ Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações: São Carlos, SP. Agosto de 2012b. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>>. Acesso em ago. 2012.

SÁ, Paulo. Estudos para o estabelecimento de uma escala de temperaturas efetivas no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia** - Março de 1934. 27: n. 3, p. 67-69, 1934.

SABBATINI, Fernando H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTAMOURIS, Mat. Prediction Methods. In: F. Allard (Ed.). *Natural Ventilation in Buildings*. London: James X James, 1998. Prediction Methods, p.63 – 156.

SILVEIRA, Ana Lúcia Ribeiro Camillo da; RAMOS, Daniela de Queiroz. **A utilização da iluminação natural em prédios públicos em Teresina/PI**. In.: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, 2001.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE MINAS GERAIS - SINDUSCON MG. Assessorias - Técnica - NBR 15.575 – NORMA DE DESEMPENHO. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <[http://www.sinduscon-mg.org.br/site/banco\\_de\\_dados.php?menu=4&id\\_no=1260&modulo=tecnica](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/banco_de_dados.php?menu=4&id_no=1260&modulo=tecnica)>. Acesso em 20 jun. 2012.

SORGATO, Marcio José. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. 2009. Dissertação (Mestrado). Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SORGATO, Márcio José; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15.575**. Brasília: XII Encontro Nacional e VIII Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC, 2013.

SORGATO, Marcio José; LAMBERTS, Roberto (Coord.). **RELATÓRIO TÉCNICO: RT\_LABEEE-2011/02**. Relatório Técnico da base de simulações para o RTR-R elaborado para ELETROBRAS/PROCEL. Disponível em: <[http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/desenvolvimento/SORGATO\\_2011\\_Relatorio%20Tecnico%20da%20Base%20de%20Simulacoes%20para%20o%20RTQ-R.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/desenvolvimento/SORGATO_2011_Relatorio%20Tecnico%20da%20Base%20de%20Simulacoes%20para%20o%20RTQ-R.pdf)>. Acesso em 07 jan. 2013

SWAMI, M. V.; CHANDRA, S. Correlation for pressure distribution on buildings and calculation of natural-Ventilation aiflow. **ASHRAE Transactions**. 1988.

THEVENARD, D. **Updating the ASHRAE climatic data for design and standards (RP-1453)**. ASHRAE Research Project, Final Report, 2009.

TUFIK, Sérgio. **Medicina e biologia do sono**. Barueri: Manole, 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY - DOE. *Building Design - Energy Simulation Software*. Washington, DC [200-]. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

VILELA, Jacqueline Alves. **Variáveis do clima urbano: análise da Situação atual e prognósticos para A região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

WALLACE, Cynthia Howard-Reed and Lance A; OTT, Wayne R. The Effect of Opening Windows on Air Change Rates in Two Homes. **Journal of the Air & Waste Management Association**. Oxford: Taylor & Francis, 2002. volume 52:174-185.

XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º Grau na Região de Florianópolis**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

# ANEXO A - Projeto original do estudo de caso

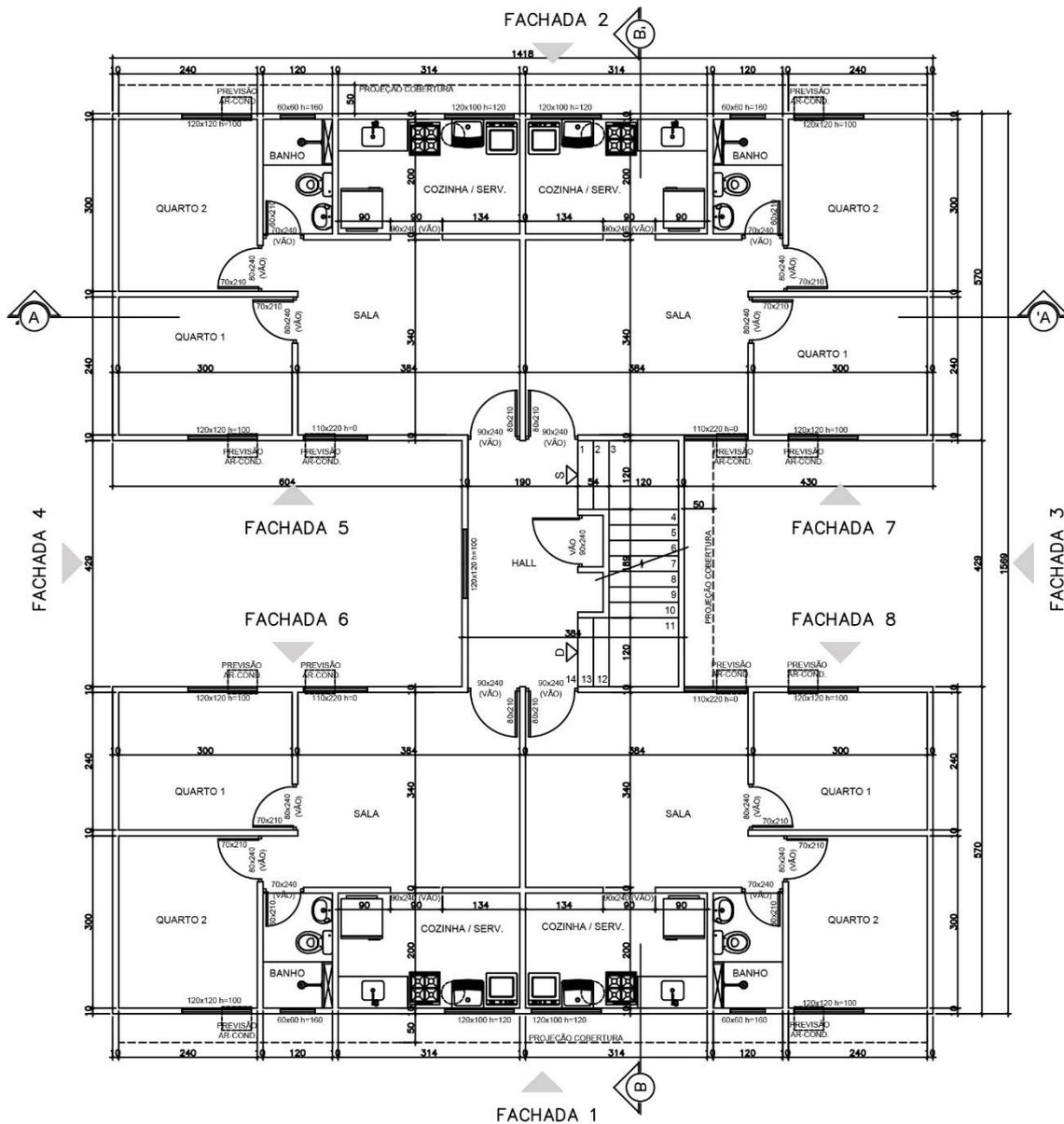


Figura 23 - Planta do pavimento tipo do protótipo padrão estudado. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora.

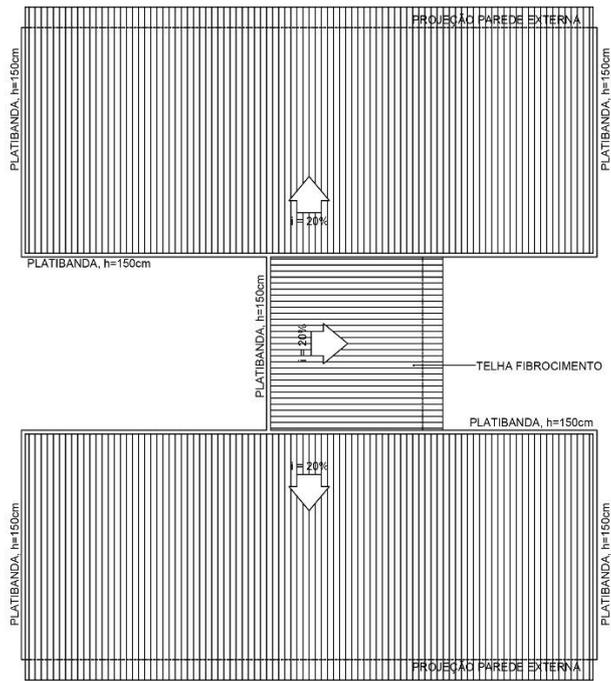
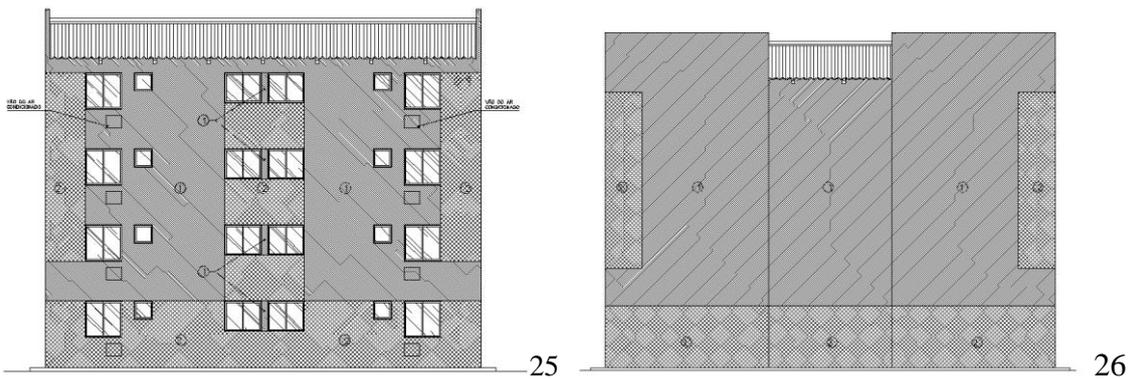
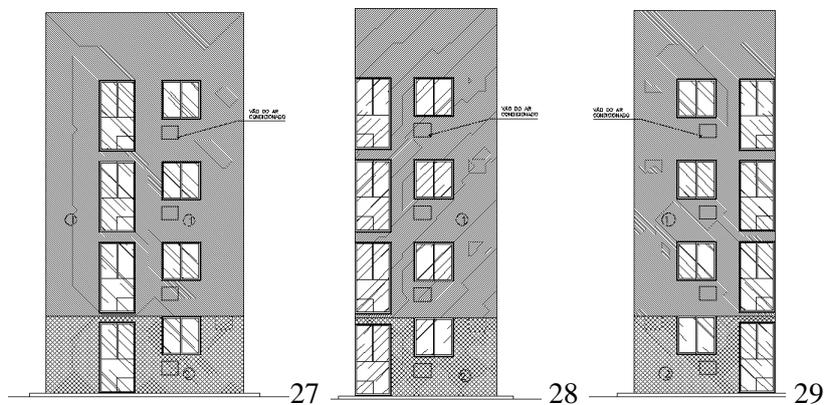


Figura 24 - Planta de cobertura do protótipo padrão estudado. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora.



Figuras 25 e 26 - Fachada 2 e 3 do protótipo padrão estudado. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora.



Figuras 27, 28 e 29 - Fachada 6, 7 e 8 do protótipo padrão estudado. Fonte: Arquivo disponibilizado pela construtora.



# APÊNDICE A – Caracterização climática das cidades selecionadas para ZB2 a 7

Tabela 58 – Valores médios horários de T mensal de Passo Fundo - RS.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	18,6	18,1	17,8	17,5	17,3	17,2	18,2	19,7	21,4	22,6	23,9	24,8	25,4	26,0	25,9	25,7	25,5	24,7	23,2	21,7	20,7	20,1	19,5	18,9
Fev	18,1	17,6	17,3	17,1	16,8	16,6	17,3	18,9	20,6	22,3	23,7	24,8	25,3	25,7	26,1	25,7	25,6	24,7	22,9	21,5	20,6	19,8	19,3	18,6
Mar	17,7	17,3	16,9	16,7	16,5	16,4	16,6	18,2	20,0	21,7	23,2	24,2	24,9	24,8	25,0	24,9	23,9	22,8	21,3	20,4	19,5	18,8	18,4	17,9
Abr	14,8	14,5	14,2	13,9	13,6	13,4	13,3	14,7	16,4	18,3	19,9	20,9	21,6	22,0	22,1	22,1	21,3	19,7	18,3	17,0	16,3	15,7	15,2	14,9
Mai	12,0	11,7	11,4	11,4	11,1	10,9	10,8	11,5	13,2	14,9	16,7	18,0	18,8	19,0	19,1	18,8	17,7	15,9	15,0	14,3	13,6	13,2	12,8	12,4
Jun	9,8	9,6	9,5	9,4	9,2	9,2	9,0	9,3	10,4	11,5	12,6	13,7	14,5	15,0	15,3	15,0	14,1	12,9	12,1	11,6	11,2	10,7	10,4	10,2
Jul	13,4	13,1	12,9	12,5	12,1	12,0	11,7	12,1	13,6	15,1	16,7	18,3	19,5	20,2	20,4	20,0	18,8	17,1	16,2	15,6	15,2	14,7	14,4	13,9
Ago	12,5	12,1	11,8	11,7	11,5	11,5	11,6	12,5	14,0	15,3	16,6	17,5	18,2	18,5	18,6	18,4	17,5	16,2	15,2	14,6	14,1	13,7	13,3	13,0
Set	10,8	10,5	10,0	9,8	9,6	9,5	9,9	11,4	12,6	14,2	15,4	16,4	17,0	17,6	17,4	17,5	16,8	15,2	13,9	13,2	12,5	12,3	11,9	11,4
Out	15,3	15,1	14,8	14,6	14,5	14,4	15,2	16,5	17,5	18,8	19,5	20,0	20,2	20,7	20,8	20,7	20,4	19,1	18,0	17,3	16,6	16,1	15,9	15,5
Nov	16,5	16,1	15,8	15,5	15,5	15,8	17,2	18,9	20,5	22,0	23,1	24,3	25,0	24,7	24,7	24,7	23,8	23,0	21,2	19,9	18,9	18,2	17,5	17,0
Dez	17,9	17,5	17,1	16,8	16,6	16,6	17,9	19,5	21,3	23,3	24,8	25,4	26,0	26,4	26,4	26,4	25,8	25,0	23,3	21,7	20,6	19,7	19,2	18,5

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Passo Fundo - RS (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e TN - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

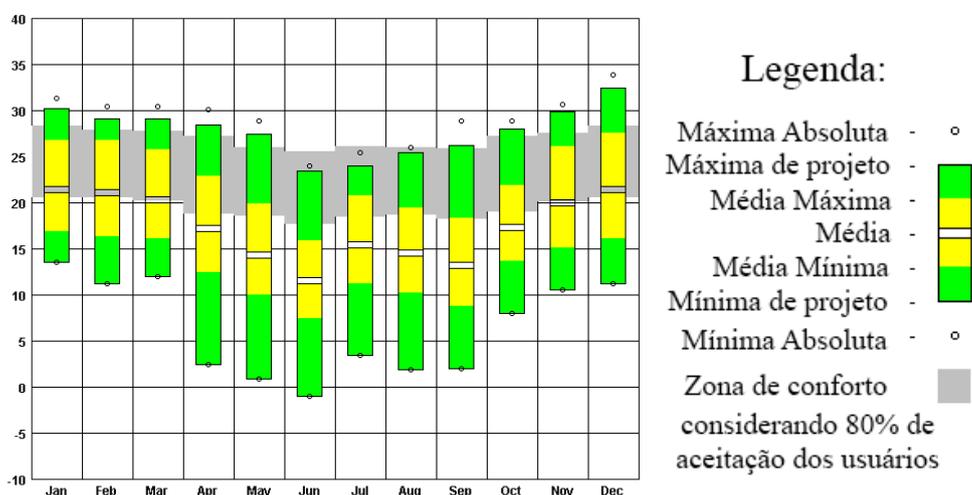


Gráfico 11 – Variação da temperatura de Passo Fundo - RS em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

Tabela 59 – Valores médios horários de velocidade do vento de Passo Fundo - RS.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	4,0	4,0	4,0	3,8	3,8	3,7	3,8	4,2	4,6	4,6	4,2	3,8	3,7	3,4	3,8	3,5	3,3	3,8	3,4	3,5	3,7	4,0	3,9	4,1
Fev	3,3	3,2	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,5	3,6	3,8	3,5	2,9	2,9	2,8	3,1	3,1	2,9	2,7	2,6	2,8	3,3	3,5	3,5	3,5
Mar	3,6	3,6	3,4	3,4	3,4	3,3	3,5	3,8	4,5	4,7	4,0	3,7	3,4	3,1	3,3	3,4	3,6	2,9	3,0	3,1	3,4	3,4	3,4	3,5
Abr	2,4	2,5	2,5	2,6	2,5	2,6	2,9	3,3	3,7	3,4	3,1	3,3	3,8	3,1	3,4	3,4	2,8	2,2	2,7	2,6	3,0	2,9	2,8	2,7
Mai	2,7	3,0	3,2	3,6	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,9	4,1	4,5	4,3	4,3	4,2	3,4	3,0	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,1	3,0
Jun	3,5	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,7	3,5	3,4	3,8	4,0	3,9	3,5	3,8	3,8	3,3	2,7	2,5	2,5	3,0	3,3	3,2	3,4	3,5
Jul	3,4	3,4	3,3	3,4	3,3	3,4	3,6	3,9	4,0	4,4	4,3	4,2	4,4	4,5	4,3	3,9	2,8	2,3	2,3	2,8	3,0	3,0	2,9	3,0
Ago	3,5	3,6	3,8	3,8	3,7	3,5	3,9	4,0	4,2	4,2	4,3	4,0	4,0	4,1	4,0	3,5	3,4	2,8	2,5	2,9	3,2	3,6	3,8	3,6
Set	4,3	4,4	4,4	4,2	4,2	3,9	3,9	4,4	4,8	4,7	4,4	4,1	3,9	3,8	4,0	3,7	3,6	3,2	3,0	3,4	3,8	4,1	4,1	4,3
Out	4,1	4,0	4,0	4,2	3,8	3,9	4,2	4,4	4,5	4,5	4,1	4,1	4,0	3,9	3,6	3,6	3,9	3,6	3,5	3,6	3,8	3,8	4,0	4,0
Nov	4,3	4,1	4,2	4,3	4,3	4,2	4,6	5,3	5,1	4,6	4,3	3,8	3,6	3,6	3,5	3,8	3,9	3,9	3,8	3,9	4,1	4,2	4,2	4,3
Dez	3,5	3,8	3,8	4,0	3,8	3,8	4,2	4,5	4,2	3,8	3,2	3,5	3,5	3,4	3,1	3,4	3,3	3,4	3,9	3,6	3,6	3,8	4,1	3,8

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Passo Fundo - RS (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda velocidade do vento: ■ Até 1,2m/s; ■ Entre 1,21 e 2,5m/s e ■ Acima de 2,51m/s.

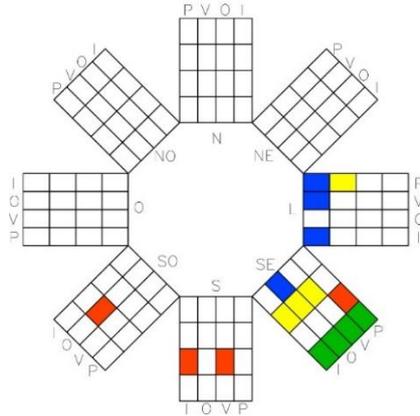


Figura 31: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Passo Fundo - RS. Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Passo Fundo - RS (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

Tabela 60 – Valores médios horários de T mensal de Belo Horizonte - MG.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	20,6	20,3	20,1	19,8	19,7	19,8	20,9	22,2	23,5	24,6	25,4	26,2	26,7	26,7	26,7	26,4	25,4	24,5	23,5	22,6	22,0	21,7	21,3	21,1
Fev	20,5	20,3	20,1	19,9	19,8	19,7	20,7	21,7	22,7	23,8	24,5	25,6	26,0	26,5	26,0	25,7	25,0	23,7	22,8	22,3	21,8	21,4	21,0	20,7
Mar	21,5	21,0	20,6	20,5	20,2	19,8	20,9	22,6	24,1	25,4	26,5	27,3	27,9	28,4	28,4	28,1	27,3	25,7	24,8	24,1	23,5	22,9	22,4	21,9
Abr	20,2	19,9	19,5	19,3	19,0	19,0	19,5	21,3	22,7	23,8	24,7	25,7	26,1	26,3	26,4	26,0	24,8	23,7	23,0	22,4	21,8	21,4	21,0	20,6
Mai	17,1	16,7	16,4	16,0	15,7	15,5	16,1	18,2	20,1	21,4	22,8	23,9	24,6	24,8	24,9	24,2	22,8	21,3	20,6	20,1	19,2	18,6	18,1	17,6
Jun	16,5	16,0	15,6	15,3	14,7	14,4	14,7	17,1	19,5	21,2	22,6	23,8	24,6	25,1	24,9	24,4	22,7	21,1	20,3	19,6	18,9	18,2	17,7	17,1
Jul	17,0	16,3	15,8	15,4	15,3	15,0	15,2	17,3	19,1	20,7	22,0	23,2	23,8	24,5	24,4	23,8	22,5	21,0	20,2	19,6	19,0	18,6	18,1	17,4
Ago	17,3	16,7	16,3	15,9	15,5	14,9	15,5	17,8	19,4	21,2	22,6	23,9	24,8	25,4	25,5	24,9	23,8	22,2	21,3	20,5	19,7	19,1	18,7	18,0
Set	19,0	18,5	18,1	17,6	17,2	17,0	17,9	19,7	21,0	22,6	24,2	25,4	26,4	27,0	26,9	26,5	25,4	24,1	23,1	22,1	21,3	20,7	20,1	19,6
Out	20,0	19,7	19,6	19,4	19,3	19,5	20,9	22,4	23,5	24,5	25,6	26,1	26,5	26,7	26,2	25,8	24,8	22,9	22,2	21,7	21,2	20,8	20,7	20,3
Nov	21,5	21,2	20,9	20,7	20,4	21,0	22,7	23,9	24,9	26,2	27,0	27,5	27,6	27,9	27,9	27,3	26,5	25,3	24,2	23,6	23,1	22,6	22,3	22,0
Dez	20,1	19,9	19,8	19,6	19,5	19,9	21,0	22,1	23,0	23,8	24,4	24,7	24,9	25,0	24,9	24,5	23,6	22,6	22,1	21,6	21,3	21,1	20,7	20,5

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Belo Horizonte - MG (LABEEE, [201-]). Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; □ Entre TN - 8°C e TN - 4°C; □ Entre TN - 4°C e TN; □ Entre TN e TN + 2°C; □ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

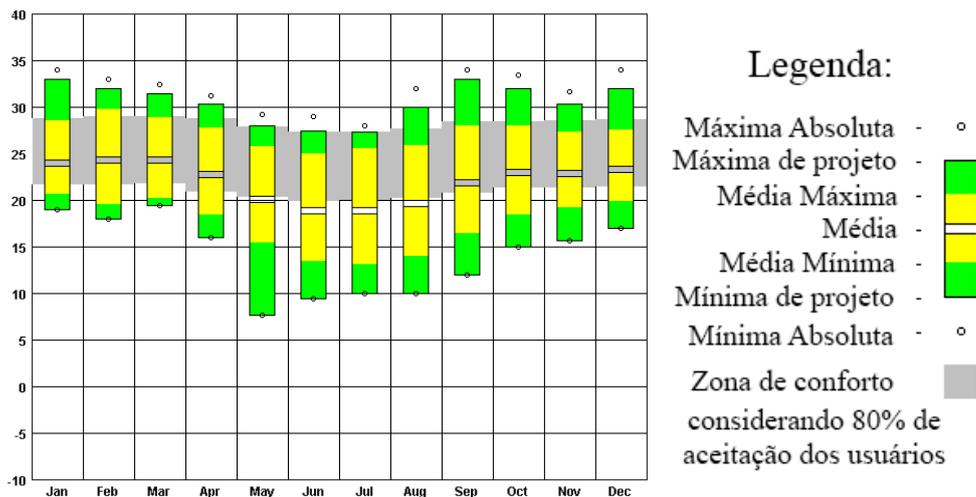


Gráfico 12 – Variação da temperatura de Belo Horizonte - MG em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

Tabela 61 – Valores médios horários de velocidade do vento de Belo Horizonte - MG.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	1,6	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	1,6	2,0	2,3	2,3	2,6	2,6	2,6	2,7	2,4	2,6	2,2	1,9	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
Fev	2,2	2,2	2,3	2,1	2,2	2,0	2,2	2,9	2,8	2,7	2,5	2,6	2,6	2,4	2,7	2,5	2,7	2,7	2,4	2,5	2,7	2,3	2,5	2,3
Mar	2,2	2,1	2,1	2,0	2,2	2,1	2,3	2,8	2,8	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,7	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3
Abr	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	2,0	2,5	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,5	2,3	2,2	2,6	2,6	2,5	2,2	2,2	2,2	2,3	2,1
Mai	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,8	2,4	2,7	2,5	2,5	2,7	2,5	2,4	2,5	2,3	2,2	2,2	2,0	1,9	2,0	1,7	1,8
Jun	1,5	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,2	1,6	2,4	2,4	2,5	2,3	2,3	2,2	2,3	2,2	2,2	2,2	1,8	1,7	1,8	1,6	1,7	1,5
Jul	1,6	1,4	1,3	1,3	1,5	1,4	1,4	1,9	2,6	2,5	2,6	2,8	2,3	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,0	1,8
Ago	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	2,1	3,1	3,6	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3	3,1	3,2	3,5	3,2	2,9	2,6	2,6	2,2	2,4	2,1
Set	3,1	3,2	3,3	3,1	3,1	3,1	3,4	3,9	4,0	3,8	4,0	3,7	3,3	3,5	3,5	3,4	3,7	3,7	3,3	3,4	3,2	3,1	2,9	3,2
Out	1,9	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	2,0	2,6	2,7	2,2	2,3	2,0	2,2	2,2	2,5	2,2	2,1	2,6	2,1	2,0	2,5	2,0	2,3	1,6
Nov	1,6	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,8	1,9	1,9	2,2	2,0	2,3	2,4	2,5	2,2	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2	2,2	2,1	2,1	1,8
Dez	1,3	0,9	1,1	1,0	1,0	0,9	1,3	1,6	1,9	2,4	2,4	2,3	2,5	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,5	1,3	1,5	1,3	1,0	1,0

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Belo Horizonte – MG (LABEEE, [201-]). Legenda velocidade do vento: □ Até 1,2 m/s; □ Entre 1,21 e 2,5m/s e □ Acima de 2,5m/s.

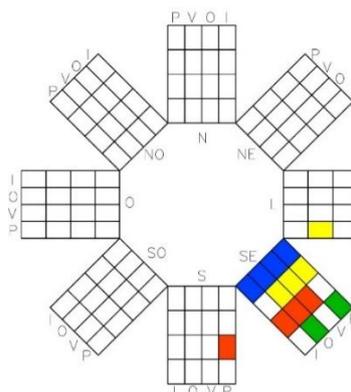


Figura 32: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Belo Horizonte - MG. Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Belo Horizonte – MG (LABEEE, [201-]). Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

Tabela 62 – Valores médios horários de T mensal de Brasília - DF.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	19,6	19,2	18,8	18,4	18,3	18,5	19,7	21,0	22,4	23,8	24,5	25,4	25,7	26,2	25,7	25,8	25,2	24,3	22,8	21,9	21,4	20,9	20,4	19,9
Fev	19,8	19,3	19,1	19,1	18,7	18,6	19,9	21,6	23,4	24,8	25,3	26,0	26,2	26,3	27,0	26,6	25,4	24,0	22,5	21,7	21,2	20,9	20,7	20,1
Mar	18,9	18,8	18,4	18,3	18,1	18,1	18,7	20,4	21,9	23,0	24,2	24,4	24,4	24,6	24,7	23,7	23,2	22,2	21,2	20,7	20,3	19,9	19,5	19,2
Abr	19,3	19,0	18,6	18,3	18,1	17,9	18,9	20,6	21,9	23,2	24,4	24,5	26,1	26,4	26,4	25,6	24,9	23,1	22,2	21,5	20,9	20,4	20,0	19,7
Mai	18,2	17,7	17,5	17,1	16,8	16,6	17,1	19,0	20,6	22,2	23,3	24,5	25,1	25,7	25,7	25,1	24,4	22,6	21,5	20,8	20,1	19,7	19,1	18,4
Jun	16,8	16,3	15,9	15,5	15,2	14,9	14,9	17,4	18,8	20,5	22,0	23,3	24,1	24,6	24,9	24,6	23,8	21,8	20,7	19,8	18,8	18,5	17,9	17,3
Jul	17,2	16,5	16,1	15,6	15,3	15,0	15,0	17,5	19,4	21,1	22,7	23,8	24,5	25,0	25,3	25,5	24,5	22,5	21,2	20,3	19,6	18,9	18,4	17,9
Ago	17,2	16,7	16,4	15,9	15,4	15,1	15,2	16,8	18,3	20,2	21,8	22,9	24,0	24,4	24,8	24,8	24,0	22,2	21,0	20,1	19,4	18,7	18,1	17,6
Set	19,4	19,0	18,5	18,2	18,1	17,8	18,5	20,1	21,8	23,4	24,7	26,0	26,5	26,8	27,0	26,8	25,9	24,4	23,0	22,1	21,5	20,8	20,4	19,9
Out	19,1	18,6	18,4	18,2	18,0	17,9	19,0	20,0	21,4	22,7	23,8	24,5	24,8	25,0	25,0	24,8	23,7	22,5	21,6	20,9	20,3	19,8	19,5	19,4
Nov	19,0	18,8	18,7	18,7	18,5	18,6	19,4	20,8	22,2	23,0	23,6	24,1	24,4	23,8	23,7	23,2	22,9	21,9	21,1	20,5	20,0	19,5	19,2	19,1
Dez	19,5	19,3	19,1	18,8	18,8	18,9	19,7	20,8	22,0	23,2	23,9	24,4	24,9	24,9	24,4	24,3	23,3	22,3	21,0	20,9	20,7	20,4	20,2	19,8

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Brasília – DF (LABEEE, [201-]). Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e TN - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

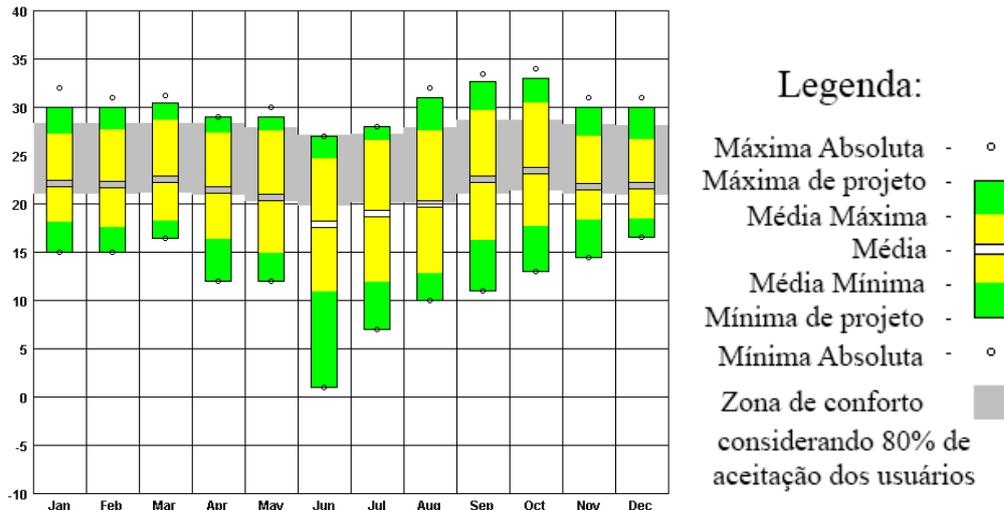


Gráfico 13 – Variação da temperatura de Brasília - DF em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

Tabela 63 – Valores médios horários de velocidade do vento de Brasília - DF.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	2,0	1,9	1,7	1,4	1,4	1,5	2,0	2,8	3,7	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,6	3,3	3,1	2,4	2,4	2,3	2,1	2,4	2,0
Fev	1,7	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,4	2,0	2,2	3,0	3,4	3,3	3,4	3,2	2,8	2,8	2,7	2,5	2,0	1,7	1,4	1,1	1,2	1,6
Mar	1,4	1,3	1,3	1,4	1,5	1,3	1,2	2,1	2,7	3,0	3,0	3,4	3,0	3,0	2,8	3,1	2,8	2,2	2,0	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4
Abr	1,3	1,4	1,4	1,3	1,6	1,6	2,0	3,0	3,7	3,9	3,8	3,5	3,6	3,1	3,2	3,0	2,7	2,0	1,8	1,7	1,7	1,9	1,5	1,6
Mai	1,3	1,2	1,3	1,6	1,5	1,4	1,6	2,1	2,7	3,1	2,8	2,8	2,8	2,8	2,6	2,7	2,3	2,0	1,8	1,9	1,7	1,7	1,7	1,4
Jun	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	2,7	3,7	3,9	3,8	3,5	3,2	3,1	3,0	2,9	2,7	2,2	2,1	2,0	2,0	2,2	2,3	2,1
Jul	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,4	3,6	3,9	3,9	3,5	3,3	3,5	3,0	3,0	2,9	2,4	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1
Ago	2,1	2,3	2,6	2,7	3,0	3,3	3,3	4,1	4,7	4,8	4,7	4,5	3,9	4,0	3,7	3,7	3,6	3,2	2,8	2,9	2,8	2,9	2,4	2,3
Set	1,8	1,7	1,8	1,9	2,3	2,3	2,7	3,2	3,4	3,6	3,5	3,3	3,0	2,8	2,6	2,1	2,8	2,6	2,5	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2
Out	1,9	1,7	1,6	1,8	1,8	1,7	2,3	2,7	3,2	3,3	3,1	3,0	3,0	2,8	2,9	3,0	2,7	2,2	2,3	2,2	2,3	2,1	1,8	1,8
Nov	1,3	1,2	1,6	1,9	1,8	1,6	1,7	2,2	2,4	2,6	2,8	2,8	3,0	3,8	3,4	3,1	2,9	2,3	1,9	1,9	2,0	2,0	1,8	1,5
Dez	1,9	2,0	1,8	1,8	2,0	2,4	3,2	3,2	3,0	3,2	3,3	3,7	3,4	3,7	3,3	3,6	3,5	3,0	2,3	1,9	1,9	1,9	2,1	2,0

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Brasília – DF (LABEEE, [201-]).  
 Legenda velocidade do vento: □ Até 1,2m/s; □ Entre 1,21 e 2,5m/s e □ Acima de 2,51m/s.

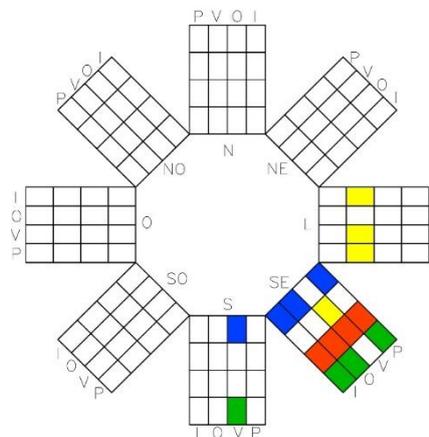


Figura 33: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Brasília - DF. Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Brasília – DF (LABEEE, [201-]).  
 Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

Tabela 64 – Valores médios horários de T mensal de Campos dos Goytacazes-RJ.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	23,5	23,4	23,3	23,2	23,1	23,5	24,8	26,1	27,2	28,2	28,8	29,7	29,8	29,5	28,6	27,7	26,6	25,5	24,8	24,4	24,1	24,0	23,8	23,7
Fev	24,2	24,0	23,8	23,6	23,4	23,7	25,5	27,5	29,1	30,1	31,1	31,4	31,9	31,3	30,3	29,3	27,9	26,7	25,8	25,4	25,2	24,9	24,7	24,4
Mar	23,8	23,5	23,4	23,2	23,1	24,5	26,2	27,7	29,0	30,1	30,6	31,0	30,8	29,8	28,7	27,5	26,3	25,7	25,1	24,6	24,2	24,1	23,9	23,9
Abr	22,0	21,7	21,5	21,3	21,1	21,0	21,8	23,3	25,0	26,2	27,0	27,6	28,1	28,1	27,6	26,6	25,4	24,4	23,9	23,5	23,1	22,7	22,4	22,2
Mai	20,4	20,2	19,9	19,7	19,6	19,5	20,2	21,6	23,3	24,8	25,8	26,5	26,8	26,8	26,4	25,3	23,8	22,8	22,2	21,8	21,3	21,1	20,9	20,6
Jun	18,3	18,1	17,7	17,6	17,4	17,3	17,7	19,2	21,0	22,5	23,7	24,4	24,7	24,8	24,7	23,7	22,2	20,9	20,2	19,6	19,3	19,0	18,7	18,5
Jul	19,2	18,8	18,6	18,5	18,3	18,2	18,8	20,3	21,9	23,3	24,4	25,1	25,4	25,6	25,2	24,0	22,7	21,6	21,1	20,7	20,2	19,9	19,6	19,4
Ago	19,5	19,2	19,1	18,8	18,6	18,5	19,2	20,8	22,5	24,1	25,0	25,8	25,8	25,5	25,1	24,1	22,9	21,8	21,2	20,7	20,4	20,2	19,9	19,7
Set	21,2	21,0	20,7	20,6	20,6	20,7	21,9	23,3	25,0	26,1	27,2	28,0	27,9	27,6	26,6	25,5	24,1	23,1	22,5	22,2	22,1	21,8	21,6	21,4
Out	21,8	21,7	21,5	21,5	21,4	21,8	22,7	23,8	25,0	26,1	26,9	27,4	27,4	27,1	26,4	25,5	24,6	23,7	23,3	23,1	22,8	22,6	22,4	22,2
Nov	23,4	23,2	23,0	22,9	23,0	24,0	25,5	27,2	28,8	30,0	30,8	31,2	31,2	30,3	29,6	28,2	26,8	25,6	25,0	24,7	24,4	24,2	23,9	23,7
Dez	23,5	23,4	23,3	23,3	23,3	24,0	25,0	26,3	27,5	28,6	29,6	30,1	30,2	29,8	29,0	28,1	27,2	26,0	25,1	24,6	24,4	24,1	23,9	23,7

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e TN - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

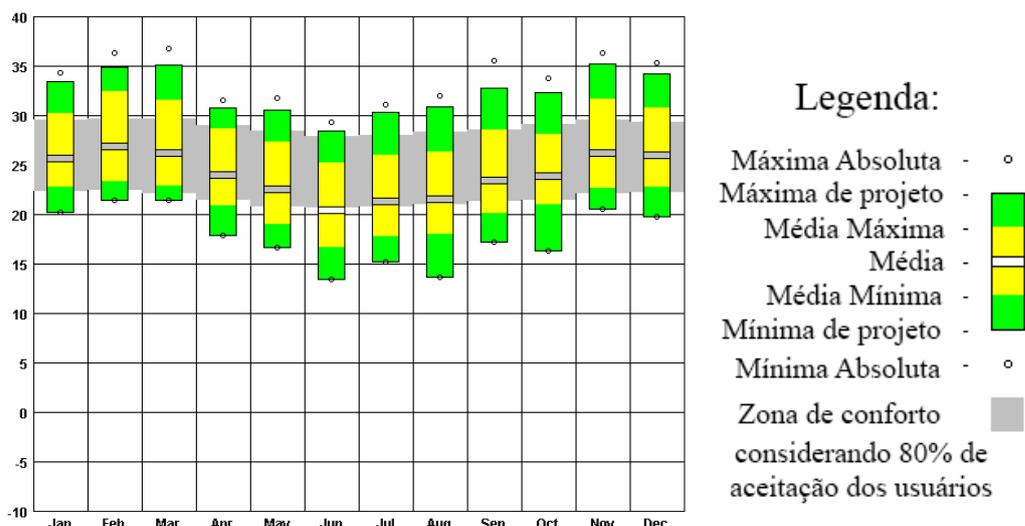


Gráfico 14 – Variação da temperatura de Campos dos Goytacazes - RJ em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

Tabela 65 – Valores médios horários de velocidade do vento de Campos dos Goytacazes - RJ.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	2,9	2,5	2,6	2,4	2,7	2,8	3,2	3,5	3,6	3,9	3,8	3,8	4,4	4,9	4,6	5,2	5,0	4,5	4,2	3,5	3,1	3,0	2,9	2,9
Fev	2,0	2,0	1,9	2,1	2,3	2,1	2,5	3,1	3,4	3,6	3,7	3,7	4,1	4,6	5,3	5,3	5,0	4,5	3,7	3,0	2,7	2,4	2,0	1,9
Mar	2,1	1,9	1,8	1,6	1,8	1,8	1,9	2,4	2,7	2,9	2,8	3,0	3,2	3,7	4,5	4,7	4,2	3,6	3,2	2,8	2,3	2,3	2,2	2,2
Abr	2,0	2,1	1,9	1,7	1,9	1,8	1,9	2,3	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	3,5	3,2	3,5	3,7	3,1	2,8	2,3	2,1	2,2	1,9	2,1
Mai	2,0	2,0	1,8	1,9	1,9	2,0	1,9	2,4	2,9	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,9	3,8	3,5	2,9	2,3	2,1	1,9	1,9	1,7	1,9
Jun	2,2	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,8	2,9	3,0	3,2	3,4	3,3	3,1	3,7	3,2	3,1	2,7	2,4	2,2	2,1	2,1	2,2
Jul	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,7	3,2	3,7	3,9	3,9	3,8	3,5	3,6	4,0	3,5	3,2	2,7	2,5	2,4	2,4	2,5	2,3
Ago	2,3	2,2	2,5	2,4	2,3	2,3	2,5	3,0	3,4	4,0	4,0	4,2	4,3	4,7	5,0	5,1	4,5	3,6	3,3	2,7	2,5	2,5	2,5	2,3
Set	2,3	2,3	2,5	2,2	2,3	2,3	2,7	3,7	4,1	4,1	4,2	4,2	4,9	5,4	5,9	5,8	5,4	4,5	3,9	3,4	3,2	2,9	2,8	2,7
Out	2,6	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1	3,6	3,5	3,6	3,7	4,1	4,4	4,8	5,1	4,8	4,6	3,9	3,3	3,0	2,7	2,7	2,5	2,5
Nov	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	3,1	3,7	3,9	4,2	4,0	4,2	4,5	5,1	5,7	5,8	5,7	5,4	4,3	4,1	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5
Dez	2,2	2,1	2,3	2,4	2,3	2,6	3,0	3,3	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	4,1	4,2	4,4	4,0	3,4	3,1	2,9	2,2	2,2	2,2	2,1

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda velocidade do vento: □ Até 1,2m/s; □ Entre 1,21 e 2,5m/s e ■ Acima de 2,51m/s.

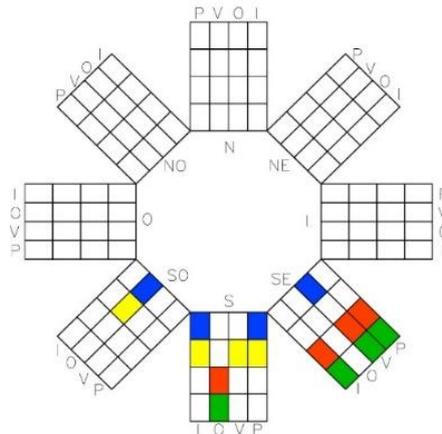


Figura 34: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Campos dos Goytacazes-RJ (RORIZ ENGENHARIA (a), [201-]). Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

Tabela 66 – Valores médios horários de T mensal de Goiânia - GO.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	21,4	21,2	21,1	21,0	20,8	20,8	21,5	22,8	24,6	26,0	27,1	27,8	28,3	27,5	27,3	27,4	26,3	25,4	23,8	22,7	22,3	21,9	21,7	21,6
Fev	20,8	20,5	20,3	20,0	19,8	19,7	20,5	22,5	24,6	26,9	28,4	29,0	29,5	29,7	29,4	28,7	28,0	26,5	24,4	23,0	22,5	22,0	21,5	21,2
Mar	20,9	20,7	20,5	20,3	20,1	20,1	20,4	22,0	23,9	26,5	26,9	27,6	28,0	27,9	27,5	26,6	26,0	24,9	23,4	22,7	22,2	21,8	21,4	21,1
Abr	20,2	19,8	19,5	19,3	19,1	18,9	19,3	21,5	24,0	26,3	27,7	28,7	29,1	29,3	29,0	28,3	27,2	25,0	23,6	22,6	21,9	21,4	20,9	20,4
Mai	16,7	16,3	15,8	15,6	15,4	15,1	15,3	17,8	20,7	23,9	26,2	27,6	28,4	28,5	28,4	28,2	27,0	24,0	22,1	20,7	19,5	18,5	17,9	17,3
Jun	15,7	15,1	14,5	13,9	13,4	12,9	12,7	15,8	19,2	23,2	26,1	27,3	28,1	28,6	28,8	28,7	27,9	24,9	22,5	20,6	19,1	18,2	17,1	16,3
Jul	16,0	15,3	14,5	14,0	13,5	13,1	12,9	15,7	19,4	23,5	26,1	27,3	28,1	28,6	28,8	28,7	27,9	24,9	22,5	20,7	19,3	18,2	17,3	16,4
Ago	18,0	17,3	16,9	16,3	15,9	15,3	15,5	18,2	21,1	24,4	27,0	28,5	29,7	30,3	30,6	30,5	29,5	27,2	24,9	23,3	22,2	20,8	19,8	18,8
Set	21,5	20,9	20,4	19,9	19,5	19,2	19,8	22,1	24,4	27,0	28,8	30,2	31,1	31,2	31,1	30,8	30,0	28,6	26,7	25,5	24,3	23,2	22,9	22,1
Out	21,0	20,5	20,0	19,6	19,2	18,9	20,2	22,6	25,5	27,7	29,3	30,4	31,2	31,4	31,3	30,8	30,3	28,2	26,1	24,8	23,8	23,1	22,3	21,6
Nov	21,4	21,2	20,9	20,7	20,5	20,4	21,5	23,0	24,7	26,4	27,7	28,7	28,8	27,8	27,6	27,4	26,6	25,2	24,0	23,4	23,0	22,5	22,2	21,8
Dez	21,8	21,3	21,0	20,8	20,5	20,6	22,0	23,8	25,8	27,4	28,5	29,3	29,5	30,1	30,2	29,5	28,7	27,4	25,7	24,8	23,9	23,2	22,7	22,2

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Goiânia - GO (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e TN - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

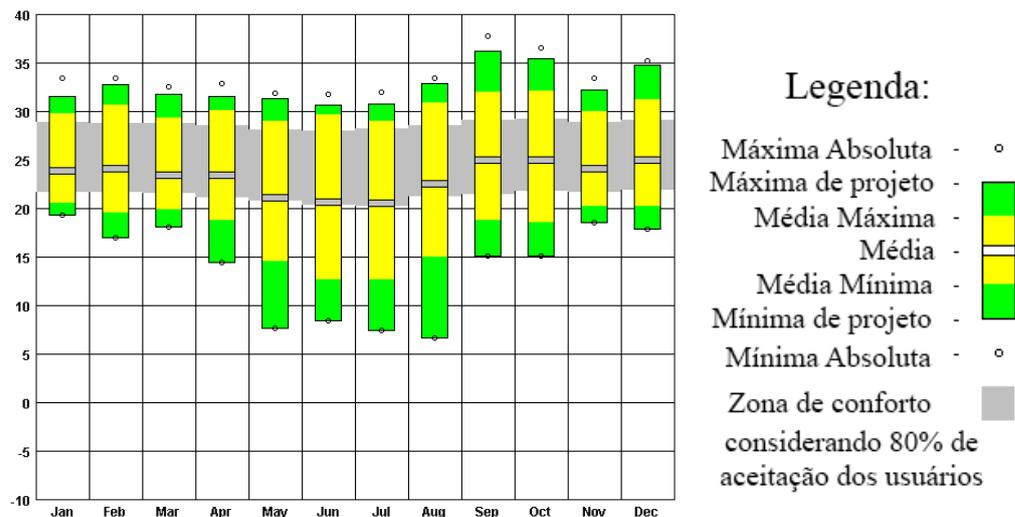


Gráfico 15 – Variação da temperatura de Goiânia - GO em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

Tabela 67 – Valores médios horários de velocidade do vento de Goiânia - GO.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,6	0,6	1,1	1,5	1,9	1,9	2,0	2,0	2,2	2,3	1,9	1,1	1,2	0,5	0,7	0,8	0,3	0,4
Fev	0,5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,9	1,1	1,9	2,4	2,6	2,2	2,2	2,4	1,9	2,0	1,5	1,1	1,1	1,0	0,9	0,5	0,5
Mar	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,5	0,6	1,1	1,5	2,0	1,8	1,9	2,1	2,4	2,0	2,0	1,5	1,1	0,9	0,7	0,9	0,7	0,7	0,6
Abr	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,7	2,4	2,7	2,4	2,2	2,1	2,0	1,7	1,5	1,5	1,2	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9
Mai	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8	0,7	0,9	1,5	2,5	2,9	2,8	2,4	2,3	2,2	2,2	1,7	1,4	1,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Jun	0,9	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	1,2	1,7	2,8	2,9	2,7	2,3	2,2	2,1	1,8	1,2	1,7	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
Jul	1,1	1,0	0,9	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9	2,1	3,2	3,5	3,5	3,0	2,9	2,5	2,8	2,2	1,6	1,8	1,3	1,4	1,3	1,1	1,0
Ago	1,1	1,0	1,2	1,2	0,9	0,9	1,1	1,3	2,1	2,7	2,7	2,5	2,1	2,3	2,2	2,3	2,4	2,0	1,7	1,8	1,9	1,4	1,3	1,2
Set	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,9	2,4	3,0	3,0	2,7	2,6	2,4	2,7	2,6	2,4	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,4	1,1
Out	0,8	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6	0,9	1,7	2,2	2,3	2,2	2,3	2,3	2,2	1,9	1,7	2,1	1,8	1,3	1,1	1,2	1,0	0,8
Nov	0,7	0,6	0,8	0,6	0,6	0,5	0,7	1,2	1,5	1,9	2,1	2,0	2,1	2,3	2,1	2,0	2,4	1,9	1,1	0,8	1,1	1,2	0,9	0,6
Dez	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,9	1,3	2,0	2,2	2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,0	1,6	1,0	1,0	1,1	0,8	0,9	0,7

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Goiânia – GO (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda velocidade do vento: □ Até 1,2m/s; □ Entre 1,21 e 2,5m/s e □ Acima de 2,51m/s.

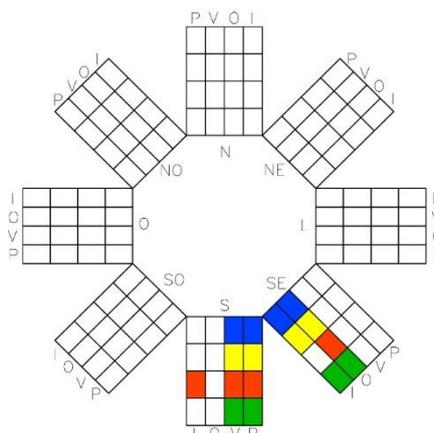


Figura 35: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Goiânia - GO. Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Goiânia – GO (RORIZ ENGENHARIA, [201-]a). Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

Tabela 68 – Valores médios horários de T mensal de Cuiabá - MT.

Mês/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	25,3	25,0	24,8	24,6	24,4	25,2	25,9	26,7	27,8	28,9	30,0	30,5	31,0	31,5	31,0	30,5	30,0	29,0	28,0	26,9	26,5	26,1	25,8	25,5
Fev	24,8	24,4	24,1	23,8	23,7	24,1	25,0	26,0	27,3	28,5	29,7	30,5	31,3	31,9	31,0	30,2	29,4	28,4	27,5	26,7	26,3	25,9	25,6	25,2
Mar	25,2	25,0	24,8	24,6	24,4	24,5	25,4	26,2	27,4	28,5	29,7	30,3	31,0	31,6	30,7	29,9	29,0	28,1	27,3	26,4	26,2	25,9	25,7	25,5
Abr	24,1	23,7	23,5	23,3	23,1	23,0	23,7	24,7	26,0	27,2	28,3	29,2	30,1	30,6	30,1	29,5	28,7	27,7	26,7	25,9	25,6	25,3	25,0	24,6
Mai	23,5	22,9	22,2	21,6	21,0	20,4	20,7	22,5	24,8	26,7	28,3	29,6	30,4	30,6	30,6	30,3	29,1	27,8	27,1	26,5	25,9	25,3	24,6	24,0
Jun	24,0	22,3	22,2	22,0	21,9	22,0	22,1	22,5	24,0	25,6	27,3	28,6	29,9	31,1	30,4	29,7	28,9	27,9	26,8	25,8	25,2	24,7	24,1	23,5
Jul	19,9	19,5	19,0	18,6	18,1	19,1	20,0	21,0	23,1	25,3	27,4	28,2	28,9	29,6	28,9	28,1	27,4	25,8	24,4	23,0	22,3	21,6	20,9	20,4
Ago	23,7	23,0	22,8	22,5	22,1	21,9	22,2	23,2	25,5	27,9	29,7	31,2	32,5	33,0	33,0	32,5	31,8	30,2	28,8	28,0	26,8	26,0	25,2	24,4
Set	24,8	24,0	23,5	23,0	22,6	22,4	23,2	24,4	25,8	27,5	28,9	30,3	31,4	32,5	32,0	31,5	30,8	30,0	29,0	28,1	27,4	26,8	26,1	25,4
Out	26,4	26,2	25,9	25,6	25,4	25,9	26,8	27,9	29,2	30,4	31,6	32,5	33,3	33,7	32,9	32,0	31,1	30,0	29,1	28,2	27,8	27,4	27,0	26,8
Nov	25,1	25,0	24,8	24,6	24,5	25,0	25,9	26,8	27,9	28,9	30,0	30,6	31,2	31,7	31,0	30,3	29,6	28,4	27,4	26,3	26,1	25,8	25,6	25,4
Dez	26,0	25,8	25,6	25,4	25,1	25,3	26,2	27,2	28,1	29,1	30,0	30,4	30,9	31,3	30,6	29,9	29,2	28,4	27,8	27,0	26,8	26,6	26,3	26,1

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Cuiabá-MT (LABEEE, [201-]). Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e TN - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e TN - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e TN + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e TN + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

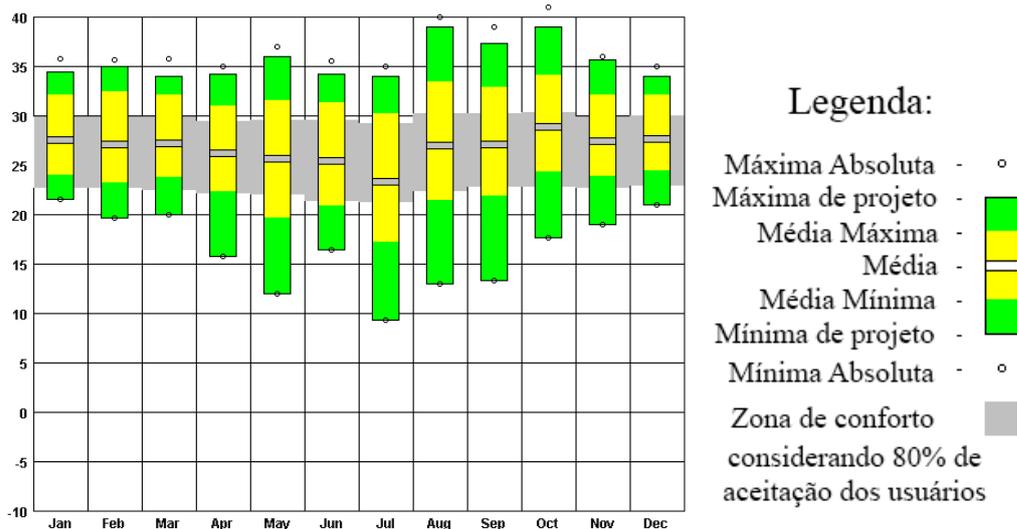


Gráfico 16 – Variação da temperatura de Cuiabá - MT em comparação com a faixa de conforto adaptativa mensal da ASHRAE 55/2010. Fonte: MILNE, [201-]. Tradução livre da autora.

Tabela 69 – Valores médios horários de velocidade do vento de Cuiabá - MT.

Vento/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	2,1	2,1	2,1	2,2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,1	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,2	2,8	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1
Fev	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,3	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	2,9	2,9	2,9	3,0	2,9	2,8	2,5	2,5	2,4	2,5	2,3
Mar	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
Abr	1,5	1,4	1,6	1,8	2,1	2,1	2,4	2,4	2,4	2,6	3,0	3,0	3,0	3,3	3,1	2,6	2,4	2,2	1,9	1,6	1,7	1,7	1,5	1,5
Mai	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,3	3,0	3,4	3,4	3,2	3,1	2,6	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
Jun	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,5	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4
Jul	1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,6	2,7	2,8	2,6	2,3	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	1,1
Ago	1,8	1,9	2,0	2,1	2,4	2,4	2,0	2,0	1,9	2,5	3,1	3,0	2,9	2,6	2,5	2,2	1,9	2,0	2,0	2,3	2,0	1,8	1,5	1,7
Set	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,7	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,3	3,5	3,2	2,9	2,3	1,9	1,6	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5
Out	2,0	2,0	2,1	2,2	2,5	2,5	2,3	2,3	2,6	2,9	3,2	2,6	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8
Nov	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,1	2,8	2,5	2,1	1,7	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4
Dez	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7	1,9	2,1	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,2	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Cuiabá-MT (LABEEE, [201-]).  
 Legenda velocidade do vento: □ Até 1,2m/s; ■ Entre 1,21 e 2,5m/s e ■ Acima de 2,51 m/s.

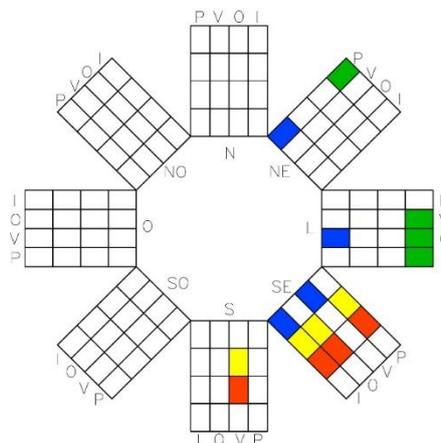


Figura 36: Direção do vento predominante ao longo de cada período do dia nas quatro estações do ano para Cuiabá-MT. Fonte: Dados extraídos do arquivo climático da cidade de Cuiabá-MT (LABEEE, [201-]). Legenda: ■ Madrugada (das 0h às 06h59); ■ Manhã (das 07h às 12h59); ■ Tarde (das 13h às 18h59); ■ Noite (das 19h às 23h59); P - Primavera (outubro, novembro e dezembro), V - Verão (janeiro, fevereiro e março), O - Outono (abril, maio e junho), I - Inverno (julho, agosto e setembro); N - Norte, NE - Nordeste, L - Leste, SE - Sudeste, S - Sul, SO - Sudoeste, O - Oeste e NO - Noroeste.

# APÊNDICE B – Classificação da UH pelo método prescritivo do RTQ-R

Tabela 70 – Classificação da UH para o projeto original na ZB2 e N1.

Índices Amb. UH	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)				
	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo	EqNumE nvResf		EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
	Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada		Verão	Inverno	Final		
101	C	A	D	A	D	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
301	D	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
401	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	C	A	D	A	D	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
302	D	A	D	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D
402	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	D	A	D	A	D	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
303	D	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
403	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	D	A	D	A	D	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
304	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
404	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 71 – Classificação da UH para o projeto original na ZB2 e N2.

Índices Amb. UH	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)				
	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo	EqNumE nvResf		EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
	Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada		Verão	Inverno	Final		
101	D	A	D	A	D	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
301	D	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
401	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	C	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D
302	D	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
402	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	D	A	D	A	D	A	A	A	A	C	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
303	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
403	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	D	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
304	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D
404	E	A	E	A	E	A	A	A	A	C	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 72 – Classificação da UH para o projeto original na ZB3 e N1.

Índices Amb. UH	EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)				
	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo	EqNumE nvResf		EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
	Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada		Verão	Inverno	Final		
101	B	C	C	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C
301	C	B	C	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C
401	D	C	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	B	C	C	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C
302	B	B	D	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	D	C	A	D	C	C
402	D	C	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	B	B	C	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C
303	C	B	D	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C
403	D	B	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	B	B	C	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C
304	C	B	D	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	D	C	A	D	C	C
404	D	B	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 73 – Classificação da UH para o projeto original na ZB3 e N2.

ZB3 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb. UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob							
101	B	B	C	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
301	C	B	D	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	D	C	A	D	C	C	
401	E	B	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D	
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	B	B	D	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
302	C	B	D	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	D	C	A	D	C	C	
402	E	B	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	B	B	C	B	C	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
303	C	B	D	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	D	C	A	D	C	C	
403	E	B	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	B	B	D	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	D	C	A	D	C	C	
304	C	B	D	B	D	B	A	A	A	C	A	A	C	C	D	C	A	D	C	C	
404	E	B	E	B	E	B	A	A	A	C	A	A	C	C	E	C	A	E	C	D	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 74 – Classificação da UH para o projeto original na ZB4 e N1.

ZB4 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb. UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob							
101	A	B	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
301	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
401	B	A	C	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	A	B	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
302	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
402	B	A	B	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	A	A	A	A	A	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
303	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
403	B	A	C	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	A	A	A	A	A	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
304	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
404	B	A	C	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 75 – Classificação da UH para o projeto original na ZB4 e N2.

ZB4 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb. UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob							
101	A	A	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
301	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
401	C	A	C	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
302	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
402	C	A	C	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	A	A	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
303	B	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
403	C	A	C	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEnvvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	A	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
304	B	A	B	A	B	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	
404	C	A	C	A	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	C	C	A	C	C	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 76 – Classificação da UH para o projeto original na ZB5 e N1.

ZB5 - N1		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente						Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob				
	101	B	C	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	301	B	C	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	401	C	D	E	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	102	B	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	302	B	C	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	402	C	D	E	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	103	C	D	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	303	C	D	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	403	D	E	D	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	104	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	304	C	D	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	404	D	E	D	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 77 – Classificação da UH para o projeto original na ZB5 e N2.

ZB5 - N2		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente						Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob				
	101	B	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	301	C	C	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	401	D	D	E	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	102	B	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
	302	C	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
	402	D	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	E	A	E	E
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	103	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	303	C	D	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	403	E	E	D	A	A	A	C	A	A	C	C	E	A	E	E
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	104	C	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
	304	C	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	D	A	D	D
	404	D	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	E	A	E	E

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 78 – Classificação da UH para o projeto original na ZB6 e N1.

ZB6 - N1		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente						Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob				
	101	B	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	301	C	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	D	D
	401	D	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	E	A	E	E
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	102	B	B	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	302	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	402	D	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	E	A	E	E
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	103	B	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	303	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	403	D	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	E	A	E	E
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
	104	B	B	B	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	304	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C
	404	E	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	E	A	E	E

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 79 – Classificação da UH para o projeto original na ZB6 e N2.

ZB6 - N2		EqNumEnvAmb									Pré-requisito ambiente						Classif	PR UH	UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob								
101	B	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C				
301	C	D	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	D	A	D				
401	E	E	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	C	E	A	E				
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
102	B	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C				
302	C	D	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	D	A	D				
402	E	E	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	C	E	A	E				
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
103	B	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C				
303	C	D	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	D	A	D				
403	E	E	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	C	E	A	E				
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
104	B	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C	A	C	C				
304	C	D	D	D	A	A	A	C	A	A	C	C	C	D	A	D				
404	E	E	E	E	A	A	A	C	A	A	C	C	C	E	A	E				

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 80 – Classificação da UH para o projeto original na ZB7 e N1.

ZB7 - N1		EqNumEnvAmb									Pré-requisito ambiente						Classif	PR UH	UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb	UH	GHR				Iluminação Natural			Ventilação Natural		Sist. Construtivo		EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
		SI S S	Q S O	Q N O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar					Ucob			
101	B	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
301	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
401	C	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
102	B	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
302	C	C	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
402	C	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
103	B	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
303	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
403	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
104	B	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
304	C	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
404	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 81 – Classificação da UH para o projeto original na ZB7 e N2.

ZB7 - N2		EqNumEnvAmb									Pré-requisito ambiente						Classif	PR UH	UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob								
101	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
301	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
401	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
102	C	D	D	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
302	C	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
402	D	E	E	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
103	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
303	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
403	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
104	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	C	C				
304	C	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				
404	D	D	D	E	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	A	D				

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 82 – Classificação da UH para o projeto original na ZB8 e N1.

ZB8 - N1		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo			EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf							
	101	B	C	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C		
	301	B	C	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C		
	401	C	D	E	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
Ambientes		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
	102	B	C	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	302	B	C	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	402	C	D	E	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
	103	C	D	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	303	C	D	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	403	D	E	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
	104	C	C	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	304	C	D	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	404	D	E	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 83 – Classificação da UH para o projeto original na ZB8 e N2.

ZB8 - N2		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo			EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf							
	101	B	C	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	301	C	C	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	401	D	D	E	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
	102	B	D	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
	302	C	D	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
	402	D	E	E	A	A	A	C	C	C	C	C	C	E	A	E	E	E		
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
	103	C	C	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	303	C	D	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C		
	403	E	E	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	E	A	E	E	E		
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
	104	C	D	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
	304	C	D	D	A	A	A	C	C	C	C	C	C	D	A	D	D	D		
	404	D	E	E	A	A	A	C	C	C	C	C	C	E	A	E	E	E		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 84 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com foil de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB1 e N1.

ZB1 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente									Classificação		PR UH		UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR		CA		CA		Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo			EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
		S S S	Q S O	Q N O	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf								
	101	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C		
	301	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C		
	401	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C		
Ambientes		Sala S S	Quarto S L	Quarto N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final					
	102	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	302	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	402	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		Sala N N	Quarto N O	Quarto S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final					
	103	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	303	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	403	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		Sala N N	Quarto N L	Quarto S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final					
	104	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	304	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	404	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 85 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com foil de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB1 e N2.

ZB1 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob	nvResf	nVA							
101	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
301	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
401	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
302	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
402	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
303	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
403	B	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
304	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
404	B	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 86 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com foil de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB2 e N1.

ZB2 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob	nvResf	nVA							
101	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
301	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
401	D	A	D	A	E	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D	
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
302	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
402	D	A	D	A	E	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
303	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
403	E	A	E	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
304	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
404	E	A	E	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 87 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com foil de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB2 e N2.

ZB2 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob	nvResf	nVA							
101	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
301	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
401	E	A	D	A	E	A	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D	
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	C	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
302	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
402	E	A	E	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	D	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
303	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
403	E	A	E	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEn	EqNumEn	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	C	A	D	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
304	D	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	
404	E	A	E	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	D	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 88 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB3 e N1.

ZB3 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)			
Índices Amb. UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
	Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	A	C	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	B	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	C	B	C	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	A	C	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	B	B	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	C	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	C	B	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	D	B	D	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	C	B	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 89 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB3 e N2.

ZB3 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)			
Índices Amb. UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
	Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob									
101	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	C	B	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	D	B	D	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	C	B	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	C	B	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	D	B	C	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	C	B	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 90 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB4 e N1.

ZB4 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)			
Índices Amb. UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
	Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 91 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com foil de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB4 e N2.

ZB4 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente									Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb. UH	GHR	CA		CA		CA		Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob										
101	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final					
102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
302	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
402	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final					
103	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
303	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
403	C	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final					
104	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
304	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C
404	C	A	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 92 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com foil de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB5 e N1.

ZB5 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH	UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb. UH	GHR	Q   S   O		Q   N   O		Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
		S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
301	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
401	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final						
102	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
302	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
402	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final						
103	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final						
104	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
304	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
404	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 93 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com foil de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB5 e N2.

ZB5 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH	UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb. UH	GHR	Q   O   S		Q   O   S		Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
		S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar <th>Ucob</th>	Ucob									
101	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
401	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final						
102	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
302	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
402	C	C	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final						
103	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final						
104	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
304	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
404	D	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	D	D			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 94 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB6 e N1.

ZB6 - N1		EqNumEnvAmb									Pré-requisito ambiente						Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob									
	101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	301	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	401	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	302	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	402	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	103	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	104	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	304	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	404	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 95 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB6 e N2.

ZB6 - N2		EqNumEnvAmb									Pré-requisito ambiente						Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob									
	101	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	401	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	102	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	302	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	402	D	D	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	D	D					
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	103	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	104	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	304	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	404	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 96 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB7 e N1.

ZB7 - N1		EqNumEnvAmb									Pré-requisito ambiente						Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob									
	101	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	401	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	102	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	302	C	B	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	402	C	C	D	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	103	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final					
	104	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	304	C	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C					
	404	D	D	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	D	D					

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 97 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB7 e N2.

ZB7 - N2		Pré-requisito ambiente									Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	EqNumEnvAmb			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
		GHR	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar				
101	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
301	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
401	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
102	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
302	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
402	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	D	D
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
103	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
303	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
403	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
104	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
304	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
404	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	D	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 98 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB8 e N1.

ZB8 - N1		Pré-requisito ambiente									Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	EqNumEnvAmb			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
		GHR	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar				
101	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
301	B	B	B	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
401	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
102	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
302	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
402	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
103	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
303	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
403	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
104	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
304	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
404	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 99 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto e cobertura com *foil* de alumínio ou manta de lã de vidro) na ZB8 e N2.

ZB8 - N2		Pré-requisito ambiente									Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	EqNumEnvAmb			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
		GHR	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar				
101	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
301	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
401	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
102	B	B	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
302	C	B	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
402	C	C	D	D	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
103	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
303	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
403	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final
104	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
304	C	C	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C
404	D	D	D	C	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	D	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 100 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB1 e N1.

ZB1 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Am.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	A	A	A	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	A	A	A	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	A	A	A	B	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	A	A	A	B	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 101 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB1 e N2.

ZB1 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Am.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	S   L   L	Q   L   S	Q   O   S	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob									
101	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	A	A	A	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	B	B	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	S   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	A	A	A	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	B	B	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	S   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	A	A	A	B	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	B	B	B	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	S   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	A	A	A	B	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	B	B	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 102 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB2 e N1.

ZB2 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Am.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	S   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	B	A	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	C	A	C	B	D	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	D	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	S   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	B	A	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	C	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	D	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	S   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	C	A	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	D	A	D	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C
403	E	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	S   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	C	A	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	D	A	C	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	E	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 103 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB2 e N2.

ZB2 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)			
Índices Amb.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob										
101	C	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	D	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	C
401	E	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	D
Ambientes		Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	C	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	C	
302	D	A	D	B	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	C	
402	D	A	E	B	E	B	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	C	D	
Ambientes		Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	C	A	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	C	
303	D	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	C	
403	E	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	D	
Ambientes		Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	C	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	C	
304	D	A	D	A	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	C	
404	E	A	E	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	E	C	A	E	C	C	D	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 104 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB3 e N1.

ZB3 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	C	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes		Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	B	B	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	C	B	C	B	D	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes		Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
303	C	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	D	B	C	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes		Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
304	C	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
404	D	B	D	A	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 105 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB3 e N2.

ZB3 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob									
101	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	C	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	D	B	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes		Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
102	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
302	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D
Ambientes		Sala   O   S	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
103	B	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
303	C	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
403	D	B	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
Ambientes		Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumE nvResf	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final			
104	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
304	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C	
404	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	D	C	D	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 106 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB4 e N1.

ZB4 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)			
Índices Amb.	UH	GHR		CA		GHR		CA		GHR		CA		Sist. Construtivo		EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
		Sala	S S	Quarto	S O	Quarto	N O	S S	Q S O	Q N O	S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob							
101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	B	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala	S S	Quarto	S L	Quarto	N L	S S	Q S L	Q N L	S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	B	A	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala	N N	Quarto	N O	Quarto	S O	S N	Q N O	Q S O	S N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
103	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	C	A	C	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala	N N	Quarto	N L	Quarto	S L	S N	Q N L	Q S L	S N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
104	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	C	A	C	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 107 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB4 e N2.

ZB4 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)			
Índices Amb.	UH	GHR		CA		GHR		CA		GHR		CA		Sist. Construtivo		EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
		Sala	L L	Quarto	L S	Quarto	O S	S L L	Q L S	Q O S	S L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob							
101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
301	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
401	C	A	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala	L L	Quarto	L N	Quarto	O N	S L L	Q L N	Q O N	S L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
302	B	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
402	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala	O O	Quarto	O S	Quarto	L S	S O O	Q O S	Q L S	S O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
103	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
303	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
403	C	A	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
Ambientes	Sala	O O	Quarto	O N	Quarto	L N	S O O	Q O N	Q L N	S O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
104	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
304	B	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C
404	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 108 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB5 e N1.

ZB5 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classif		UH (com pré-requisitos)				
Índices Amb.	UH	GHR		CA		GHR		CA		GHR		CA		Sist. Construtivo		EqNumEnvRef	PR UH	Ventilação Cruzada	Verão	Final
		S S	S O	Q N O	S S	Q S O	Q N O	S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob								
101	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
301	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
401	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
Ambientes	S S	Q S L	Q N L	S S	Q S L	Q N L	S S	Q S L	Q N L	S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
102	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
302	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
402	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
Ambientes	S N N	Q N O	Q S O	S N N	Q N O	Q S O	S N N	Q N O	Q S O	S N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
103	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
303	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
403	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
Ambientes	S N N	Q N L	Q S L	S N N	Q N L	Q S L	S N N	Q N L	Q S L	S N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvRef	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
104	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
304	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C
404	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C	C	C

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 109 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB5 e N2.

ZB5 - N2		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo			EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob	Upar							
	101	B	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	401	C	B	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	102	B	B	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	302	C	B	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	402	C	C	D	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	103	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	403	D	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	104	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	304	C	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	404	D	D	C	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	D	D	D			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 110 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB6 e N1.

ZB6 - N1		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo			EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob	Upar							
	101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	301	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	401	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	302	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	402	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	103	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	403	D	D	C	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	D	D	D			
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	104	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	304	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	404	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 111 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB6 e N2.

ZB6 - N2		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo			EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob	Upar							
	101	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	401	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	102	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	302	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	402	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	D	D	D			
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	103	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
	104	B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	304	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C	C			
	404	D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	D	D	D			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 112 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB7 e N1.

ZB7 - N1		EqNumEnvAmb										Pré-requisito ambiente			Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob							
101		B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
301		C	B	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
401		C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
102		B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
302		B	B	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
402		C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
103		B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
303		C	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
403		D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
104		B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
304		C	C	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
404		D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 113 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB7 e N2.

ZB7 - N2		EqNumEnvAmb										Pré-requisito ambiente			Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob							
101		B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
301		C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
401		D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
102		B	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
302		C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
402		D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	D	D			
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
103		C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
303		C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
403		D	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
104		C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
304		C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	C	C			
404		D	D	D	A	A	A	A	A	A	C	A	D	A	D	D			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 114 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB8 e N1.

ZB8 - N1		EqNumEnvAmb										Pré-requisito ambiente			Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob							
101		B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
301		B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
401		C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
102		B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
302		B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
402		C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
103		B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
303		C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
403		D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C			
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
104		C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
304		C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B			
404		D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C			

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 115 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com vermiculite e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB8 e N2.

ZB8 - N2		EqNumEnvAmb		Pré-requisito ambiente									Classif		PR UH		UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob							
	101	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	401	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	102	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	302	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
	402	C	C	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	103	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	403	D	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	104	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
	304	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
	404	D	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D	D		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 116 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB1 e N1.

ZB1 - N1		EqNumEnvAmb		Pré-requisito ambiente									Classificação		PR UH		UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR		CA		Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala S S	Quarto S O	Quarto N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob							
	101	A	B	A	D	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C
	301	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	401	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
Ambientes		Sala S S	Quarto S L	Quarto N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	102	A	B	A	D	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C
	302	A	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	402	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
Ambientes		Sala N N	Quarto N O	Quarto S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	103	A	B	A	C	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C
	303	A	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	403	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
Ambientes		Sala N N	Quarto N L	Quarto S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	104	A	B	A	C	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C
	304	A	A	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	404	B	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 117 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB1 e N2.

ZB1 - N2		EqNumEnvAmb		Pré-requisito ambiente									Classificação		PR UH		UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb.	UH	GHR		CA		Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala L L	Quarto L S	Quarto O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob							
	101	A	B	A	D	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C
	301	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	401	A	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
Ambientes		Sala L L	Quarto L N	Quarto O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	102	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	302	A	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	402	B	B	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
Ambientes		Sala O O	Quarto O S	Quarto L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	103	A	B	A	C	A	D	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	C
	303	A	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	403	B	B	B	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
Ambientes		Sala O O	Quarto O N	Quarto L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	EqNumEnvVA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final	
	104	A	B	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	304	A	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B
	404	B	B	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 118 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB2 e N1.

ZB2 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	B	B	B	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	B	B	B
301	C	A	C	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B
401	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	B	A	D	B	C
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L		Quarto   N   L		SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
102	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
302	C	A	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B		
402	D	B	C	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	B	A	D	B	C	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O		Quarto   S   O		SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
103	C	A	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
303	D	A	D	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	B	
403	D	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	C	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L		Quarto   S   L		SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
104	C	A	B	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B	B	B	
304	D	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
404	E	A	D	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 119 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB2 e N2.

ZB2 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob									
101	C	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	B	A	B
301	D	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
401	D	B	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	B	A	D	B	C	
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N		Quarto   O   N		SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
102	C	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
302	C	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	B	
402	D	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S		Quarto   L   S		SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
103	C	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
303	C	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	B	
403	E	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N		Quarto   L   N		SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
104	C	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
304	D	A	D	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	C	
404	E	A	E	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	E	A	A	E	A	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 120 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB3 e N1.

ZB3 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH			UH (com pré-requisitos)		
Índices Amb	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	B	A
301	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
401	C	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	C	B	B	
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L		Quarto   N   L		SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
102	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	
302	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
402	C	B	C	B	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	C	B	C	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O		Quarto   S   O		SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
103	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B	B	B	
303	C	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
403	D	B	C	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	C	B	C	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L		Quarto   S   L		SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumEnvRest	EqNumEnvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final		
104	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B	B	B	
304	C	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
404	D	B	D	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	B	A	D	B	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 121 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB3 e N2.

ZB3 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)				
Índices Amb	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob									
101	B	B	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B
301	C	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B
401	D	B	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	C	B	C
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	
302	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
402	D	B	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	B	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	
303	C	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	B	B	
403	D	B	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	C	B	C	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	
304	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
404	D	B	D	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	A	C	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 122 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB4 e N1.

ZB4 - N1		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)				
Índices Amb	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   S   S	Quarto   S   O	Quarto   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	SI   S   S	Q   S   O	Q   N   O	Upar	Ucob									
101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
301	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
401	C	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
Ambientes	Sala   S   S	Quarto   S   L	Quarto   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	SI   S   S	Q   S   L	Q   N   L	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
302	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
402	B	A	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   O	Quarto   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	SI   N   N	Q   N   O	Q   S   O	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
303	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	A	
403	C	A	C	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
Ambientes	Sala   N   N	Quarto   N   L	Quarto   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	SI   N   N	Q   N   L	Q   S   L	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
304	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
404	C	A	C	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 123 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB4 e N2.

ZB4 - N2		EqNumEnvAmb						Pré-requisito ambiente						Classificação		PR UH	UH (com pré-requisitos)				
Índices Amb	UH	GHR	CA	GHR	CA	GHR	CA	Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final
		Sala   L   L	Quarto   L   S	Quarto   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	SI   L   L	Q   L   S	Q   O   S	Upar	Ucob									
101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
301	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
401	C	A	B	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
Ambientes	Sala   L   L	Quarto   L   N	Quarto   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	SI   L   L	Q   L   N	Q   O   N	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
302	B	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
402	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   S	Quarto   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	SI   O   O	Q   O   S	Q   L   S	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
103	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
303	B	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
403	C	A	C	B	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	
Ambientes	Sala   O   O	Quarto   O   N	Quarto   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	SI   O   O	Q   O   N	Q   L   N	Upar	Ucob	EqNumE nvRef	EqNumE nvA	Ventilação Cruzada	Verão	Inverno	Final				
104	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
304	B	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	
404	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	B	

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 124 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB5 e N1.

ZB5 - N1		EqNumEnvAmb										Pré-requisito ambiente			Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob							
101	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
301	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
401	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
102	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
302	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
402	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
103	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
104	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
304	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
404	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 125 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB5 e N2.

ZB5 - N2		EqNumEnvAmb										Pré-requisito ambiente			Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob							
101	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
401	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
102	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
302	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
402	C	C	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
103	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
403	D	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
104	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
304	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
404	D	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D	D		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 126 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB6 e N1.

ZB6 - N1		EqNumEnvAmb										Pré-requisito ambiente			Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final			
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob							
101	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
301	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
401	C	C	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
302	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
402	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
103	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
403	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D	D		
Ambientes	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final				
104	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
304	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
404	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - A B C D E.

Tabela 127 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB6 e N2.

ZB6 - N2		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob						
101	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
301	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B		
401	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
102	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
302	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
402	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D		
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
103	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
303	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
403	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
104	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
304	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
404	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 128 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB7 e N1.

ZB7 - N1		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob						
101	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
301	C	B	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
401	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
102	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
302	B	B	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
402	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
103	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
303	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
403	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
104	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
304	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
404	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 129 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB7 e N2.

ZB7 - N2		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob						
101	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
301	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
401	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
102	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
302	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
402	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D		
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
103	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
303	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
403	D	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
104	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B		
304	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C		
404	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 130 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB8 e N1.

ZB8 - N1		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
		SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	SI S S	Q S O	Q N O	Upar	Ucob						
	101	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	301	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	401	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	SI S S	Q S L	Q N L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
	102	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	302	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	402	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	SI N N	Q N O	Q S O	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
	103	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	403	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	SI N N	Q N L	Q S L	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
	104	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	304	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	404	D	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

Tabela 131 – Classificação da UH para o projeto modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com manta de lã de vidro) na ZB8 e N2.

ZB8 - N2		EqNumEnvAmb			Pré-requisito ambiente									Classif	PR UH		UH (com pré-requisitos)	
Índices Amb.	UH	GHR			Iluminação Natural			Ventilação Natural			Sist. Construtivo		EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
		SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	SI L L	Q L S	Q O S	Upar	Ucob						
	101	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	301	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	401	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	SI L L	Q L N	Q O N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
	102	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	302	C	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
	402	C	C	D	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	SI O O	Q O S	Q L S	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
	103	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	303	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	403	D	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
Ambientes		SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	SI O O	Q O N	Q L N	Upar	Ucob	EqNumEnvResf	Ventilação Cruzada	Verão	Final		
	104	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	B	B		
	304	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	C		
	404	D	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	D	D		

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E.

# APÊNDICE C – Desempenho da UH pelo método de simulação da NBR 15.575

Tabela 132 – Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Passo Fundo - RS.

ZB2 – VERÃO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com <i>faix</i> de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lâ de vidro							
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2			
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2		
1 renovação/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	103	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	303	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	403	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	1 renovação/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
301		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
302		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
303		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
304		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
401		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
402		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
403		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
404		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
5 renovações/hora		101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	303	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	403	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	5 renovações/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
301		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
302		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
303		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
304		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
401		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
402		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
403		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
404		NIN	OIO	NIL	OIN	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	

Legenda: Desempenho da UH em face das exigências da NBR 15.575 para o verão - ■ Não atende ao limite mínimo (Ti máx. > 32,9°C)  Atende ao limite Mínimo (Ti máx. ≤ 32,9°C);  Intermediário (Ti máx. ≤ 30,9°C);  Superior (Ti máx. ≤ 28,9°C). Foram indicadas pelas siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.





Tabela 136 – Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Brasília - DF.

ZB4 - VERÃO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com <i>faix</i> de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lâ de vidro						
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	
1 renovação/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
1 renovação/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
5 renovações/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
5 renovações/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN

Legenda: Desempenho da UH em face das exigências da NBR 15.575 para o verão - ■ Não atende ao limite mínimo (Ti máx. > 33,6°C) □ Atende ao limite Mínimo (Ti máx. ≤ 33,6°C); ■ Intermediário (Ti máx. ≤ 31,6°C); ■ Superior (Ti máx. ≤ 29,6°C). Foram indicadas pelas siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.





Tabela 140 – Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Goiânia - GO.

ZB6 - VERÃO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lâ de vidro						
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	
1 renovação/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
1 renovação/hora + veneziana	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
5 renovações/hora	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
5 renovações/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN

Legenda: Desempenho da UH em face das exigências da NBR 15.575 para o verão - ■ Não atende ao limite mínimo (Ti máx. > 34,9°C) □ Atende ao limite Mínimo (Ti máx. ≤ 34,9°C); ■ Intermediário (Ti máx. ≤ 32,9°C); ■ Superior (Ti máx. ≤ 30,9°C). Foram indicadas pelas siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Tabela 141 – Desempenho térmico da UH nas condições de verão de Cuiabá - MT.

ZB7 - VERÃO	Projeto Original: Paredes de concreto e cobertura com telha de fibrocimento, câmara de ar e laje de concreto						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto e cobertura original com <i>faç</i> de alumínio						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com vermiculite e cobertura original com lâ de vidro						Projeto Modificado: Paredes maciças de concreto com EPS e cobertura original com lâ de vidro							
	SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2		SALA		QUARTO 1		QUARTO 2			
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2		
1 renovação/hora	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	1 renovação/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
301		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
302		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
303		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
304		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
401		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
402		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
403		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
404		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
5 renovações/hora		101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
	301	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	302	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	303	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	304	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	401	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
	402	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
	403	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
	404	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
	5 renovações/hora + veneziana	101	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS
		102	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN
		103	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS
		104	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN
301		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
302		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
303		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
304		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	
401		SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	SIS	LIL	SIO	LIS	NIO	OIS	
402		SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	SIS	LIN	SIL	LIN	NIL	OIN	
403		NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	NIN	OIO	NIO	OIS	SIO	LIS	
404		NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	NIN	OIO	NIL	OIN	SIL	LIN	

Legenda: Desempenho da UH em face das exigências da NBR 15.575 para o verão - ■ Não atende ao limite mínimo (Ti máx. > 40,6°C) □ Atende ao limite Mínimo (Ti máx. ≤ 40,6°C); ■ Intermediário (Ti máx. ≤ 38,6°C); ■ Superior (Ti máx. ≤ 36,6°C). Foram indicadas pelas siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

# APÊNDICE D – Classificação da UH pelo método de simulação do RTQ-R

Tabela 142 – Classificação das UHs térreas para todos os sistemas construtivos.

N2 - Zona	ZB1			ZB2			ZB3			ZB4			ZB5			ZB6			ZB7			ZB8					
UH 101 Amb.	SIL	LIL	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
UH 102 Amb.	SIL	LIL	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
UH 103 Amb.	SIO	IO	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
UH 104 Amb.	SIO	IO	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv ≥ 4,5) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Tabela 143 – Classificação das UHs de cobertura do Projeto Original.

N2 - Zona	ZB1			ZB2			ZB3			ZB4			ZB5			ZB6			ZB7			ZB8					
UH 401 Amb.	SIL	LIL	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	D	D	E	B	C	C	C	C	C	B	B	B	E	E	E	E	E	E	E	E	E
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	E	E	E	E	E	E	E	E	E
UH 402 Amb.	SIL	LIL	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	D	D	D	B	B	C	D	C	C	B	B	B	E	D	E	E	E	E	E	E	E
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	E	D	E	E	E	E	E	E	E
UH 403 Amb.	SIO	IO	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	D	D	D	B	C	C	C	C	C	B	B	B	E	E	E	E	E	E	E	E	E
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	E	E	E	E	E	E	E	E	E
UH 404 Amb.	SIO	IO	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	D	D	D	B	B	B	C	C	B	B	B	B	E	D	D	E	E	E	E	E	E
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	E	D	D	E	E	E	E	E	E

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv ≥ 4,5) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Tabela 144 – Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto e cobertura com lã.

N2 - Zona	ZB1			ZB2			ZB3			ZB4			ZB5			ZB6			ZB7			ZB8					
UH 401 Amb.	SIL	LIL	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	B	C	C	A	A	B	B	B	B	A	A	A	C	C	D	D	D	D	D	D	D
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	D	D	D	D	D	D	D
UH 402 Amb.	SIL	LIL	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	B	C	C	A	A	B	B	B	B	A	A	A	C	D	D	D	D	D	D	D	D
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	D	D	D	D	D	D	D	D
UH 403 Amb.	SIO	IO	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	B	B	B	B	B	A	A	A	D	D	C	D	D	D	D	D	D
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	C	D	D	D	D	D	D
UH 404 Amb.	SIO	IO	QI																								
Índices																											
GHR	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	B	B	B	B	B	A	B	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D
CA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv ≥ 4,5) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Tabela 145 – Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto e cobertura com *foil*.

N2 - Zona		ZB1			ZB2			ZB3			ZB4			ZB5			ZB6			ZB7			ZB8										
UH 401 Amb. Índices		SIL	LIL	QIL	QIS																												
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A																
UH 402 Amb. Índices		SIL	LIL	QIL	QIS																												
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A																
UH 403 Amb. Índices		SI	O	Q	IS																												
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A																
UH 404 Amb. Índices		SI	O	Q	IS																												
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A																

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv ≥ 4,5) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Tabela 146 – Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto + vermiculite e cobertura com lã de vidro.

N2 - Zona		ZB1			ZB2			ZB3			ZB4			ZB5			ZB6			ZB7			ZB8						
UH 401 Amb. Índices		SIL	LIL	QIL	QIS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	A	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												
UH 402 Amb. Índices		SIL	LIL	QIL	QIS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	A	A	A	A	A	B	B	B	A	B	D	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												
UH 403 Amb. Índices		SI	O	Q	IS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B	A	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												
UH 404 Amb. Índices		SI	O	Q	IS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	D	D	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv ≥ 4,5) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

Tabela 147 – Classificação das UHs de cobertura das Paredes de Concreto + EPS e cobertura com lã de vidro.

N2 - Zona		ZB1			ZB2			ZB3			ZB4			ZB5			ZB6			ZB7			ZB8						
UH 401 Amb. Índices		SIL	LIL	QIL	QIS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	A	D	C	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												
UH 402 Amb. Índices		SIL	LIL	QIL	QIS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	A	C	C	D	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												
UH 403 Amb. Índices		SI	O	Q	IS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	B	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	A	D	D	C	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												
UH 404 Amb. Índices		SI	O	Q	IS																								
GHR		A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	B	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	A	D	D	C	D	D	D
CA		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A												

Legenda: Classificação pelo RTQ-R - ■ A (EqNumEnv ≥ 4,5) ■ B (3,5 ≤ EqNumEnv < 4,5) ■ C (2,5 ≤ EqNumEnv < 3,5) ■ D (1,5 ≤ EqNumEnv < 2,5) ■ E (EqNumEnv < 1,5). Foi indicada pela primeira sigla S (Sala) ou Q (Quarto) o nome dos ambientes de permanência prolongada e pelas segunda e terceira siglas N (Norte), S (Sul), L (Leste) e O (Oeste) a orientação dos ambientes sendo a primeira letra referente a direção das aberturas e a segunda a posição da parede opaca.

# APÊNDICE E – Temperaturas internas dos ambientes pelo método de simulação da NBR 15.575

Tabela 148 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Passo Fundo - RS.

ZB2 - VERÃO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	22,4	29,0	22,5	29,2	22,4	29,0	22,5	29,1	22,4	29,0	22,5	29,1	22,3	28,6	22,4	29,1	22,6	28,0	22,9	28,4
	3°	24,2	30,7	24,4	31,1	24,1	30,6	24,3	31,0	24,1	30,6	24,3	31,0	24,2	30,6	24,6	31,4	24,7	30,2	25,3	31,1
	4°	24,7	31,2	24,8	31,4	24,2	30,6	24,4	30,8	24,4	30,9	24,6	31,0	24,5	30,7	24,8	31,4	25,0	30,4	25,5	31,1
1 Ren/h + veneziana	1°	22,4	28,8	22,5	28,9	22,4	28,8	22,5	28,9	22,4	28,9	22,5	28,9	22,1	28,4	22,3	28,8	22,6	27,9	22,8	28,1
	3°	24,1	30,5	24,2	30,7	24,0	30,4	24,1	30,6	24,0	30,5	24,2	30,6	24,1	30,3	24,4	30,8	24,6	29,9	25,0	30,4
	4°	24,6	31,0	24,7	31,1	24,1	30,5	24,2	30,5	24,3	30,7	24,4	30,7	24,4	30,4	24,6	30,8	24,9	30,1	25,2	30,6
5 Ren/h	1°	20,7	30,8	20,7	30,9	20,7	30,8	20,7	30,9	20,7	30,8	20,7	30,9	20,5	30,7	20,6	30,9	20,8	30,3	20,9	30,5
	3°	21,5	31,5	21,6	31,8	21,4	31,6	21,5	31,7	21,5	31,6	21,6	31,8	21,4	31,6	21,6	31,9	21,7	31,2	21,9	31,5
	4°	21,8	31,7	21,8	31,9	21,5	31,6	21,6	31,7	21,6	31,7	21,7	31,8	21,6	31,6	21,7	31,8	21,9	31,3	22,0	31,5
5 Ren/h + veneziana	1°	20,7	30,7	20,7	30,8	20,7	30,7	20,7	30,8	20,7	30,7	20,7	30,8	20,5	30,6	20,5	30,8	20,8	30,2	20,8	30,3
	3°	21,4	31,5	21,5	31,6	21,4	31,5	21,5	31,6	21,4	31,5	21,5	31,6	21,4	31,4	21,5	31,6	21,7	31,1	21,8	31,2
	4°	21,7	31,8	21,8	31,8	21,5	31,5	21,6	31,5	21,6	31,6	21,6	31,6	21,5	31,5	21,6	31,6	21,8	31,2	21,9	31,3

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 149 – Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Passo Fundo - RS.

ZB2 - INVERNO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	7,3	11,7	7,3	11,6	7,3	11,6	7,3	11,6	7,3	11,6	7,3	11,6	7,7	11,6	7,7	11,6	8,3	12,3	8,3	12,2
	3°	5,5	9,3	5,4	9,3	5,5	9,3	5,5	9,3	5,4	9,2	5,4	9,2	5,6	9,1	5,6	9,1	6,4	10,1	6,3	9,5
	4°	5,3	9,0	5,3	8,9	5,4	9,2	5,4	9,2	5,3	8,9	5,3	8,9	5,5	8,9	5,5	8,9	6,2	9,8	6,2	9,3
1 Ren/h + veneziana	1°	7,4	11,6	7,4	11,6	7,4	11,6	7,4	11,6	7,3	11,6	7,3	11,6	7,7	11,6	7,7	11,6	8,3	12,1	8,3	12,1
	3°	5,5	9,2	5,4	9,3	5,5	9,3	5,5	9,3	5,4	9,1	5,4	9,1	5,6	9,1	5,6	9,1	6,3	9,6	6,3	9,5
	4°	5,3	9,0	5,3	8,9	5,5	9,2	5,4	9,2	5,3	8,9	5,3	8,9	5,5	8,9	5,5	8,9	6,2	9,7	6,2	9,3

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 150 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Belo Horizonte - MG.

ZB3 - VERÃO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	24,8	31,0	25,2	31,5	24,7	30,9	25,2	31,5	24,7	31,0	25,2	31,5	24,6	30,3	25,0	31,2	24,9	29,5	25,4	30,1
	3°	25,9	32,5	26,7	33,1	25,8	32,4	26,6	33,0	25,8	32,4	26,6	33,0	25,8	31,9	26,8	33,3	26,2	30,9	27,4	32,4
	4°	26,3	32,9	27,1	33,5	25,9	32,1	26,6	32,8	26,1	32,4	26,8	33,1	26,0	31,6	26,9	32,9	26,4	30,8	27,4	32,0
1 Ren/h + veneziana	1°	24,7	30,7	25,1	31,1	24,7	30,8	25,1	31,1	24,7	30,8	25,1	31,1	24,5	30,1	25,0	30,8	24,8	29,3	25,3	29,7
	3°	25,8	32,2	26,5	32,6	25,7	32,1	26,3	32,4	25,7	32,2	26,4	32,5	25,7	31,5	26,5	32,3	26,0	30,5	26,9	31,5
	4°	26,3	32,6	26,9	32,9	25,8	31,8	26,4	32,3	26,0	32,2	26,6	32,6	25,8	31,2	26,6	32,2	26,2	30,5	27,0	31,5
5 Ren/h	1°	23,8	32,0	24,0	32,0	23,8	32,0	24,0	32,0	23,8	32,0	24,0	32,0	23,7	31,7	23,8	31,8	23,8	31,2	24,1	31,4
	3°	24,3	32,5	24,6	32,9	24,2	32,5	24,6	32,8	24,2	32,5	24,6	32,8	24,1	32,2	24,6	32,8	24,3	31,7	24,8	32,4
	4°	24,5	32,6	24,9	32,8	24,3	32,4	24,6	32,5	24,4	32,5	24,7	32,6	24,2	32,1	24,6	32,5	24,4	31,7	24,8	32,1
5 Ren/h + veneziana	1°	23,8	31,9	24,0	31,8	23,8	31,9	24,3	31,8	23,8	31,9	24,0	31,8	23,6	31,6	23,8	31,6	23,8	31,1	24,0	31,2
	3°	24,2	32,4	24,5	32,5	24,2	32,3	24,5	32,5	24,2	32,4	24,5	32,5	24,1	32,1	24,4	32,4	24,2	31,6	24,6	31,9
	4°	24,5	32,3	24,8	32,5	24,2	32,3	24,5	32,2	24,4	32,4	24,6	32,4	24,2	32,0	24,4	32,1	24,3	31,5	24,7	31,7

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 151 – Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Belo Horizonte - MG.

ZB3 - INVERNO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	15,0	24,2	15,1	24,7	15,0	24,5	15,1	24,6	15,0	24,5	15,1	24,6	15,3	24,7	15,4	24,5	16,1	23,4	16,2	22,9
	3°	15,4	25,8	15,5	25,4	15,4	25,7	15,5	25,3	15,4	25,7	15,5	25,3	16,0	26,7	16,1	25,8	17,1	25,9	17,2	24,7
	4°	15,5	25,1	15,7	25,1	15,7	25,5	15,7	25,2	15,6	25,4	15,7	25,1	16,3	25,8	16,3	25,5	17,4	25,3	17,4	24,6
1 Ren/h + veneziana	1°	15,0	24,0	15,1	24,2	15,0	23,6	15,1	24,2	15,0	24,0	15,1	24,2	15,3	24,0	15,3	24,0	16,0	22,7	16,1	22,5
	3°	15,3	24,8	15,3	24,7	15,3	24,4	15,3	24,7	15,3	24,8	15,3	24,7	15,8	25,3	15,8	24,8	16,9	24,3	16,9	23,7
	4°	15,4	24,5	15,5	24,5	15,6	24,8	15,5	24,6	15,5	24,6	15,5	24,6	16,1	24,8	16,1	24,7	17,1	24,0	17,1	23,7

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 152 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Brasília - DF.

ZB4 - VERÃO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	22,8	29,5	23,1	29,6	22,8	29,5	23,0	29,6	23,1	28,3	23,3	28,7	22,5	28,9	22,8	29,5	23,0	28,2	23,3	28,7
	3°	24,8	31,4	25,2	32,3	24,7	31,3	25,1	32,2	25,3	30,4	26,2	31,7	24,7	31,0	25,5	32,3	25,3	30,4	26,2	31,7
	4°	25,1	31,7	25,5	32,3	24,9	31,3	25,2	31,9	25,5	30,5	26,3	31,4	24,9	31,0	25,6	31,9	25,3	30,5	26,4	31,4
1 Ren/h + veneziana	1°	22,7	29,3	22,9	29,3	22,8	29,4	22,9	29,3	23,0	28,1	23,2	28,4	22,4	28,7	22,7	29,1	22,9	28,0	23,2	28,3
	3°	24,7	31,2	25,0	31,7	24,7	31,1	24,9	31,6	25,1	30,1	25,8	30,8	24,6	30,7	25,2	31,5	25,1	30,1	25,8	30,8
	4°	25,2	31,5	25,3	31,8	24,8	31,1	25,0	31,4	25,3	30,2	26,0	30,7	24,7	30,7	25,3	31,2	25,3	30,2	26,0	30,7
5 Ren/h	1°	21,0	31,2	21,1	31,2	21,0	31,2	21,1	31,2	21,2	30,6	21,3	30,8	20,9	31,0	20,9	31,2	21,2	30,6	21,3	30,8
	3°	22,1	32,1	22,2	32,2	21,9	32,1	22,2	32,2	22,4	31,5	22,7	31,9	22,0	31,9	22,2	32,2	22,4	31,5	22,7	31,9
	4°	22,0	32,2	22,3	32,3	22,0	32,1	22,2	32,1	22,5	31,6	22,8	31,8	22,1	31,9	22,3	32,1	22,5	31,6	22,8	31,8
5 Ren/h + veneziana	1°	21,0	31,1	21,1	31,1	21,0	31,1	21,1	31,1	21,2	30,5	21,3	30,6	20,8	30,9	20,9	31,1	21,2	30,5	21,3	30,6
	3°	21,9	32,0	22,1	32,0	21,9	32,0	22,1	31,9	22,3	31,4	22,5	31,5	21,9	31,8	22,1	31,9	22,3	31,4	22,6	31,5
	4°	22,1	32,1	22,2	32,0	22,0	32,0	22,1	31,9	22,4	31,4	22,6	31,5	22,0	31,8	22,2	31,9	22,4	31,4	22,6	31,5

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 153 – Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Brasília - DF.

ZB4 - INVERNO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1º	15,1	24,9	15,2	24,7	15,1	24,8	15,2	24,8	15,6	23,2	15,7	22,4	15,0	24,6	14,9	24,4	15,7	23,1	15,7	22,7
	3º	16,0	26,4	16,0	25,9	16,0	26,3	16,0	25,9	16,8	25,7	16,8	24,5	16,1	26,7	15,9	25,7	16,8	25,7	16,8	24,5
	4º	16,0	25,7	16,0	25,7	16,0	25,8	15,9	25,5	16,7	24,8	16,6	24,2	16,0	25,6	15,7	25,2	16,8	25,0	16,6	24,2
1 Ren/h + veneziana	1º	15,1	24,3	15,1	24,3	15,1	23,5	15,1	24,3	15,6	22,6	15,6	22,3	14,9	24,0	14,9	23,9	15,6	22,4	15,6	22,3
	3º	15,8	25,5	15,8	25,2	15,8	24,8	15,8	25,2	16,5	24,2	16,4	23,6	15,8	25,3	16,0	24,8	16,5	24,2	16,7	23,6
	4º	15,8	25,1	15,8	25,1	15,9	25,1	15,6	25,0	16,4	23,5	16,2	23,3	15,7	24,5	15,9	24,5	16,5	23,6	16,7	23,3

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 154 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Campos dos Goytacazes - RJ.

ZB5 - VERÃO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1º	26,2	31,5	26,3	31,6	26,1	31,5	26,2	31,6	26,4	31,7	26,5	31,8	26,4	31,5	26,5	31,7	26,6	30,8	26,7	31,1
	3º	26,9	32,1	27,2	32,5	26,7	32,0	26,9	32,4	27,2	32,3	27,4	32,7	27,3	32,3	27,7	33,0	27,5	31,7	28,0	32,5
	4º	27,3	32,3	27,5	32,6	26,8	32,0	27,0	32,1	27,4	32,4	27,6	32,7	27,4	32,3	27,7	32,7	27,6	31,7	28,0	32,3
1 Ren/h + veneziana	1º	26,1	31,3	26,3	31,3	26,1	31,3	26,2	31,3	26,4	31,5	26,5	31,5	26,3	31,3	26,5	31,4	26,5	30,6	26,7	30,8
	3º	26,8	31,9	26,9	32,1	26,6	31,8	26,8	32,0	27,1	32,2	27,3	32,4	27,2	32,0	27,5	32,5	27,4	31,4	27,7	31,9
	4º	27,2	32,2	27,3	32,2	26,7	31,8	26,9	31,8	27,3	32,3	27,5	32,3	27,3	32,0	27,5	32,3	27,5	31,5	27,8	31,8
5 Ren/h	1º	25,3	32,9	25,4	32,8	25,2	32,9	25,3	32,8	25,4	33,0	25,4	32,9	25,3	32,9	25,4	33,0	25,5	32,5	25,5	32,6
	3º	25,6	33,1	25,6	33,2	25,5	33,1	25,6	33,2	25,7	33,2	25,8	33,4	25,7	33,2	25,8	33,4	25,8	32,8	26,0	33,1
	4º	25,7	33,3	25,8	33,3	25,5	33,1	25,6	33,1	25,8	33,3	25,9	33,3	25,7	33,2	25,8	33,2	25,9	32,8	26,0	32,9
5 Ren/h + veneziana	1º	25,3	32,8	25,3	32,7	25,2	32,8	25,3	32,7	25,4	32,9	25,4	32,8	25,4	32,8	25,4	32,8	25,4	32,4	25,5	32,4
	3º	25,5	33,0	25,5	33,0	25,4	33,0	25,5	33,0	25,7	33,1	25,7	33,1	25,6	33,1	25,6	33,1	25,8	32,7	25,9	32,8
	4º	25,7	33,2	25,7	33,1	25,5	33,0	25,7	32,9	25,8	33,2	25,8	33,1	25,7	33,1	25,8	33,0	25,9	32,7	25,9	32,7

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 155 – Média das Temperaturas internas aferidas para o inverno de Campos dos Goytacazes - RJ.

ZB5 - INVERNO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1º	17,7	22,4	17,7	22,4	17,7	22,4	17,7	22,4	17,7	22,4	17,7	22,4	18,0	22,9	18,0	22,7	18,4	22,3	18,4	22,0
	3º	17,3	22,3	17,3	22,0	17,3	22,3	17,3	22,1	17,4	22,3	17,3	22,2	17,9	23,3	17,9	22,8	18,6	22,8	18,5	22,3
	4º	17,4	22,0	17,3	21,9	17,5	22,1	17,4	22,1	17,5	22,1	17,4	22,1	18,1	23,0	18,0	22,8	18,7	22,7	18,6	22,3
1 Ren/h + veneziana	1º	17,7	22,0	17,7	22,2	17,7	22,2	17,7	22,6	17,7	22,2	17,7	22,3	18,0	22,6	18,0	22,6	18,4	22,1	18,4	21,8
	3º	17,3	22,2	17,3	21,9	17,3	22,0	17,3	22,5	17,3	22,0	17,3	21,9	17,9	22,7	17,8	22,5	18,5	22,2	18,4	22,0
	4º	17,3	21,7	17,3	21,8	17,4	21,9	17,4	22,4	17,4	22,0	17,4	21,9	18,1	22,5	18,0	22,5	18,6	22,7	18,5	22,1

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 156 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Goiânia - GO.

ZB6 - VERÃO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	25,0	31,2	25,0	31,3	25,0	31,3	25,0	31,3	25,0	30,1	25,2	30,3	24,6	30,7	24,7	31,1	25,0	30,1	25,1	30,3
	3°	27,0	33,0	27,1	33,4	27,0	33,4	27,0	33,3	27,3	32,3	27,6	32,9	26,7	32,8	27,0	33,4	27,3	32,3	27,6	32,9
	4°	27,4	33,3	27,6	33,7	27,3	33,0	27,2	33,1	27,5	32,4	27,9	32,9	27,0	32,9	27,3	33,4	27,5	32,4	27,9	32,9
1 Ren/h + veneziana	1°	24,9	31,0	24,9	31,0	24,9	31,0	24,9	31,0	25,0	29,9	25,1	30,0	24,6	30,5	24,6	30,8	25,0	29,9	25,1	30,0
	3°	26,9	32,8	27,0	33,1	26,7	32,6	26,8	32,9	27,1	32,0	27,4	32,4	26,6	32,5	26,8	32,9	27,1	31,9	27,4	32,4
	4°	27,3	33,2	27,5	33,4	26,8	32,7	27,0	32,8	27,3	32,0	27,6	32,5	26,8	32,5	27,1	32,9	27,3	32,0	27,6	32,5
5 Ren/h	1°	23,3	32,7	23,3	32,7	23,2	32,7	23,3	32,7	23,3	32,2	23,3	32,2	23,0	32,6	23,1	32,7	23,3	32,2	23,3	32,2
	3°	24,2	33,5	24,3	33,6	24,1	33,5	24,2	33,5	24,3	33,1	24,3	33,2	24,0	33,4	24,1	33,6	24,3	33,0	24,3	33,2
	4°	24,4	33,6	24,5	33,8	24,2	33,4	24,3	33,6	24,4	33,0	24,5	33,2	24,1	33,4	24,2	33,6	24,4	33,0	24,6	33,2
5 Ren/h + veneziana	1°	23,2	32,6	23,3	32,6	23,3	32,6	23,3	32,6	23,3	32,1	23,3	32,1	23,0	32,5	23,0	32,6	23,3	32,0	23,3	32,1
	3°	24,1	33,4	24,2	33,4	24,1	33,3	24,2	33,4	24,2	32,9	24,3	33,0	23,9	33,3	24,0	33,4	24,2	32,9	24,3	32,9
	4°	24,4	33,5	24,5	33,6	24,2	33,3	24,3	33,4	24,4	32,9	24,5	33,0	24,0	33,2	24,1	33,4	24,4	32,9	24,5	33,0

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

Tabela 157 – Média das Temperaturas internas aferidas para o verão de Cuiabá - MT.

ZB7 - VERÃO	Projeto Original				Projeto Modificado - Parede de concreto maciça + lâ de vidro				Projeto Modificado - Parede de concreto + Foil de alumínio (cobertura)				Projeto Modif. - Parede de concreto + vermiculite e lâ de vidro (cobertura)				Projeto Modificado - Parede de concreto + EPS e lâ de vidro (cobertura)				
	N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		N1		N2		
	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	Ti min	Ti max	
1 Ren/h	1°	30,8	36,6	31,0	37,1	30,7	36,6	30,9	37,1	30,7	36,6	30,9	37,1	30,4	35,9	30,7	36,9	30,7	35,3	31,0	36,0
	3°	32,4	38,4	32,8	39,5	32,3	38,2	32,6	39,3	32,3	38,3	32,7	39,4	32,1	37,7	32,7	39,4	32,4	37,1	33,1	38,3
	4°	32,8	38,8	33,1	39,5	32,3	38,1	32,7	38,9	32,5	38,3	32,9	39,2	32,2	37,7	32,8	38,9	32,5	37,1	33,1	38,0
1 Ren/h + veneziana	1°	30,7	36,4	30,9	36,7	30,7	36,5	30,9	36,7	30,7	36,5	30,9	36,7	30,4	35,8	30,6	36,5	30,6	35,2	30,9	35,6
	3°	32,3	38,2	32,6	38,8	32,2	38,0	32,5	38,6	32,2	38,1	32,5	38,7	32,0	37,5	32,5	38,5	32,2	36,8	32,8	37,5
	4°	32,7	38,6	33,0	39,0	32,2	37,9	32,5	38,3	32,4	38,1	32,7	38,6	32,1	37,4	32,5	38,1	32,3	35,9	32,8	37,4
5 Ren/h	1°	29,8	38,3	29,9	38,6	29,8	38,3	29,9	38,6	29,8	38,3	29,9	38,6	29,6	38,1	29,7	38,6	30,0	37,8	29,9	38,1
	3°	30,6	39,2	30,8	39,4	30,5	39,1	30,7	39,4	30,6	39,2	30,8	39,4	30,4	39,0	30,7	39,5	30,6	38,6	30,9	39,0
	4°	30,8	39,4	31,0	39,5	30,6	39,1	30,9	39,1	30,7	39,2	30,8	39,3	30,4	38,9	30,7	39,3	30,6	38,6	30,9	38,9
5 Ren/h + veneziana	1°	29,8	38,3	29,9	38,4	29,8	38,3	29,9	38,4	29,8	38,3	29,9	38,4	29,6	38,1	29,7	38,4	29,8	37,7	29,9	37,9
	3°	30,6	39,1	30,7	39,2	30,5	39,0	30,7	39,1	30,5	39,1	30,7	39,2	30,4	38,9	30,6	39,2	30,5	38,4	30,8	38,7
	4°	30,8	39,3	30,9	39,3	30,5	39,0	30,7	39,0	30,6	39,1	30,8	39,1	30,4	38,8	30,6	39,0	30,6	38,4	30,8	38,6

Fonte: Dados extraídos da simulação computacional. Legenda Temperatura: ■ Abaixo de TN - 12°C; ■ Entre TN - 12°C e - 8°C; ■ Entre TN - 8°C e - 4°C; ■ Entre TN - 4°C e TN; ■ Entre TN e TN + 2°C; ■ Entre TN + 2°C e + 4°C; ■ Entre TN + 4°C e + 6°C e ■ Acima de TN + 6°C.

# APÊNDICE F – Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto conforme simulação das UHs pelo RTQ-R e limites estabelecidos pela ASHRAE 55/2010

Tabela 158 – Temperaturas mensais extremas (inferior e superior) da faixa de conforto adaptativa conforme ASHRAE 55/2010.

Cidade	Campos J. - SP		Passo Fundo		Belo Horizonte		Brasília		Campos G. - RJ		Goiânia		Cuiabá		Manaus	
	T inf.	T sup.	T inf.	T sup.	T inf.	T sup.	T inf.	T sup.	T inf.	T sup.	T inf.	T sup.	T inf.	T sup.	T inf.	T sup.
JAN	19,9	26,9	21,4	28,4	21,8	28,8	21,2	28,2	22,3	29,3	21,7	28,7	22,8	29,8	22,2	29,2
FEV	19,9	26,9	20,8	27,8	22,0	29,0	21,1	28,1	22,7	29,7	21,8	28,8	22,7	29,7	22,3	29,3
MAR	19,6	26,6	20,6	27,6	21,8	28,8	21,3	28,3	22,4	29,4	21,6	28,6	22,7	29,7	22,5	29,5
ABR	19,3	26,3	19,6	26,6	21,4	28,4	21,0	28,0	21,8	28,8	21,6	28,6	22,4	29,4	22,5	29,5
MAIO	18,4	25,4	18,7	25,7	20,6	27,6	20,7	27,7	21,3	28,3	20,3	27,3	22,3	29,3	22,5	29,5
JUN	18,2	25,2	17,7	24,7	20,2	27,2	19,8	26,8	20,7	27,7	20,7	27,7	22,2	29,2	22,6	29,6
JUL	17,7	24,7	19,1	26,1	19,9	26,9	20,2	27,2	20,9	27,9	20,7	27,7	21,3	28,3	22,6	29,6
AGO	18,7	25,7	18,8	25,8	20,4	27,4	20,5	27,5	21,0	28,0	21,3	28,3	22,7	29,7	22,9	29,9
SET	18,3	25,3	18,4	25,4	21,1	28,1	21,3	28,3	21,6	28,6	22,1	29,1	22,7	29,7	23,1	30,1
OUT	19,5	26,5	19,7	26,7	21,4	28,4	21,7	28,7	21,7	28,7	22,0	29,0	23,3	30,3	22,9	29,9
NOV	19,2	26,2	20,5	27,5	21,4	28,4	21,0	28,0	22,4	29,4	21,8	28,8	22,8	29,8	22,7	29,7
DEZ	19,5	26,5	20,9	28,4	21,5	28,5	21,1	28,1	22,4	29,4	22,3	29,3	22,9	29,9	22,6	29,6

Fonte: ASHRAE, 2010; LABEEE, [201-]; MILNE, [201-]; RORIZ ENGENHARIA, [201-]a.

Tabela 159 – Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por calor para as UHs térreas.

UH		POD Calor 80% Aceitação ASHRAE 55/2004											
		APTO 101			APTO 102			APTO 103			APTO 104		
		SL (L-L)	Q1 (L-S)	Q2 (O-S)	SL (L-L)	Q1 (L-N)	Q2 (O-N)	SL (O-O)	Q1 (O-S)	Q2 (L-S)	SL (O-O)	Q1 (O-N)	Q2 (L-N)
Projeto Original (parede de concreto)	ZB1	0	0	4	0	0	0	0	0	17	0	0	0
	ZB2	34	178	319	12	99	202	22	155	219	7	90	139
	ZB3	368	1231	1622	145	508	948	347	1136	1572	169	514	933
	ZB4	90	783	1050	22	217	418	99	668	1043	42	198	500
	ZB5	112	676	965	16	536	805	73	665	846	15	515	675
	ZB6	75	396	545	48	258	393	54	351	491	37	246	333
	ZB7	1682	3232	3833	965	2391	3136	1659	3275	3670	964	2383	3045
	ZB8	828	2485	3137	391	1876	2659	861	2541	3187	454	1898	2808
	ZB8	828	2485	3137	391	1876	2659	861	2541	3187	454	1898	2808
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ZB2	7	77	132	5	92	178	7	94	92	1	105	105
	ZB3	159	626	1119	181	631	1205	150	726	668	62	626	619
	ZB4	26	263	698	18	212	686	27	351	298	0	239	223
	ZB5	7	391	543	7	477	657	10	444	468	0	448	511
	ZB6	26	220	293	18	231	343	30	245	241	6	243	253
	ZB7	1249	2626	3152	1330	2827	3394	996	2624	2611	677	2564	2570
	ZB8	634	2176	2625	866	2309	2857	556	2203	2361	268	1875	2110
	ZB8	634	2176	2625	866	2309	2857	556	2203	2361	268	1875	2110
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com foil de alumínio)	ZB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ZB2	10	75	137	5	91	182	7	96	90	0	111	109
	ZB3	171	618	1126	194	627	1213	158	723	674	69	630	619
	ZB4	28	273	698	23	221	695	30	358	303	3	249	229
	ZB5	19	416	590	20	508	720	24	480	500	5	497	555
	ZB6	33	223	302	20	244	367	31	248	244	5	255	261
	ZB7	1310	2655	3195	1398	2855	3430	1048	2679	2665	737	2630	2620
	ZB8	654	2189	2641	898	2325	2875	574	2222	2378	283	1889	2113
	ZB8	654	2189	2641	898	2325	2875	574	2222	2378	283	1889	2113
Projeto modificado (parede de concreto com vermiculite + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ZB2	0	11	41	0	14	52	0	20	18	0	17	19
	ZB3	34	236	571	74	182	570	34	306	257	23	148	129
	ZB4	0	69	331	0	22	204	1	107	90	0	29	23
	ZB5	1	26	109	1	44	164	2	64	59	2	55	52
	ZB6	0	47	57	1	52	55	0	39	60	0	29	67
	ZB7	451	1167	1671	670	1346	1943	367	1217	1145	223	1027	1017
	ZB8	107	618	967	384	857	1321	93	670	743	39	411	538
	ZB8	107	618	967	384	857	1321	93	670	743	39	411	538
Projeto Modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com lâ de vidro)	ZB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ZB2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	ZB3	0	24	34	7	36	66	0	21	34	0	20	34
	ZB4	0	0	2	0	0	4	0	0	0	0	1	1
	ZB5	0	0	6	1	0	13	1	2	2	1	2	2
	ZB6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ZB7	84	261	578	207	370	820	57	316	200	6	274	170
	ZB8	9	56	113	93	171	380	1	23	91	0	28	95
	ZB8	9	56	113	93	171	380	1	23	91	0	28	95

Legenda: POD - ■ A+ (0 a 10,01% de 0 a 876h); ■ A (10,01 a 20% de 877 a 1752h); ■ B (20,01 a 30% de 1753 a 2628h); ■ C (30,01 a 40% de 2629 a 3504h); ■ D (40,01 a 50% de 3505 a 4380h) e ■ E (>50,01% ou seja acima de 4381h).

Tabela 160 – Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por calor para as UHs de cobertura.

UH	POD Calor 80% Aceitação ASHRAE 55/2004												
	APTO 401			APTO 402			APTO 403			APTO 404			
	SL (L-L)	Q1 (L-S)	Q2 (O-S)	SL (L-L)	Q1 (L-N)	Q2 (O-N)	SL (O-O)	Q1 (O-S)	Q2 (L-S)	SL (O-O)	Q1 (O-N)	Q2 (L-N)	
Projeto Original (parede de concreto)	ZB1	174	191	226	153	152	165	177	221	177	139	171	112
	ZB2	1029	986	1207	1251	1150	1230	1045	1201	952	944	1089	827
	ZB3	4507	4401	4818	4576	4112	4261	4487	4755	4499	4175	3926	3752
	ZB4	3180	3095	3354	3190	2722	2848	3088	3235	3113	2731	2485	2486
	ZB5	4542	4476	4562	4832	4579	4611	4450	4501	4402	4350	4197	4113
	ZB6	3933	3702	3895	4024	3534	3572	3870	3897	3621	3749	3518	3226
	ZB7	7656	7632	7627	7662	7520	7535	7637	7615	7624	7571	7432	7448
	ZB8	8670	8543	8560	8712	8606	8603	8667	8552	8571	8697	8576	8588
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	8	26	46	11	43	67	56	72	46	41	96	62
	ZB2	586	624	686	610	727	811	731	780	672	735	881	785
	ZB3	3359	3197	3785	3331	3305	3952	4019	4029	3410	4033	4149	3481
	ZB4	1719	1698	2206	1755	1863	2463	2381	2455	1905	2377	2646	2036
	ZB5	3801	3675	3868	3859	3762	3927	4126	4039	3758	4177	4096	3827
	ZB6	2813	2648	2979	2697	2794	3123	3216	3196	2799	3206	3324	2950
	ZB7	7337	7255	7356	7334	7265	7366	7504	7428	7290	7499	7421	7266
	ZB8	8578	8465	8440	8573	8442	8422	8579	8447	8449	8625	8440	8437
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com foil de alumínio)	ZB1	25	34	59	28	58	85	67	86	56	63	108	80
	ZB2	613	602	745	646	713	871	766	793	678	782	906	802
	ZB3	3446	3179	3882	3396	3276	4002	4008	3998	3370	4020	4121	3428
	ZB4	1853	1780	2285	1893	1958	2520	2423	2468	1916	2430	2643	2052
	ZB5	4009	3833	4051	4040	3879	4099	4263	4172	3910	4290	4246	3955
	ZB6	2980	2778	3113	2877	2916	3238	3337	3277	2877	3372	3412	3020
	ZB7	7451	7363	7462	7418	7345	7451	7557	7503	7361	7550	7507	7346
	ZB8	8604	8494	8488	8585	8460	8451	8601	8483	8492	8637	8480	8471
Projeto modificado (parede de concreto com vermiculite + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	46	60	86	44	82	113	99	128	86	89	156	107
	ZB2	643	619	778	626	694	843	803	836	717	789	897	788
	ZB3	3506	3260	3927	3376	3330	3998	4171	4069	3521	4142	4151	3558
	ZB4	2124	2036	2494	2033	2161	2692	2726	2678	2201	2715	2854	2287
	ZB5	4097	4009	4228	4089	4031	4223	4382	4352	4087	4376	4390	4125
	ZB6	3325	3149	3461	3123	3201	3508	3748	3637	3275	3701	3714	3326
	ZB7	7459	7408	7493	7412	7397	7490	7589	7546	7425	7578	7549	7412
	ZB8	8670	8611	8620	8652	8596	8594	8670	8611	8618	8685	8613	8617
Projeto Modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com lâ de vidro)	ZB1	11	0	3	18	5	16	62	25	5	57	46	15
	ZB2	511	402	555	516	467	616	680	591	492	680	667	547
	ZB3	3395	3085	3784	3242	3123	3798	4084	3950	3362	4015	4034	3371
	ZB4	1827	1522	1899	1772	1644	2068	2509	2226	1649	2483	2393	1766
	ZB5	4082	4051	4212	4054	4042	4215	4376	4369	4126	4363	4412	4149
	ZB6	3182	2912	3162	2960	2949	3170	3593	3414	3050	3550	3472	3118
	ZB7	7356	7338	7468	7325	7330	7461	7543	7546	7389	7531	7527	7362
	ZB8	8698	8669	8678	8680	8646	8659	8697	8677	8679	8698	8679	8691

Legenda: POD - ■ A+ (0 a 10,01% de 0 a 876h); ■ A (10,01 a 20% de 877 a 1752h); ■ B (20,01 a 30% de 1753 a 2628h); ■ C (30,01 a 40% de 2629 a 3504h); ■ D (40,01 a 50% de 3505 a 4380h) e ■ E (>50,01% ou seja acima de 4381h).

Tabela 161 – Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por frio para as UHs térreas.

UH	POD Frio 80% Aceitação ASHRAE 55/2004												
	APTO 101			APTO 102			APTO 103			APTO 104			
	SL (L-L)	Q1 (L-S)	Q2 (O-S)	SL (L-L)	Q1 (L-N)	Q2 (O-N)	SL (O-O)	Q1 (O-S)	Q2 (L-S)	SL (O-O)	Q1 (O-N)	Q2 (L-N)	
Projeto Original (parede de concreto)	ZB1	6112	6180	5795	6239	6865	6372	6243	6127	6055	6456	6941	6684
	ZB2	5700	5543	5099	5883	5964	5463	5776	5304	5609	5996	5817	5904
	ZB3	2256	1845	1544	2531	2627	2037	2244	1645	1779	2672	2598	2415
	ZB4	3236	2973	2581	3412	3542	2947	3310	2863	2799	3633	3624	3314
	ZB5	2434	1899	1815	2714	2233	2071	2467	1887	1916	2816	2294	2209
	ZB6	3347	2753	2548	3613	3162	2866	3400	2673	2759	3754	3134	3093
	ZB7	990	888	782	1132	1026	945	998	821	789	1134	1040	944
	ZB8	107	28	20	115	21	17	96	25	20	114	17	15
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	6564	6876	6431	6343	6242	6173	6835	6862	7015	6608	6517	6729
	ZB2	5940	5881	5611	5848	5730	5461	6086	5885	6001	5985	5639	5756
	ZB3	2587	2388	1929	2592	2386	1978	2855	2366	2581	2623	2080	2344
	ZB4	3769	3618	3214	3721	3564	3211	3998	3624	3740	3712	3280	3426
	ZB5	2649	2271	2043	2666	2235	2013	2832	2300	2380	2878	2140	2272
	ZB6	3712	3231	2955	3764	3238	2994	3880	3204	3306	3891	3018	3185
	ZB7	1078	962	844	1104	1004	870	1143	942	995	1168	948	1014
	ZB8	127	28	27	77	30	27	130	30	22	156	34	24
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com foil de alumínio)	ZB1	6566	6889	6420	6384	6687	6190	6833	6869	7019	6621	6528	6737
	ZB2	5992	6037	5564	5896	5856	5410	6098	5922	6048	5992	5673	5805
	ZB3	2638	2460	1945	2628	2445	1982	2887	2399	2610	2667	2118	2383
	ZB4	3788	3643	3241	3734	3582	3247	4022	3644	3757	3724	3312	3464
	ZB5	2569	2190	2027	2595	2155	2011	2772	2242	2327	2793	2091	2218
	ZB6	3709	3231	2961	3751	3237	2989	3869	3200	3301	3871	3018	3185
	ZB7	1069	940	849	1091	980	874	1142	935	994	1166	945	1010
	ZB8	129	28	27	80	31	29	130	30	22	154	34	24
Projeto modificado (parede de concreto com vermiculite + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	5188	5623	5243	5062	5524	5157	5476	5696	5778	5159	5321	5503
	ZB2	5553	5644	5192	5487	5513	5114	5690	5587	5692	5694	5367	5496
	ZB3	2834	2641	2245	2752	2592	2284	3035	2665	2797	2765	2331	2534
	ZB4	3713	3555	3268	3630	3485	3266	3906	3625	3666	3676	3244	3361
	ZB5	2846	2411	2233	2746	2344	2181	3047	2501	2531	3047	2330	2432
	ZB6	3826	3312	3092	3779	3296	3076	3961	3312	3357	3938	3110	3257
	ZB7	1200	1078	977	1178	1089	994	1290	1079	1134	1288	1076	1134
	ZB8	264	71	65	121	49	47	284	78	55	297	73	57
Projeto Modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com lâ de vidro)	ZB1	4451	4522	4319	4390	4787	4273	4767	4891	4966	4355	4476	4534
	ZB2	5449	5527	4930	5435	5405	4869	5592	5443	5578	5486	5205	5363
	ZB3	2906	2522	1905	2929	2603	2011	3089	2428	2649	2921	2230	2515
	ZB4	3881	3504	3013	3902	3621	3160	4036	3524	3615	3817	3225	3427
	ZB5	3090	2622	2292	2972	2542	2258	3321	2674	2758	3332	2536	2659
	ZB6	4155	3534	3092	4114	3538	3151	4335	3506	3569	4314	3338	3461
	ZB7	1315	1143	995	1279	1163	1013	1390	1130	1185	1426	1131	1198
	ZB8	296	75	66	117	46	40	318	83	51	342	83	58

Legenda: POD - ■ A+ (0 a 10,01% de 0 a 876h); ■ A (10,01 a 20% de 877 a 1752h); ■ B (20,01 a 30% de 1753 a 2628h); ■ C (30,01 a 40% de 2629 a 3504h); ■ D (40,01 a 50% de 3505 a 4380h) e ■ E (>50,01% ou seja acima de 4381h).

Tabela 162 – Percentual de Horas Ocupadas em Desconforto por frio para as UHs de cobertura.

UH		POD Frio 80% Aceitação ASHRAE 55/2004											
		APTO 401			APTO 402			APTO 403			APTO 404		
		SL (L-L)	Q1 (L-S)	Q2 (O-S)	SL (L-L)	Q1 (L-N)	Q2 (O-N)	SL (O-O)	Q1 (O-S)	Q2 (L-S)	SL (O-O)	Q1 (O-N)	Q2 (L-N)
Projeto Original (parede de concreto)	ZB1	4352	4997	4849	4366	5306	5253	4399	4858	5070	4470	5284	5499
	ZB2	4060	4557	4267	3863	4506	4450	4057	4323	4616	4010	4531	4819
	ZB3	151	360	252	66	521	399	133	258	336	103	522	601
	ZB4	89	400	349	46	521	401	101	364	406	66	605	627
	ZB5	390	456	557	317	505	505	432	576	510	424	693	621
	ZB6	355	548	476	313	611	604	345	451	558	340	591	728
	ZB7	336	363	376	317	418	414	346	384	369	351	460	428
	ZB8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	5158	6148	5920	4741	5783	5496	4806	5601	6027	4511	5295	5727
	ZB2	4395	4954	4817	4109	4787	4629	4188	4729	4961	3940	4581	4789
	ZB3	233	668	414	144	569	349	128	387	607	83	351	546
	ZB4	213	814	662	101	673	543	151	566	787	79	521	721
	ZB5	502	762	607	441	718	578	410	608	754	326	582	722
	ZB6	434	754	596	346	701	551	303	527	697	242	504	661
	ZB7	445	534	427	402	515	421	353	423	485	335	421	485
	ZB8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projeto Modificado (parede de concreto + cobertura com foil de alumínio)	ZB1	3010	6044	5742	4644	5710	5388	4736	5540	5972	4478	5251	5688
	ZB2	4440	5076	4715	4161	4875	4553	4197	4755	4991	3964	4610	4810
	ZB3	244	697	401	154	606	349	153	428	668	89	391	607
	ZB4	203	841	625	102	715	529	160	601	852	86	545	780
	ZB5	419	557	634	371	529	615	415	573	698	350	545	670
	ZB6	417	727	579	332	668	539	316	534	694	260	515	664
	ZB7	379	438	406	363	435	402	337	387	449	320	385	450
	ZB8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projeto modificado (parede de concreto com vermiculite + cobertura com lâ de vidro)	ZB1	2979	3749	3502	2722	3410	3199	2749	3295	3643	2579	3107	3418
	ZB2	3501	4153	3768	3293	3957	3595	3238	3819	4048	3072	3677	3884
	ZB3	156	478	261	103	379	208	83	271	415	50	236	366
	ZB4	70	484	319	43	356	227	48	291	453	28	251	371
	ZB5	288	350	435	264	337	421	281	395	479	240	384	465
	ZB6	347	603	489	281	567	460	255	447	553	198	415	542
	ZB7	294	337	323	295	334	322	263	299	334	257	292	342
	ZB8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projeto Modificado (parede de concreto com EPS e cobertura com lâ de vidro)	ZB1	2006	2555	2303	1873	2325	2095	1869	2204	2557	1785	2057	2394
	ZB2	2935	3482	3065	2795	3249	2908	2663	3123	3363	2544	2965	3197
	ZB3	94	207	79	79	171	63	44	83	159	26	70	147
	ZB4	37	123	62	31	90	51	26	52	108	21	50	79
	ZB5	219	206	287	213	203	286	227	251	318	210	248	310
	ZB6	288	379	269	262	335	233	199	240	333	181	224	310
	ZB7	359	422	306	357	409	303	278	334	382	278	337	387
	ZB8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda: POD - ■ A+ (0 a 10,01% de 0 a 876h); ■ A (10,01 a 20% de 877 a 1752h); ■ B (20,01 a 30% de 1753 a 2628h); ■ C (30,01 a 40% de 2629 a 3504h); ■ D (40,01 a 50% de 3505 a 4380h) e ■ E (>50,01% ou seja acima de 4381h).