

Ana Cecília Rodrigues Moreno

**MINHA CASA MINHA VIDA: ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO PELA NBR
15.220-3, NBR 15.575, SELO CASA AZUL E RTQ-R**

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2013

Ana Cecília Rodrigues Moreno

**MINHA CASA MINHA VIDA: ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO PELA NBR
15.220-3, NBR 15.575, SELO CASA AZUL E RTQ-R**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, na área de concentração de Bens Culturais, Tecnologia e Território, dentro da linha de pesquisa em Tecnologia do Ambiente Construído.

Linha de Pesquisa:
Tecnologia do Ambiente Construído

Orientadora:
Prof^a. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG

2013

**MINHA CASA MINHA VIDA: ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO PELA NBR
15.220-3, NBR 15.575, SELO CASA AZUL E RTQ-R**

Ana Cecília Rodrigues Moreno

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, na área de concentração de Bens Culturais, Tecnologia e Território, dentro da linha de pesquisa em Tecnologia do Ambiente Construído.

Aprovado por:

PROF^A. DRA. ROBERTA VIEIRA GONÇALVES DE SOUZA – ORIENTADOR
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

PROFA. DRA. REJANE MAGIAG LOURA – MEMBRO
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

PROFA. DRA. MARIA CRISTINA RAMOS DE CARVALHO – MEMBRO
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET- MG

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG

2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder tantas oportunidades de aprendizagem, colocar pessoas iluminadas no minha trajetória e me guiar sobre a luz da paz.

Aos meus pais, Paulo e Carmita, que nunca mediram esforços para acreditar, incentivar e me guiarem sempre pelo percurso da paz, amor e dedicação.

A Prof^a. Roberta, que contribuiu sem precedentes para esse trabalho com toda sua competência e conhecimento científico. Agradeço por todas as orientações, palavras de motivação e compreensão que me fizeram concluir este trabalho.

Aos professores, em especial à Prof^a. Grace e Prof. Eduardo pela sempre disposição em auxiliar, demonstrando novos caminhos e fontes para a pesquisa. E à Prof^a. Rejane e Prof^a. Iraci, fundamentais no processo de simulação computacional, contribuindo com informações e auxílio na solução de vários obstáculos.

Aos colegas do LABCON/UFMG e do MACPS. Em especial, Paula, Marianna e Jaqueline que além dos estudos compartilhados se tornaram amigas e companheiras de trabalho.

A CAIXA, que por meio do Prof. Hamilton, Mara Alvim e Sandra Quinto, sempre analisaram com toda presteza os meus questionamentos e compartilharam informações fundamentais à definição desta pesquisa.

As amigas e sócias Ana Carolina e Izabela, que sempre contribuíram com imensa compreensão nos momentos de ausência, e me incentivaram a tornar toda a trajetória mais doce e feliz.

Ao meu amor e amigo Vinicius, grande incentivador de todos os momentos, que sempre me motivou e ajudou com todo carinho, e especialmente paciência.

Enfim, a todos os amigos que mais próximos ou mais distantes de mim torceram pela conclusão deste trabalho e me proporcionaram momentos de grande alegria.

RESUMO

A pesquisa proposta neste trabalho é a avaliação de desempenho de uma unidade habitacional unifamiliar típica do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV. O questionamento central abordado é a produção em série de habitações pelo PMCMV sem uma adequação aos contextos do sítio de implantação. O estudo de caso escolhido para esse trabalho foi uma unidade habitacional unifamiliar, projetada segundo as especificações mínimas para esta tipologia e viabilizada segundo critérios e fomentos do PMCMV para a população com faixa de renda de 0 a 3 salários mínimos. Definiram-se sete tipos de sistemas construtivos de parede e cinco de cobertura para caracterização das envoltórias do estudo de caso. Foram realizadas avaliações de desempenho para o estudo de caso nas zonas bioclimáticas a partir de instrumentos regulamentadores subsidiados atualmente pelo governo. Aplicou-se método que consiste em três etapas de avaliações. A primeira consiste em avaliação segundo estabelecido para desempenho térmico de envoltórias da NBR 15.220-3, NBR 15.575; Selo Casa Azul, e avaliação dos pré-requisitos da envoltória de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies do RTQ-R. A segunda etapa consiste na avaliação das envoltórias segundo o Método Prescritivo do RTQ-R. A terceira etapa na simulação computacional da unidade habitacional, para avaliação conforme Método de Simulação prescrito pelo RTQ-R. Os resultados apontaram que os sistemas construtivos que possuem cerâmica em sua composição e cores externas claras, bem como lâmina de alumínio sob as telhas apresentam os melhores níveis de desempenho. O que têm concreto em sua composição apresentaram níveis inferiores de desempenho. O sistema construtivo composto unicamente por concreto moldado em forma de parede foi reprovado em todas as zonas bioclimáticas. Os níveis de eficiência notados pela avaliação do método prescritivo e de simulação são baixos, sendo “C” o nível máximo obtido. Pelo método prescritivo predomina-se o nível “D”, e pelo método de simulação o nível “E”.

Palavras-Chave: desempenho térmico; habitação de interesse social; RTQ-R, simulação computacional de desempenho térmico.

ABSTRACT

The research proposed in this work is the evaluation of the performance of a typical social interest housing unit of Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV. The central question addressed is the series production of dwellings by PMCMV without an adequacy to the contexts of the site of implantation. The case study chosen for this work was a housing unit unifamiliar, designed according to the minimum specifications for this typology and viable second criteria and furtherance of PMCMV for the population with income range from 0 to 3 minimum wages. We defined seven types of constructive systems of wall and five coverage for characterisation of the wrappers from the case study. Performance evaluations were carried out for the case study in all areas bioclimatic from regulatory instruments currently subsidized by the government. It was applied method which consists in three steps of evaluations. The first consists of evaluation according to established performance thermal envelopes of NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), NBR 15.575 (ABNT, 2008); Selo Casa Azul (CAIXA, 2010), and evaluation of the prerequisites of the envelope transmittance thermal capacity and thermal solar absorptance of surfaces RTQ-R (BRASIL, 2012a). The second step consists in evaluating the envelopes according to the Prescriptive Method RTQ-R (BRASIL, 2012a). The third step in the computer simulation of the housing unit for evaluation as Simulation Method prescribed by RTQ-R (BRASIL, 2012a). The results showed that the building systems that have ceramic composition and light exterior colors, as well as aluminum foil under the tiles have the highest levels of performance. And those who have concrete composition showed lower levels of performance. The building system composed solely of concrete molded into wall flunked all bioclimatic zones. Efficiency levels noted for the evaluation of prescriptive method and simulation are low and "C" the maximum level obtained. Prescriptive method prevails at the level "D" and the level simulation method "E".

Keywords: thermal performance; social interest housing; RTQ-R, computer simulation of thermal performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – “Non – OECD Energy Consumption 1930 - 2035” – Consumo de energia em quadrilhões de BTU para cada continente	19
Figura 2 – Escala do Surgimento de Instrumentos Regulamentadores Brasileiros.....	20
Figura 3 – Escala do Surgimento de Programas e Políticas Habitacionais	27
Figura 4 – Gráfico Evolução dos Investimentos em Habitação.....	28
Figura 5 – Foco dos Investimentos em Habitação para População de Baixa Renda ...	29
Figura 6 – Unidades Habitacionais Contratadas no PMCMV	30
Figura 7 – Escala do Surgimento de Instrumentos Regulamentadores Brasileiros.....	34
Figura 8 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro	36
Figura 9 – Fluxograma dos Procedimentos de avaliação de desempenho térmico	40
Figura 10 – Logomarcas do Selo Casa Azul Níveis Ouro, Prata e Bronze	43
Figura 11 – Modelo ENCE de Projeto da Unidade Habitacional Autônoma para as Zonas Bioclimáticas de 1 a 4	46
Figura 12 – Modelo ENCE de Projeto da Unidade Habitacional Autônoma para as Zonas Bioclimáticas 5 a 8	46
Figura 13 – Fluxograma Ilustrativo sobre as Etapas do Método desenvolvido	57
Figura 14 – Planta da Unidade Habitacional com Dimensões Internas dos Ambientes – sem escala	59
Figura 15 – Amostras das Telhas e Referência utilizadas.....	70
Figura 16 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Sistema de Paredes do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envolvória do RTQ-R	72
Figura 17 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Sistema de Cobertura do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envolvória do RTQ-R	73
Figura 18 – Orientação Solar 1 para Fachadas de aberturas Norte-Sul.....	74
Figura 19 – Orientação Solar 2 para Fachadas de aberturas Leste-Oeste.....	74
Figura 20 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo	75
Figura 21 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método de Simulação	77
Figura 22 – Gráfico Padrão de Ocupação da UH nos Dias de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R.....	80
Figura 23 – Gráfico Padrão de Ocupação da UH nos Fins de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R.....	80

Figura 24 – Gráfico Padrão de Iluminação da UH nos Dias de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R.....	81
Figura 25 – Gráfico Padrão de Iluminação da UH nos Fins de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R.....	81
Figura 26 – Gráfico Curvas Espectrais de Reflexão.....	86
Figura 27 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Paredes segundo Pintura Clara e Escura em cada Zona Bioclimática.....	94
Figura 28 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Paredes com Pintura Clara e Escura em cada Instrumento Regulamentador.....	94
Figura 29 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio em cada Zona Bioclimática.....	101
Figura 30 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio em cada Instrumento Regulamentador.....	101
Figura 31 – Método Prescritivo do RTQ-R – Gráfico Somatório dos Níveis de Classificação da Envoltória para cada Grupo de Envoltória Antes da Verificação dos Pré-Requisitos.....	130
Figura 32 – Método Prescritivo do RTQ-R – Gráfico Somatório dos Níveis de Classificação da Envoltória para cada Grupo de Envoltória Após a Verificação dos Pré-Requisitos.....	130
Figura 33 – Distribuição em Planta das Zonas nos Ambientes da UH – sem escala.....	131
Figura 34 – Modelo Tridimensional da UH confeccionado no <i>EnergyPlus</i>	132
Figura 35 – Método de Simulação do RTQ-R – Gráfico Somatório dos Níveis de Classificação da Envoltória para cada Grupo de Envoltória Antes e Após a Verificação dos Pré-Requisitos.....	147
Figura 36 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Cozinha – sem escala.....	162
Figura 37 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Sala– sem escala.....	162
Figura 38 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Quarto 2 – sem escala.....	162
Figura 39 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Quarto 1 – sem escala.....	163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução do Déficit Habitacional no Brasil de 2000 - 2008.....	26
Tabela 2 – Distribuição do Déficit Habitacional segundo Regiões em 2008	26
Tabela 3 – Transmitância Térmica, Atraso térmico e Fator de Calor Solar admissíveis para Vedações Externas para Zonas Bioclimáticas 1 a 8	37
Tabela 4 – Transmitância Térmica (U) W/m ² K	41
Tabela 5 – Capacidade Térmica (CT) KJ/m ² K.....	41
Tabela 6 – Aberturas para Ventilação (A) % da Área do Piso	41
Tabela 7 – Transmitância Térmica (U) W/m ² K	42
Tabela 8 – Desempenho Térmico de Vedações	44
Tabela 9 – Equivalente Numérico para cada Nível de Eficiência.....	45
Tabela 10 – Equivalente Numérico para cada nível de Eficiência de acordo com a Pontuação obtida	45
Tabela 11 – Pré-Requisitos de Absortância Solar, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas	47
Tabela 12 – Percentual de Áreas Mínimas para Ventilação	47
Tabela 13 – Percentual de Áreas Mínimas para Iluminação em relação à Área Útil do Ambiente	48
Tabela 14 – Coeficientes do Sistema de Ventilação Natural	52
Tabela 15 – Taxas Metabólicas de Atividades	53
Tabela 16 – Densidade de Potência Instalada de Iluminação	54
Tabela 17 – Cargas Internas de Equipamentos	54
Tabela 18 – Coeficientes do Sistema de Ventilação Natural	54
Tabela 19 – Dimensões dos Cômodos	58
Tabela 20 – Características Gerais.....	59
Tabela 21 – Características Espaciais	60
Tabela 22 – Características das Aberturas	60
Tabela 23 – Zonas Bioclimáticas e Cidades Escolhidas	61
Tabela 24 – Sistema de Paredes	63
Tabela 25 – Sistema de Coberturas.....	65
Tabela 26 – Propriedades Térmicas dos Materiais empregados nas Paredes	67
Tabela 27 – Propriedades Térmicas dos Materiais empregados nas Coberturas.....	67
Tabela 28 – Resistência Térmica Superficial Interna e Externa	68
Tabela 29 – Resistência Térmica de Câmaras de Ar Não Ventiladas	68
Tabela 30 – Absortância à Radiação Solar e Emissividade	69
Tabela 31 – Refletância à Radiação Solar para o Padrão de Referência.....	71
Tabela 32 – Arquivos Climáticos.....	78
Tabela 33 – Coeficientes do Sistema de Ventilação Natural	82

Tabela 34 – Coeficientes do Sistema de Ventilação Natural	83
Tabela 35 – Temperatura do Solo.....	83
Tabela 36 – Refletância à Radiação Solar na Faixa de 470 a 940nm	86
Tabela 37 – Refletâncias Médias por Faixa do Espectro Solar ajustadas ao Espectro Solar Padrão.....	87
Tabela 38 – Propriedades Térmicas para os Sistemas Construtivos de Parede	89
Tabela 39 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pela NBR 15.220-3 ...	89
Tabela 40 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pela NBR 15.220-3	89
Tabela 41 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pela NBR 15.575	90
Tabela 42 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pela NBR 15.575....	90
Tabela 43 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pelo Selo Casa Azul .	91
Tabela 44 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pelo Selo Casa Azul	91
Tabela 45 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pelo RTQ-R.....	92
Tabela 46 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pelo RTQ-R.....	92
Tabela 47 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pela NBR 15220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R.....	93
Tabela 48 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pela NBR 15220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R.....	93
Tabela 49 – Propriedades Térmicas para os Sistemas Construtivos de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio.....	95
Tabela 50 – Propriedades Térmicas para os Sistemas Construtivos de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio	96
Tabela 51 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3.....	97
Tabela 52 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3.....	97
Tabela 53 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.575.....	97
Tabela 54 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.575.....	97
Tabela 55 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pelo Selo Casa Azul.....	98
Tabela 56 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pelo Selo Casa Azul.....	98
Tabela 57 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pelo RTQ-R.....	99

Tabela 58 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pelo RTQ-R.....	99
Tabela 59 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R	100
Tabela 60 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R	100
Tabela 61 – Caracterização Envoltória 1, P7/C2*-0,37 – Sistema de Parede e Cobertura com Maior Número de Aprovações	103
Tabela 62 – Caracterização Envoltória 2, P5/C3 – Sistema de Parede e Cobertura com Menor Número de Aprovações	103
Tabela 63 – Verificação do Cumprimento dos Pré-Requisitos do RTQ-R de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies para Envoltória 1, P7/C2*-0,37 – Sistema de Parede e Cobertura com Maior Número de Aprovações.....	105
Tabela 64 – Verificação do Cumprimento dos Pré-Requisitos do RTQ-R de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies para Envoltória 2, P5/C2 – Sistema de Parede e Cobertura com Menor Número de Aprovações.....	106
Tabela 65 – Verificação Percentual de Áreas Mínimas para Ventilação.....	107
Tabela 66 – Verificação Ventilação Cruzada.....	108
Tabela 67 – Verificação Iluminação Natural.....	109
Tabela 68 – Variáveis	110
Tabela 69 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Curitiba-PR, Zona Bioclimática 1.....	113
Tabela 70 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Santa Maria, Zona Bioclimática 2.....	115
Tabela 71 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Florianópolis-SC, Zona Bioclimática 3.....	118
Tabela 72 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Brasília-DF, Zona Bioclimática 4.....	120
Tabela 73 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Santos-SP, Zona Bioclimática 5.....	122
Tabela 74 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Campo Grande-MS, Zona Bioclimática 6.....	124
Tabela 75 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Cuiabá-MS, Zona Bioclimática 7.....	126
Tabela 76 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Salvador-BA, Zona Bioclimática 8.....	128

Tabela 77 – Classificação do Equivalente Numérico Antes da Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método Prescritivo do RTQ-R	129
Tabela 78 – Classificação do Equivalente Numérico Após Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método Prescritivo do RTQ-R	129
Tabela 79 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Curitiba-PR, Zona Bioclimática 1.....	133
Tabela 80 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Santa Maria-RS, Zona Bioclimática 2.....	135
Tabela 81 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Florianópolis-SC, Zona Bioclimática 3.....	137
Tabela 82 – Classificação pelo Método de Simulação em Brasília-DF, Zona Bioclimática 4.....	139
Tabela 83 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Campo Grande-MS, Zona Bioclimática 6.....	141
Tabela 84 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Cuiabá-MT, Zona Bioclimática 7.....	143
Tabela 85 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Salvador-BA, Zona Bioclimática 8.....	145
Tabela 86 – Classificação do Equivalente Numérico Antes da Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método de Simulação do RTQ-R	146
Tabela 87 – Classificação do Equivalente Numérico Após Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método de Simulação do RTQ-R	146
Tabela 88 – Classificação das Aberturas	161
Tabela 89 – Ângulos de Proteção Solar para Orientação das Fachadas de Aberturas Norte Sul.....	164
Tabela 90 – Ângulos de Proteção Solar para Orientação das Fachadas de Aberturas	165
Tabela 91 – Resultados Orientação das Fachadas de Aberturas Norte Sul.....	166
Tabela 92 – Resultados Orientação das Fachadas de Aberturas Leste-Oeste	167

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- APP – Áreas de Proteção Permanente
- BNH – Banco Nacional da Habitação
- CEF – Caixa Econômica Federal
- CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
- DOE – Department of Energy
- ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
Energy Information Administration – EIA
- FAR – Fundo de Arrendamento Residencial
- FDS – Fundo de Desenvolvimento Social
- FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviços
- FJP – Fundação João Pinheiro
- IAPs – Instituto de Aposentadoria e Pensões
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- LABCON – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído
- LPI – *Lunar and Planetary Institute*
- OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*
- PAC – Plano de Aceleração do Crescimento
- PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem
- PLANHAB – Plano Nacional de Habitação
- PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida
- PNDU – Plano Nacional de Desenvolvimento Urbano
- PNUD – Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- PROCEL EDIFICA – Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações
- RDH – Relatório de Desenvolvimento Humano
- RTQ – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações
- RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
- SFH – Sistema Financeiro da Habitação
- SWERA. – *Solar and Wind Energy Resource Assessment*
- TMY2 – Test Meteorological Year
- TRY – *Test Reference Year*
- UH – Unidade Habitacional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	A Proposta do Trabalho	21
1.2	Objetivos.....	22
1.2.1	Geral	22
1.2.2	Específicos.....	22
1.3	Estrutura da Dissertação	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
2.1	Déficit Habitacional Brasileiro	24
2.2	Programas Habitacionais Brasileiros: Minha Casa Minha Vida	27
2.3	Arquitetura Bioclimática e Desempenho	31
2.4	Legislação Brasileira em Eficiência Energética e Instrumentos Regulamentadores para Classificação de Desempenho	32
2.4.1	NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social.....	35
2.4.1.1	Zoneamento Bioclimático Brasileiro	35
2.4.1.2	Parâmetros de Desempenho Térmico	37
2.4.2	NBR15.575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho 38	
2.4.2.1	Parâmetros de Desempenho Térmico	39
2.4.3	Selo Casa Azul.....	42
2.4.3.1	Parâmetros de Desempenho Térmico	44
2.4.4	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R.....	45
2.4.4.1	Pré – Requisitos da Envolória.....	46
2.4.4.2	Procedimento para Determinação da Eficiência da Envolória: Método Prescritivo 48	
2.4.4.3	Procedimento para Determinação da Eficiência da Envolória: Método de Simulação 50	
2.5	Simulação Computacional: Software <i>Energy Plus</i>	55
3	MÉTODO.....	57

3.1	Escolha do Estudo de Caso.....	58
3.2	Definição da Unidade Habitacional	58
3.3	Definição do Local para Avaliação da Unidade Habitacional.....	61
3.4	Definição do Sistema Construtivo da Unidade Habitacional.....	62
3.5	Caracterização dos Sistemas Construtivos: Propriedades Térmicas	66
3.5.1	Transmitância Térmica e Capacidade Térmica	66
3.5.1.1	Sistemas Construtivos de Paredes e Cobertura	66
3.5.2	Absortância à radiação solar	69
3.5.2.1	Sistemas Construtivos de Parede.....	69
3.5.2.2	Sistemas Construtivos de Cobertura.....	69
3.5.2.2.1	O Processo de Medição.....	70
3.5.2.2.2	Avaliação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R	72
3.6	Avaliações do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo e Método de Simulação	73
3.6.1	Método Prescritivo.....	75
3.6.1.1	Verificação dos Pré- Requisitos	76
3.6.1.2	Cálculo do Indicador Graus-Hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Aquecimento dos Ambientes da UH	76
3.6.1.3	Determinação dos Equivalentes Numéricos para Resfriamento e Aquecimento	76
3.6.1.4	Determinação do Equivalente Numérico da Envoltória	76
3.6.2	Método de Simulação.....	77
3.6.2.1	Programa de Simulação	77
3.6.2.2	Arquivo Climático.....	78
3.6.2.3	Verificação dos Pré – Requisitos de Ventilação Natural e Iluminação Natural	78
3.6.2.4	Cálculo do Indicador Graus-Hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Aquecimento dos Ambientes da UH	79
3.6.2.5	Modelagem da Unidade Habitacional	79
3.6.2.6	Padrão de Ocupação.....	79

3.6.2.7	Padrão de Iluminação.....	81
3.6.2.8	Padrão de Equipamentos	82
3.6.2.9	Padrão de Ventilação	82
3.6.2.10	Padrão do Sistema de Condicionamento de Ar	82
3.6.2.11	Temperatura do Solo.....	83
3.6.2.12	Determinação dos equivalentes numéricos para Resfriamento e Aquecimento	84
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	85
4.1	Verificação da Absortância à Radiação Solar para o Sistema de Cobertura .	85
4.1.1	Medições de Refletância à Radiação Solar	85
4.1.2	Refletâncias ajustadas ao Espectro Solar Padrão.....	87
4.2	Avaliação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R.....	88
4.2.1	Sistema de Parede.....	88
4.2.1.1	Propriedades Térmicas.....	88
4.2.1.2	Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R.....	89
4.2.1.3	Síntese da Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R	93
4.2.2	Sistema de Cobertura	95
4.2.2.1	Propriedades Térmicas.....	95
4.2.2.2	Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R	96
4.2.2.3	Síntese da Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R	99
4.3	Sistemas Selecionados: Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo e Método de Simulação	102

4.3.1	Verificação dos Pré- Requisitos da Envoltória para os Sistemas Selecionados.....	104
4.3.1.1	Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R	104
4.3.1.2	Ventilação Natural	107
4.3.1.3	Iluminação Natural.....	109
4.3.2	Sistemas Selecionados: Método Prescritivo	109
4.3.2.1	Variáveis para Cálculo do Indicador Graus-Hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Aquecimento dos Ambientes da UH	110
4.3.2.2	Zona Bioclimática 1: Curitiba-PR	112
4.3.2.3	Zona Bioclimática 2: Santa Maria-RS	114
4.3.2.4	Zona Bioclimática 3: Florianópolis-SC	116
4.3.2.5	Zona Bioclimática 4: Brasília-DF	119
4.3.2.6	Zona Bioclimática 5: Santos-SP.....	121
4.3.2.7	Zona Bioclimática 6: Campo Grande-MS.....	123
4.3.2.8	Zona Bioclimática 7: Cuiabá-MT	125
4.3.2.9	Zona Bioclimática 8: Salvador-BA.....	127
4.3.2.10	Síntese da Avaliação do Estudo de Caso pelo Método Prescritivo do RTQ-R	129
4.3.3	Sistemas Selecionados: Método Simulação	131
4.3.3.1	Variáveis para Cálculo do Indicador Graus-Hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Aquecimento dos Ambientes da UH.....	131
4.3.3.2	Zona Bioclimática 1: Curitiba-PR	132
4.3.3.3	Zona Bioclimática 2: Santa Maria-RS	134
4.3.3.4	Zona Bioclimática 3: Florianópolis-SC	136
4.3.3.5	Zona Bioclimática 4: Brasília-DF	138
4.3.3.6	Zona Bioclimática 6: Campo Grande-MS.....	140
4.3.3.7	Zona Bioclimática 7: Cuiabá-MT	142
4.3.3.8	Zona Bioclimática 8: Salvador-BA.....	144
4.3.3.9	Síntese da Avaliação do Estudo de Caso pelo Método de Simulação do RTQ-R	146
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148

5.1	Considerações Iniciais	148
5.2	Conclusões.....	149
5.2.1	Avaliação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R.....	149
5.2.2	Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo e Método de Simulação	150
5.3	Considerações Finais	153
5.3.1	Limitações para realização do Trabalho	153
5.3.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	153
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
	APÊNDICE A: Método Prescritivo – Cálculo Variável Somb	161
	ANEXO A: Programa Minha Casa Minha Vida / FAR – Especificações Mínimas para Construções de Casas.....	168
	ANEXO B: RTQ-R – Tabela de Desconto das Esquadrias.....	170
	ANEXO C: RTQ-R – Método Prescritivo (UH): Cálculo do Indicador de Graus-Hora para Resfriamento e Cálculo do Consumo Relativo para Aquecimento	173
	ANEXO D: Selo Casa Azul – Tipologias Construtivas de Parede e Cobertura	193
	ANEXO E: Cartas Solares	197

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de centros urbanos em vários países, fez com que as cidades se consolidassem como o efetivo local das trocas sociais, econômicas e culturais da humanidade. O fator desencadeante desse processo foi a Revolução Industrial, que favoreceu por anos um intenso deslocamento da população, até então tipicamente rural, para as cidades onde se concentravam as indústrias, em busca de oportunidades de emprego (BARBIRATO; SOUZA TORRES, 2007). Conforme os dados do último censo brasileiro realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012b), a população urbana brasileira ultrapassou 80% da população total. Infraestrutura, transporte e habitação foram algumas das crescentes demandas instauradas às cidades.

No Brasil, a demanda por habitação está relacionada diretamente com o déficit habitacional e, conseqüentemente, com os diversos programas e políticas governamentais que já foram e ainda são desenvolvidos em torno da questão habitacional. Neste contexto é que surge a habitação, classificada como interesse social, por ter parte ou totalidade da sua implementação em recursos e programas governamentais com o intuito de sanar o déficit habitacional, um dos maiores entraves na esfera social para se alcançar o pleno desenvolvimento do país (BONDUKI, 1994).

Com relação aos programas habitacionais brasileiros, destaca-se o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV, criado dentro do Ministério das Cidades, que é considerado um dos maiores programas já existentes no país tanto no que diz respeito aos recursos disponibilizados, quanto à abrangência no território (BRASIL, 2012a).

Entretanto, observa-se que a produção das habitações de interesse social, em seu caráter tipológico e construtivo, ocorre em processo de série, em que uma mesma unidade habitacional é construída em diversas partes do Brasil, sem que haja qualquer adequação aos contextos do sítio de implantação, seja ele geográfico, social, climático ou cultural.

Devido a este fato, problemas de diversas ordens se constituem em torno das habitações, dentre eles o do conforto. Segundo Rybczynski (1996), o conceito de conforto à moradia surgiu no século XVIII, inicialmente relacionado ao conforto térmico, evoluindo para outras esferas, com o passar do tempo. A partir da satisfação através de um bem estar físico foram acrescentadas outras definições ao conceito tais como aconchego, privacidade, eficiência e domesticidade.

Implantação adequada ao terreno, aproveitamento de ventilação natural, adequação da orientação das fachadas em relação a insolação, e emprego correto de

materiais são algumas considerações que, se relevadas ao projetar e construir uma dada edificação irão contribuir para o estabelecimento de conforto (EDWARDS, 2005).

Outro fator de intrínseca relação com as edificações, se estendendo também às habitações de interesse social, é o consumo energético. Visto que o desenvolvimento econômico dos países periféricos que tiveram abertura de seus mercados, promoveu o acesso da tecnologia para o cotidiano das pessoas o que influenciou diretamente no aumento do consumo das edificações. A Figura 1 apresenta dados do *Energy Information Administration – EIA* com previsão do consumo de energia por continente até 2035, denotando o aumento do consumo majoritariamente pelos asiáticos e países não integrantes da *Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD*¹, onde se inclui o Brasil.

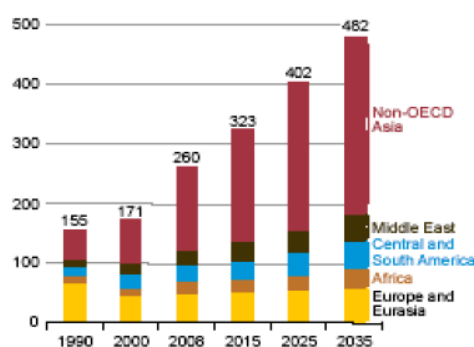


Figura 1 – “Non – OECD Energy Consumption 1930 - 2035” – Consumo de energia em quadrilhões de BTU para cada continente
Fonte: EIA, 2012.

Segundo Edwards (2005) o consumo racional de energia é fundamental para prover a sustentabilidade em qualquer contexto. No Brasil, há mais de uma década instituiu-se formalmente a promoção da eficiência energética nas edificações construídas no país, através da Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 (BRASIL, 2001a). A partir daí foram criados em instâncias normativas instrumentos para favorecer a eficiência em edificações, baseados na instituição de parâmetros e métodos que se aplicam diferentemente nos vários contextos climáticos brasileiros. Deve ser ressaltada também a criação dos certificados para promoção da sustentabilidade no campo das edificações, que dentre suas áreas de abrangência encontra-se também a promoção da eficiência energética. O caminho aberto por aqui é a necessidade por edificações apropriadas ao seu sítio de implantação, em detrimento de edificações produzidas em série sem consideração de qualquer agente

¹ OECD foi criada em 1948, para a recuperação da Europa após a Segunda Guerra Mundial. A sua eficácia foi tamanha que se estendeu a países fora do continente europeu. Atualmente os países membro da OECD apresentam altos índices de desenvolvimento e considerável solidez econômica (EIA, 2012).

local, como é o caso denotado no histórico das já referidas habitações de interesse social.

Considera-se que as prescrições dos instrumentos regulamentadores favorecem o desempenho da edificação, nos quais são definidos requisitos qualitativos, critérios quantitativos e premissas, e métodos de avaliação (FABRICIO; MELHADO; ORNSTEIN, 2010). Todos devem ser passíveis de mensuração, para permitir a verificação do seu cumprimento.

Portanto, tem-se que a efetivação da eficiência energética e conforto nas habitações estão relacionados com o cumprimento das definições de desempenho abrigadas em instrumentos regulamentadores normativos, bem como em certificados para promoção da sustentabilidade em edificações. No cenário brasileiro, o contexto do surgimento de instrumentos regulamentadores em meados de 2000, se dá consequentemente ao Decreto 4.059, com a criação da NBR 15.220 (ABNT, 2005), NBR 15.575 (ABNT, 2008), RTQ-R (BRASIL, 2012a) e Selo Casa Azul (CAIXA, 2010). Todos foram subsidiados pelo governo brasileiro, o surgimento de cada um é estruturado conforme sequência demonstrada na Figura 2 a seguir. Anteriormente os parâmetros estabelecidos para as edificações, baseavam-se apenas nos códigos de obras, de caráter determinístico, que apresenta suas prescrições baseados apenas em frações segundo área e uso de ambientes, desconsiderando o caráter dos materiais, influência da orientação solar e os contextos climáticos do sítio de implantação.



Figura 2 – Escala do Surgimento de Instrumentos Regulamentadores Brasileiros

Torna-se assim um desafio a mudança no cenário de produção das habitações de interesse social produzidas no âmbito do PMCMV, pois, devido à dimensão

territorial e financeira do país é considerável o impacto em torno do déficit habitacional e consumo energético no campo das edificações. Por isso é fundamental a realização de uma avaliação criteriosa para um possível melhor direcionamento dos critérios de produção de habitação de interesse social.

1.1 A Proposta do Trabalho

Em presença do contexto exposto, situa-se o tema deste trabalho, que diz respeito à análise da correspondência ao contexto climático das habitações de interesse social produzidas no Brasil no âmbito do PMCMV. O estudo de caso consiste em um projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar empregado para efetivação da demanda habitacional estabelecida dentro das metas e ações PMCMV, que é aplicado para construção em todo o território brasileiro, a ser analisado por meio de avaliações de desempenho térmico. Essas avaliações de desempenho térmico se darão segundo parâmetros e métodos estabelecidos pelos seguintes instrumentos regulamentadores: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005); NBR 15.575 (ABNT, 2008); Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) e RTQ-R (BRASIL, 2012a). Sendo a ênfase destas avaliações no desempenho térmico das envoltórias (parede e cobertura) da habitação.

Pretende-se verificar o desempenho térmico do estudo de caso a partir dos sistemas de parede e cobertura em todas as zonas bioclimáticas brasileiras. Assim, verificando como se comporta uma típica habitação de interesse social, quando esta é reproduzida segundo uma mesma condição ao longo de todo o território nacional.

Estipulam-se as seguintes hipóteses:

- Pouca variação do desempenho térmico entre os sistemas de parede que possuem o mesmo bloco ou tijolo, variando somente o revestimento interno entre gesso ou argamassa;
- Grande variação de desempenho para um mesmo sistema de parede ou cobertura entre a primeira etapa de avaliação que não considera a localização da UH em função da orientação solar e a segunda e terceira etapas que considera.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Avaliar o desempenho térmico da envoltória de um projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar, viabilizada segundo critérios e fomentos do PMCMV destinada a população com faixa de renda de 0 a 3 salários mínimos, conforme implantações em diferentes orientações para todas as zonas bioclimáticas definidas pela norma NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), segundo os parâmetros da NBR 15.220-3 (ABNT, 2005); NBR 15.575 (ABNT, 2008); Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) e RTQ-R (BRASIL, 2012a).

1.2.2 Específicos

- Analisar os requisitos definidas pela norma NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), e segundo os parâmetros das NBR 15.220-3 (ABNT, 2005); NBR 15.575 (ABNT, 2008); Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) e RTQ-R (BRASIL, 2012a).
- Comparar o desempenho térmico das envoltórias da habitação nos diversos índices que compõem os parâmetros dos instrumentos regulamentadores em questão, através da análise de pré-requisitos, método prescritivo e simulação computacional;
- Verificar o comportamento da habitação segundo as orientações e, materiais de construção de utilização típica para esta tipologia.

1.3 Estrutura da Dissertação

Tendo em vista a complexidade e abrangência de todos os fatores que envolvem a questão das habitações de interesse social no Brasil, foi necessário compreendê-los no âmbito das questões a que, diretamente e indiretamente, se relacionam, em que é expressiva e comprovada a influência na matriz energética, desenvolvimento social e econômico do país.

Neste capítulo realizou-se a contextualização do trabalho, seguida da apresentação do tema e objetivos geral e específicos. O capítulo 2 contém o

referencial teórico abordando os assuntos relacionados ao tema do trabalho, ou seja, o panorama do déficit habitacional no Brasil, o PMCMV no contexto dos programas habitacionais brasileiros, a produção de habitações de interesse social em relação ao clima, a questão energética no campo das habitações e instrumentos regulamentadores para avaliação de desempenho. O capítulo 3 relata o processo metodológico para desenvolvimento do processo de avaliação de um projeto típico de habitação de interesse social unifamiliar, viabilizada segundo critérios e fomentos do PMCMV. No capítulo 4 apresentam-se os resultados com suas respectivas discussões. E finalmente, o capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho bem como as limitações e sugestões para trabalhos futuros. Seguidos deste capítulo, tem-se as Referências Bibliográficas, Apêndices e Anexos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Déficit Habitacional Brasileiro

Assim como a grande maioria dos países do mundo, o Brasil possui população tipicamente urbana, distribuída em um vasto território delimitado pelos centros urbanos. Segundo dados do IBGE (2012b), em 2000 a população urbana ultrapassou 67% da população total e atingiu a marca de 138 milhões de pessoas. Este processo se consolidou ao longo de todo território nacional, que hoje tem-se 84,35% da população brasileira na zona urbana.

A conformação dos centros urbanos brasileiros acarretou na demanda por investimentos em infraestrutura urbana e em outros setores por parte do Estado. Segundo Azevedo (2007), a intensidade e rapidez do crescimento dos centros urbanos fez com que as cidades brasileiras acumulassem alto contingente populacional em um curto período de tempo, originando um cenário de desigualdade e desordem para a distribuição dos serviços urbanos e ocupação do território.

Informações do Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento – PNUD (2011), através do Relatório de Desenvolvimento Humano – RDH apontam que a desigualdade interna nos países da América Latina tem caído, ao passo que o Brasil já se agrupa junto aos países caracterizados como “Países com desenvolvimento humano elevado”. Ocupa a 84^o posição no – Índice de Desenvolvimento Humano – IDH² e Coeficiente de Gini³ em 53,9. Vale ressaltar que, entre os anos de 2006 e 2011, o Brasil apresentou classificação ascendente em 3 posições (PNUD, 2011).

As dimensões em análise para estes índices podem ser identificadas em torno da paisagem urbana brasileira, tais como a desigualdade na distribuição de renda, bens e serviços urbanos; disparidade de classes sociais; deficiência no sistema de transporte, dentre outros. Esta situação favorece a segregação do espaço urbano, em que se conformam dois típicos e divergentes cenários urbanos. Descrevem-se estes dois cenários por um lado que apresenta ocupação regular, dotado de bens e serviços urbanos eficientes e bem distribuídos e, moradores que possuem em sua maioria alta renda e se agrupam entre as classes média e alta. Enquanto de outro lado, áreas

² Índice composto que mede as realizações em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: uma vida longa e saudável, o conhecimento e um padrão de vida digno. Fonte: (PNUD, 2011).

³ Medida do desvio da distribuição do rendimento entre indivíduos internamente à um país. Um valor de 0 representa igualdade absoluta, 100 a desigualdade absoluta. Fonte: (PNUD,2011).

ocupadas de forma irregular, com pouco ou nenhuma infraestrutura urbana, vulnerabilidade social e moradores com baixa renda, que se agrupam na classe baixa.

Guimarães (2007) caracteriza um processo de “periferização” em torno do processo de urbanização das cidades brasileiras. Devido à escassez e altos preços dos espaços junto às regiões mais centrais providas de infraestrutura e serviços urbanos, a população de baixa renda tende a se aglomerar junto a áreas desprovidas de infraestrutura, distante dos centros comerciais das cidades, muitas vezes em terrenos suscetíveis a desabamento ou de Áreas de Proteção Permanente – APPs.

Outra questão que enfatiza esse panorama são os parâmetros da legislação de uso e ocupação do solo, em que: “(...) a legislação urbana brasileira termina por separar a ‘cidade legal’ – ocupada pelas classes médias, grupos de alta renda e apenas por parte dos setores populares – da ‘cidade ilegal’ destinada à maior parte das classes de baixa renda” (AZEVEDO 2007).

A questão do déficit habitacional brasileiro se insere ao longo deste contexto de interligações das estruturas econômica, social e política do espaço urbano, e se conforma como um dos grandes entraves a serem rompidos para se alavancar o pleno desenvolvimento do Brasil.

Os volumes sobre “Déficit Habitacional no Brasil” publicados pela Fundação João Pinheiro – FJP (MINAS GERAIS, 2009) com publicação mais recente em 2011, trás dados sobre o déficit em 2008. Este estudo é baseado em informações geradas pelo IBGE para o PNUD. Fernandes e Silveira (2009) abordam a publicação destes estudos como um marco para a política habitacional brasileira, pois somente após o conhecimento de como se difunde o déficit habitacional ao longo do país é que foi possível delinear políticas e programas habitacionais direcionados a especificidade real de determinada região ou cidade.

De acordo com a FJP (MINAS GERAIS, 2009), dentre os critérios adotados para avaliação do déficit habitacional, os que mais contribuem para o déficit são o ônus excessivo com aluguel e famílias que vivem num mesmo domicílio, a coabitação familiar. A incidência destes critérios é expressiva sobre a população de baixa renda e nos centros urbanos. Ressalta-se, que nos anos de publicação que antecederam 2007, frequentemente se questionava acerca da coabitação familiar, em que a forma como se mensurava muito se superestimava os dados por incluir tais famílias como déficit. Por isso em 2007, esta questão foi avaliada sobre outro aspecto, o de que muitas vezes a coabitação existe por opção entre as famílias e não por necessidade ou influência de um fator externo. Desde então, foram computadas no quesito coabitação familiar, somente as famílias que tinham interesse em constituir um novo domicílio.

Dessa forma, o déficit em 2007 apresenta queda de aproximadamente 1 milhão de unidades. Mas, se considerada o método anterior neste mesmo ano, este 1 milhão de unidades seria contabilizado, e o déficit seria de quase 7,3 milhões, resultado próximo ao déficit de 2006.

Paralelamente aos dados apresentados na Tabela 1, encontra-se um crescente número de domicílios vagos que, segundo dados da FJP (MINAS GERAIS, 2011) é praticamente o mesmo do déficit notado para 2007. O déficit está, majoritariamente, entre a população de baixa renda que apresenta renda mensal inferior a 3 salários mínimos, absorvendo quase 90% do déficit (MINAS GERAIS, 2011).

Tabela 1 – Evolução do Déficit Habitacional no Brasil de 2000 - 2008

Brasil	Déficit Habitacional
2000	5.875.426
2005	6.307.253
2006	6.272.645
2007*	5.989.064*
2008*	5.546.310*

*Nota: Somente os dados referentes a 2007 e 2008 foram analisados segundo critério de coabitação familiar

Fonte: Modificado de: MINAS GERAIS 2009.

Ao se considerar o Brasil por regiões, denota-se que o maior déficit está concentrado na Região Sudeste, seguido pela Nordeste, Sul, Norte e por último a Centro-oeste (MINAS GERAIS, 2011), conforme Tabela 2 a seguir. Ainda segundo os dados da FJP (MINAS GERAIS, 2011), a maior incidência na Região Sudeste é devido ao fato dessa ser a região que possui maior densidade populacional e grandes regiões metropolitanas. Também, tem-se a predominância do déficit junto às áreas urbanas, com 89,6% do total demonstrado para o Brasil.

Tabela 2 – Distribuição do Déficit Habitacional segundo Regiões em 2008

Região	Déficit Habitacional
Norte	555.130
Nordeste	1.946.745
Sudeste	2.046.312
Sul	580.893
Centro - Oeste	417.240

Fonte: Modificado de: MINAS GERAIS 2009.

Assim, podemos delinear o percurso e marcos da política habitacional brasileira, como demonstrado na Figura 3, que se iniciou em 1930 no Governo de

Vargas, até os dias atuais com a homologação do PMCMV que será abordado no item a seguir.

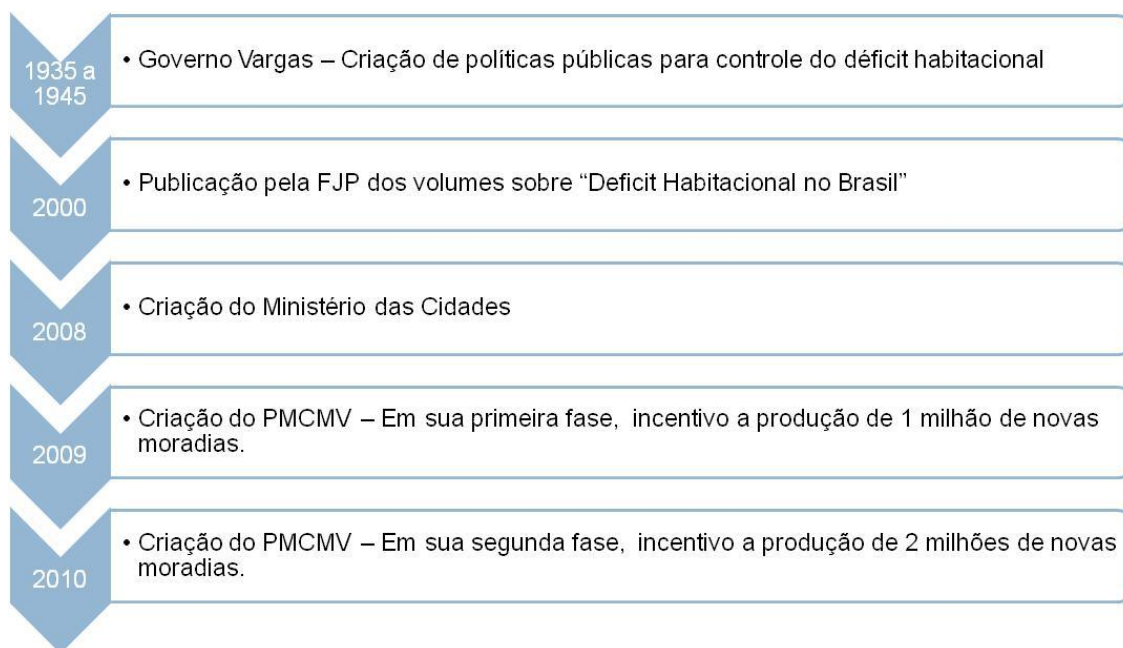


Figura 3 – Escala do Surgimento de Programas e Políticas Habitacionais

2.2 Programas Habitacionais Brasileiros: Minha Casa Minha Vida

A migração da população para os centros urbanos delineou uma mudança no cenário político, fazendo com que questões que antes não estavam na pauta do governo, passassem a ser alvos para planejamento, ações e investimento. No que se refere à questão habitacional, Bonduki (1994) aponta o governo Vargas (1930-1945) como sendo o momento em que esta foi assumida pelo Estado, e este passou desde então a intervir por meio de políticas públicas para sanar o déficit habitacional. Dentre outras, as intervenções se deram através da criação de instituições para gerir o sistema financeiro e elaborar programas de ação para então subsidiar o início de uma produção estatal de habitações populares.

Para efetivação dessas intervenções, vários órgãos foram criados e a eles atribuídos funções específicas à gestão habitacional. Dentre eles, é relevante para o percurso da política habitacional brasileira, a criação do Sistema Financeiro da Habitação – SFH e Banco Nacional da Habitação – BNH. A criação desses órgãos se deu concomitante à geração de créditos para financiamento por meio da implantação do Fundo de Garantia por Tempo de Serviços – FGTS e das cadernetas de poupança. O BNH tinha por função gerir as operações de créditos e o FGTS por meio dos outros bancos particulares e públicos, em que foram gerados recursos expressivos, de ordem

até então não vista para a questão habitacional no país (BONDUKI, 1994). Este sistema foi um dos principais subsídios à construção civil nos centros urbanos, da sua criação em 1964 até a sua extinção em 1986. E, atualmente o FGTS e as cadernetas de poupança continuam a ser aplicados como recursos para financiamento habitacional, porém, hoje são monitorados pela CEF e bancos privados, respectivamente.

Como visto anteriormente, a compreensão do déficit habitacional brasileiro, a partir do método da FJP (MINAS GERAIS, 2011) é um divisor de águas, pois somente a partir daí se pode saber de fato a dimensão e distribuição ao longo do país. Por isso, é relevante retratar a política habitacional a partir deste período, e especificamente quando se dá a criação do Ministério das Cidades, que tem por competência tratar da política de desenvolvimento urbano e das políticas setoriais de habitação, saneamento ambiental, transporte urbano e trânsito (BRASIL, 2010).

Em linhas gerais, o que se pode descrever para o período posterior a dimensão e distribuição do déficit é uma notória compreensão do déficit, paralelamente à uma razoável diminuição de um ano para o outro, bem como à alta disponibilização de recursos, criação de planos e ações por parte do governo, através do Ministério das Cidades. A Figura 4 e Figura 5 a seguir apresentam, respectivamente, um gráfico com a evolução desses investimentos e a distribuição de recursos por faixa de renda da população.

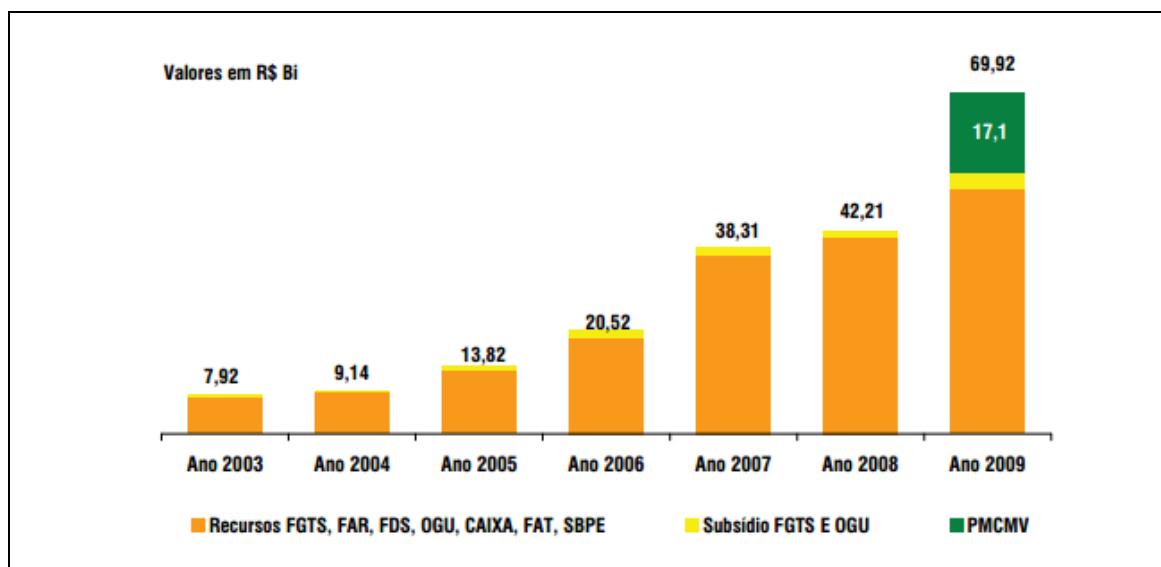


Figura 4 – Gráfico Evolução dos Investimentos em Habitação
Fonte: Avanços e Desafios: Política Nacional de Habitação, (BRASIL, 2010).

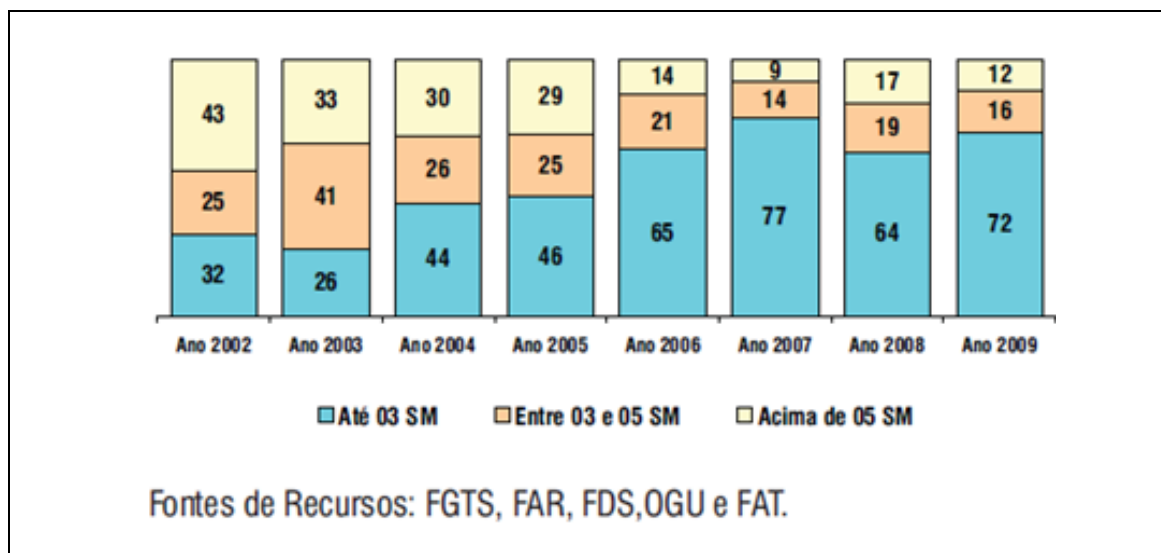


Figura 5 – Foco dos Investimentos em Habitação para População de Baixa Renda
 Fonte: Avanços e Desafios: Política Nacional de Habitação, (BRASIL, 2010).

Dentre os planos, destaca-se o Plano de Aceleração do Crescimento – PAC e a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano – PNDU.

O PAC é um programa criado em 2007 que visou, em sua primeira fase, período de quatro anos, subsidiar planos e ações para alavancar o desenvolvimento econômico, por meio de investimentos em infraestrutura, em áreas como saneamento básico, habitação, transporte, energia e outros. Em 2010 foi lançada a segunda fase, o PAC 2, com o intuito de consolidar e integrar as ações da primeira fase (BRASIL, 2012c).

A PNDU é pautada nos princípios democráticos, descentralizado e com participação popular com o objetivo de melhor integrar e coordenar a conduta de investimentos do governo nas grandes áreas de competência do Ministério das Cidades. A criação da PNDU favoreceu a realização de uma série de conferências na maioria dos municípios brasileiros que resultaram na Conferência Nacional de 2003, que elegeu o Conselho das Cidades e estabeleceu as diretrizes e princípios a serem adotados pela PNDU (BRASIL, 2004).

No contexto deste trabalho, enfatiza-se entre tais diretrizes a “Estratégia de implantação da Política e do Sistema Nacional de Habitação”. Segundo as informações do PNDU (BRASIL, 2004), esta diretriz refere-se especificamente à elaboração de uma nova conduta para a questão habitacional no país, a ser determinada de forma gradativa para favorecer a implantação de todos os componentes e instrumentos denominada de Plano Nacional de Habitação – PLANHAB. O horizonte do PLANHAB é para 2023, onde 35 milhões de habitações estejam construídas. Dentre os objetivos, está a realização de revisões periódicas dos programas habitacionais e articulação do planejamento habitacional com os demais

instrumentos de orçamento e planejamento de outras instâncias do governo (BRASIL, 2012d).

Foi a partir dos caminhos delineados por esta diretriz, que surgiu um dos principais programas habitacionais da história brasileira, o PMCMV, criado na esfera federal do governo, gerido pelo Ministério das Cidades e operacionalizado pela CEF. Foi lançado em março de 2009, de forma a criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de 1 milhão de novas unidades habitacionais, estando esta meta atualmente em 2 milhões de novas moradias (BRASIL, 2012a).

O programa tem por objetivo promover a produção ou aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos para famílias com renda mensal de até R\$ 5.000,00 (CAIXA, 2012). Ainda segundo Caixa (2012a), no âmbito da zona urbana, os recursos para gerir o programa podem vir de quatro fontes: financiamento com recursos do FGTS, para famílias com renda de até R\$5.000,00; Fundo de Arrendamento Residencial – FAR, para famílias com renda de até R\$1.600,00 em parceria com o poder públicos dos estados e municípios; Fundo de Desenvolvimento Social – FDS, para famílias com renda mensal de até R\$1.600,00 organizadas em cooperativas habitacionais ou mistas, associações e demais entidades privadas sem fins lucrativos; Oferta pública de recursos, para famílias com renda mensal de até R\$1.600,00 em municípios com população de até 50.000 habitantes. A construção das unidades habitacionais ocorre por meio de empreendimentos condominiais ou loteamentos, constituídos de apartamentos ou casas. A Figura 6 a seguir mostra que essa faixa de renda absorve mais de 50% dos contratos no PMCMV.

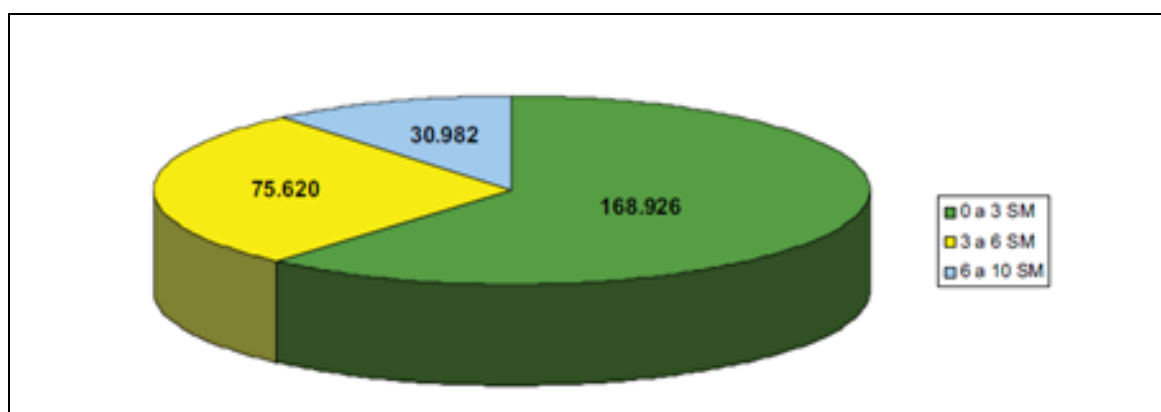


Figura 6 – Unidades Habitacionais Contratadas no PMCMV
Fonte: Avanços e Desafios: Política Nacional de Habitação, (BRASIL, 2010).

Os programas habitacionais brasileiros fazem parte de um amplo sistema de planos e ações governamentais em várias esferas. É notória que a consequência destes programas habitacionais brasileiros perpassa o aumento de moradias, abrangendo também outros setores como o energético, social e transportes. No caso

do setor energético, vale ressaltar o Plano Nacional de Energia 2030 – PNE, que assim como os programas habitacionais tem planejamento de longo prazo, para o setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas (BRASIL, 2007). Entretanto, o PNE não faz referência a demanda gerada por estas novas habitações. Sendo o setor residencial já correspondente ao segundo maior consumo de energia, atrás somente das indústrias e tende a apresentar uma demanda ainda maior nos próximos anos, aumentada com as novas habitações geradas pelos programas.

2.3 Arquitetura Bioclimática e Desempenho

Ao designar qualidade às edificações Fabrício, Melhado e Ornstein (2010) abordam sua relação com o desempenho, que se apresenta em três fases: projeto, construção e ocupação. Em que é demonstrado método para o estabelecimento de desempenho a partir da definição de requisitos qualitativos, critérios quantitativos e premissas, e métodos de avaliação.

Para tanto, Fabrício, Melhado e Ornstein (2010) estabelecem alguns requisitos e critérios para desempenho em edificações segundo as diversas fases da edificação, que se inicia para a fase de projeto até a fase de ocupação.

Historicamente, o estabelecimento do conforto térmico como notório e significativo para as edificações é notado por vários autores, principalmente ao relatar sobre a relação entre arquitetura e clima. Em sua publicação Rivero (1986), afirma que a composição de um edifício deve adequar-se às solicitações do meio exterior de maneira a satisfazer, na melhor forma possível as exigências térmicas das pessoas que o usam. Olgay e Olgay (1963) estabelecem o termo “arquitetura bioclimática”, para se referir a adequada relação entre ambiente construído, clima e seus processos de troca de energia, tendo como objetivo final o conforto ambiental para o ser humano. Estabelecem ainda que, toda edificação deve ser projetada e construída em consonância com as características climáticas de onde será inserida.

Para Barbirato, Souza e Torres, (2007) a definição de arquitetura bioclimática é uma das concepções que mais reforçam e contribuem para a eficiência térmica e energética de um edifício. Pois, ao se considerar o contexto local, é possível favorecer o desempenho térmico e lumínico da edificação por meio de estratégias passivas e naturais capazes de reduzir o consumo energético da edificação além de conferir conforto para os seus usuários.

Dentre tais estratégias passivas e naturais está o emprego do condicionamento térmico natural, através de técnicas seletivas ou conservativas de energia. Isso

significa conservar o ambiente mais fresco nos períodos mais quentes e mais aquecidos nos períodos mais frios, sem que haja o emprego de equipamentos para calefação ou refrigeração (BARBIRATO, SOUZA E TORRES, 2007).

Em conformidade com os princípios da arquitetura bioclimática, Mascaró e Mascaró (1992) apontam os elementos a serem considerados para adequação da edificação ao contexto bioclimático, sendo alguns deles: sítio e zona climática; orientação e localização; posição das diferentes paredes e aberturas; estrutura e composição das paredes e da cobertura, caracterização dos materiais componentes; tipo e diversificação das atividades a serem realizadas.

Os instrumentos regulamentadores referenciados para este trabalho irão tratar em sua especificidade, de requisitos, critérios e parâmetros para o estabelecimento do desempenho térmico.

Atualmente, esta norma se encontra em processo de revisão e propõe maior a subdivisão do país em torno das zonas bioclimáticas aumentando de oito para vinte zonas. Esta proposta, dentre outras, deve-se ao fato de ter sido elaborada baseada nas normais climatológicas de pouco mais de 300 municípios brasileiros, o que gerou grandes margens de erro na conformação das zonas ao longo do território. Também, por ser específica a habitações de interesse social, mas na prática é aplicada para qualquer tipo de edificação, por ser o único zoneamento disponível nas Normas brasileiras (RORIZ, 2012).

2.4 Legislação Brasileira em Eficiência Energética e Instrumentos Regulamentadores para Classificação de Desempenho

No contexto brasileiro, a primeira iniciativa do Governo Federal legalmente instituída a favor da promoção da eficiência energética nos edifícios se deu conseqüentemente à crise do setor energético, em 2001. Foi sancionada a Lei n^o 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso de Energia e dá outras providências”. Esta Lei afirma no Art 4^o que “o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no país” (BRASIL, 2001a).

Posterior a esta Lei, o Decreto n^o 4.059, de 19 de dezembro de 2001, que Regulamenta a Lei n^o 10.295, de 17 de outubro de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências (BRASIL, 2001b). Decretou-se assim no Art. 1^o que “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as

edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica a ser fixada nos termos deste Decreto, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia”. Instituiu também a criação do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE que, além de regulamentar os níveis máximos de consumo de aparelhos, deveria também constituir o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País para adoção de “procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações” (BRASIL, 2001b).

Este decreto instituiu também que o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO seria o “(...) responsável pela fiscalização e pelo acompanhamento dos programas de avaliação da conformidade das máquinas e aparelhos consumidores de energia a serem regulamentados” (BRASIL, 2001b). A partir deste precedente jurídico, o INMETRO deu continuidade a este processo e criou o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. O PBE baseou-se nos níveis mínimos de eficiência energética do CGIE e estabeleceu programas para avaliação da conformidade no âmbito da eficiência energética em aparelhos e edificações (INMETRO, 2012).

Na esfera das habitações de interesse social para promoção da eficiência energética, existem projetos de lei relacionados à obrigatoriedade da implantação de coletores solares. Na esfera federal, há um projeto de lei de 2005, que dispõe sobre a obrigatoriedade de previsão para uso de aquecedores solares de água em projetos de construção de habitações populares, e autoriza o Poder Executivo a criar Políticas Públicas e Programas de Incentivo para implantação e uso desses equipamentos em instalações prediais” (BRASIL, 2005).

A transformação do contexto energético, impulsionada pela Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 resultou também na ênfase a outro programa já existente, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. O PROCEL foi criado em 1985 pelo Ministério de Minas e Energia e Indústria e Comércio e gerido pela Eletrobrás. Em 1991 suas competências e abrangência foram ampliadas, quando passou então a ser um programa oficial do governo (PROCELINFO, 2012a).

Na esfera das competências do PROCEL encontra-se o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA, instituído em 2003. O PROCEL EDIFICA, é um programa que consolidou as ações em torno da promoção do consumo racional de energia elétrica através da abrangência para o setor das edificações. A abrangência ao setor das edificações é relevante, pois este setor está presente em todas as esferas da atividade econômica do país. Assim, o objetivo deste programa se afirma em “(...) promover condições para o uso eficiente da eletricidade

nas edificações, reduzindo os desperdícios de energia, de materiais, e os impactos sobre o meio ambiente” (PROCELINFO, 2012a).

As metas que agrupam as atividades a serem viabilizadas pelo PROCELEDIFICA foram classificadas em seis vertentes: Capacitação, Disseminação, Regulamentação, Habitação, Eficiência Energética e Planejamento. Inserido na vertente da Regulamentação, desenvolveu-se o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações, que se subdivide entre os dois grandes grupos para uso das edificações: comerciais, de serviços e públicas e residenciais (PROCELINFO, 2012a).

Assim, como demonstrado na Figura 7 a seguir, em 1993 2001 foi impulsionada a demanda por eficiência energética no setor de edificações tem aumentado a cada dia para favorecer a transformação dos padrões de consumo e produção para padrões mais sustentáveis. Na esfera governamental a viabilização desta demanda se dá, dentre outros, através da prescrição contida nos diversos instrumentos regulamentadores.

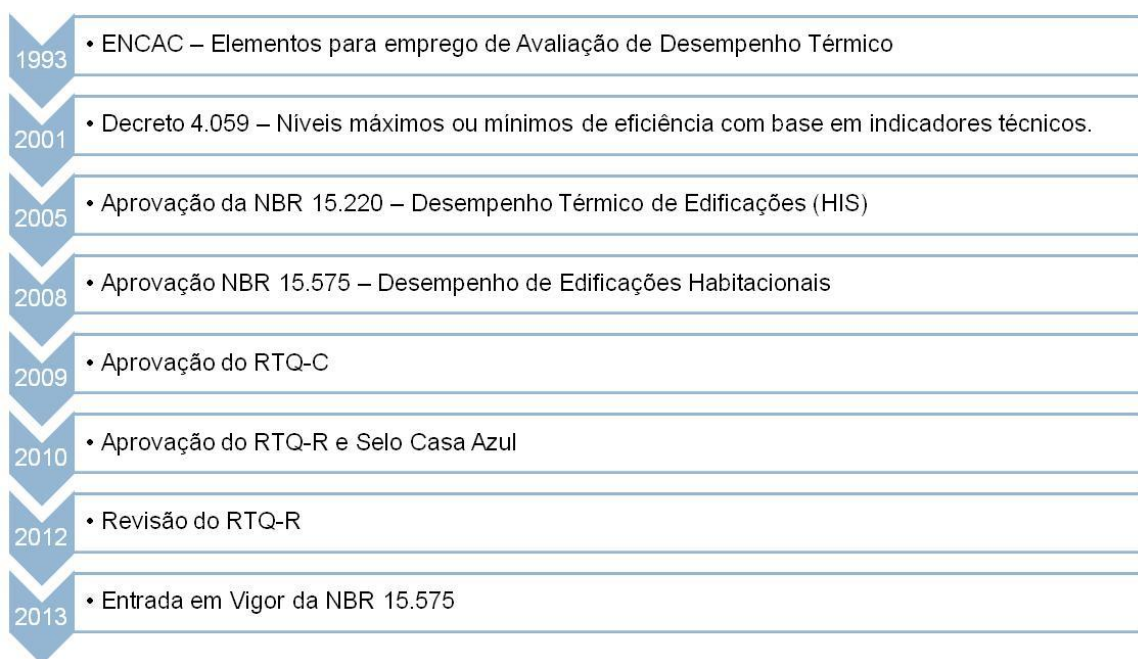


Figura 7 – Escala do Surgimento de Instrumentos Regulamentadores Brasileiros

2.4.1 NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social

2.4.1.1 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Identifica-se grande diversidade climática, que deve-se a vastidão do território brasileiro que se estende de aproximadamente 32° de latitude Sul até 5° de latitude Norte (IBGE, 2012a).

A caracterização climática de uma região, pode se dar a partir de variáveis como vegetação, relevo, temperaturas.

Existem várias maneiras para se caracterizar o clima de uma região, cada qual partindo de um pressuposto para descrever e zonedar determinado território. Por este trabalho tratar de avaliações de desempenho térmico, adota-se a classificação climática estabelecida pela NBR 15.220: “*Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*” que trás paralelamente ao zoneamento bioclimático um método específico para avaliações de desempenho térmico em habitações de interesse social (ABNT, 2005). O zoneamento definido pela NBR 15.220 (ABNT, 2005) baseou-se na homogeneidade quanto ao clima, na qual as cidades pertencentes a uma dada zona não são obrigatoriamente de um mesmo estado. Considerou-se para avaliação do clima das cidades as médias mensais das temperaturas máximas, as médias mensais das temperaturas mínimas, e as médias mensais de umidade relativa do ar.

O processo que levou a consolidação da NBR 15-220 (ABNT, 2005) iniciou-se em 1990 no I Encontro Nacional de Conforto e Ambiente Construído, onde se levantaram discussões em torno de uma possível maneira de se estruturar a análise do desempenho térmico de forma adequada ao contexto brasileiro. Já na série seguinte deste mesmo encontro, em 1993, Barbosa e Lamberts (1993) apresentaram em seu trabalho uma proposta que continha elementos a serem empregados na norma brasileira de avaliação de desempenho térmico e energético de edifícios, baseada no estudo de sete normas estrangeiras. Dentre tais elementos estavam a definição de símbolos e unidades, mecanismos para utilização de dados climáticos, procedimento para avaliação de desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares. E, uma lista com os itens a serem considerados na avaliação do desempenho térmico no desenvolvimento da Norma brasileira, sendo eles: transmitância, sombreamento, ventilação e perdas de calor.

A proposta inicial teve sequência, e resultou em recomendações baseadas e organizadas em grupos de componentes globais dentro dos limites estabelecidos, com utilização de materiais e tipologias construtivas regionais. Em 2005 entrou em vigor a NBR 15.220 que, em sua terceira parte a NBR 15.220-3: “Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social”, faz referência a todo o território brasileiro dividindo-o em oito zonas bioclimáticas, segundo características climáticas (ABNT, 2005). Seu objetivo consiste de subsidiar o desenvolvimento de avaliação de desempenho térmico na fase de projeto das habitações de interesse social. Para cada zona bioclimática, há um conjunto de recomendações técnicas e construtivas para otimizar o desempenho térmico das edificações, por meio de uma boa adequação climática (ABNT, 2005).

A Figura 8 apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, dividido em oito diferentes zonas.

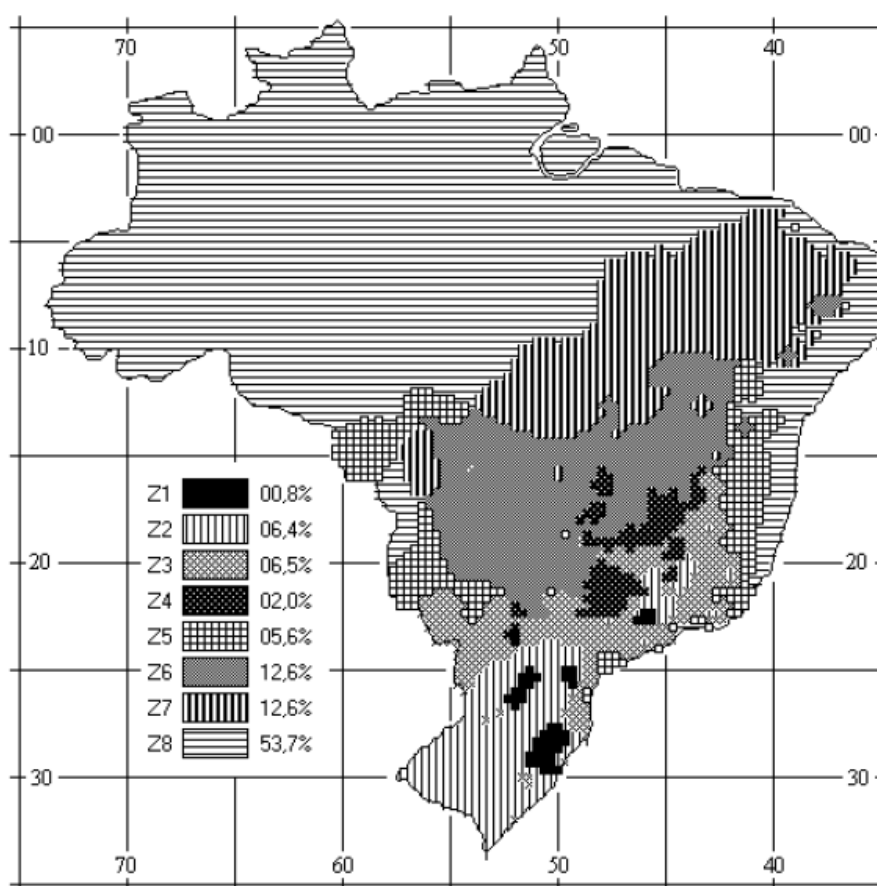


Figura 8 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro
Fonte: NBR 15.220-3, (ABNT, 2005).

2.4.1.2 Parâmetros de Desempenho Térmico

A Norma apresenta um conjunto de recomendações fornecidas pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro, que indica diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixadas (ABNT, 2005).

Para a formulação das diretrizes construtivas de cada Zona Bioclimática Brasileira e estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo foram considerados os seguintes parâmetros e condições de contorno:

- a) Tamanho das aberturas para ventilação;
- b) Proteção das aberturas;
- c) Vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- d) Estratégias de condicionamento térmico passivo.

A seguir, na Tabela 3, apresentam-se os parâmetros para as vedações externas, que serão aplicados no desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 3 – Transmitância Térmica, Atraso térmico e Fator de Calor Solar admissíveis para Vedações Externas para Zonas Bioclimáticas 1 a 8

(continuação)

Zona	Vedações externas	Transmitância térmica U W/m ² .K	Atraso térmico φ Horas	Fator de calor Solar FCS %
1	Parede: Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	FCS $\leq 5,0$
	Cobertura: Leve Isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	FCS $\leq 6,5$
2	Parede: Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	FCS $\leq 5,0$
	Cobertura: Leve Isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	FCS $\leq 6,5$
3	Parede: Leve	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	FCS $\leq 4,0$
	Cobertura: Leve Isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	FCS $\leq 6,5$
4	Parede: Leve	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	FCS $\leq 3,5$
	Cobertura: Leve Isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	FCS $\leq 6,5$

Tabela 3 – Transmissância Térmica, Atraso térmico e Fator de Calor Solar admissíveis para Vedações Externas para Zonas Bioclimáticas 1 a 8
(conclusão)

Zona	Vedações externas	Transmissância térmica U W/m ² .K	Atraso térmico φ Horas	Fator de calor Solar FCS %
5	Parede: Leve	U ≤ 3,60	φ ≤ 4,3	FCS ≤ 4,0
	Cobertura: Leve Isolada	U ≤ 2,00	φ ≤ 3,3	FCS ≤ 6,5
6	Parede: Leve	U ≤ 2,20	φ ≥ 6,5	FCS ≤ 3,5
	Cobertura: Leve Isolada	U ≤ 2,00	φ ≤ 3,3	FCS ≤ 6,5
7	Parede: Leve	U ≤ 2,20	φ ≥ 6,5	FCS ≤ 3,5
	Cobertura: Leve Isolada	U ≤ 2,00	φ ≥ 6,5	FCS ≤ 6,5
8	Parede: Leve	U ≤ 3,60	φ ≤ 4,3	FCS ≤ 4,0
	Cobertura: Leve Isolada	U ≤ 2,30 FT *	φ ≤ 3,3	FCS ≤ 6,5

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

2.4.2 NBR15.575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho

Esta Norma estabelece parâmetros para o estabelecimento de resultados de um dado sistema na sua fase de utilização delimitada a partir do estabelecimento da sua vida útil⁴, e não somente ao longo do processo de concepção e elaboração desse sistema. Ou seja, a ênfase é no resultado final que, independente do percurso que foi seguido, dado sistema deve apresentar níveis consideráveis de desempenho pré estabelecidos pela Norma (ABNT, 2008).

A sua aplicação é para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, independente dos materiais e sistemas construtivos empregados. Entretanto, alguns requisitos são também aplicados a edificações com mais de cinco pavimentos. Estes

⁴ Vida útil é o período de tempo que o edifício (ou seus sistemas) mantém o desempenho esperado, quando submetido às atividades de manutenção predefinidas em projeto (ABNT, 2008)

sistemas podem ser avaliados de forma isolada ou de forma integrada para um ou mais sistemas específicos. É composta pelas seguintes partes:

- Parte 1: Requisitos gerais
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários

O estabelecimento dos requisitos e critérios se dá a partir das exigências dos usuários quanto a segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Os requisitos e critérios estão distribuídos segundo o Desempenho estrutural; Segurança contra incêndio, Segurança no uso e na operação; Estanqueidade; Desempenho Acústico; Desempenho Lumínico; Durabilidade e Manutenibilidade; Saúde, higiene e qualidade do ar; Funcionalidade e Acessibilidade; e Conforto tátil e antropodinâmico (ABNT, 2008). Para efetivação desta pesquisa, aplica-se a exigência do usuário quanto ao Desempenho Térmico, que será abordada no item a seguir.

Quanto à classificação, essa se dá em função de padrões mínimos de segurança, saúde, higiene e economia. Apresenta três níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S). Para todos os diversos sistemas são estabelecidos níveis mínimos de desempenho (M) a serem cumpridos, e para outros os demais níveis.

Ressalta-se que entre os anos de 2008 e 2013 esta Norma passou por processo de revisão, sendo em 2013 publicada nova versão e entrada em vigor. Entretanto, para este trabalho considerou-se a versão de 2008, pois, no período de realização das avaliações deste trabalho esta versão prevalecia.

2.4.2.1 Parâmetros de Desempenho Térmico

A exigência da Norma em relação ao desempenho térmico é dada segundo a localização da edificação e sua correspondente zona bioclimática, definida segundo a NBR 15.220-3 (ABNT, 2008).

Conforme a ABNT (2008), são três os procedimentos possíveis de se utilizar na avaliação de desempenho:

Procedimento 1 – Simplificado (normativo): verificação do atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos nas NBR 15.575-4 (ABNT, 2008) e NBR 15.575-5 (ABNT, 2008), para os sistemas de vedação e para os sistemas de cobertura, respectivamente;

Procedimento 2 – Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta NBR 15.575-1 (ABNT, 2008), por meio de simulação computacional do desempenho térmico do edifício;

Procedimento 3 – Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na NBR 15.575-1 (ABNT, 2008), por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

Estes procedimentos se organizam conforme exemplo da Figura 9 a seguir. Para este trabalho, emprega-se o Procedimento 1 – Simplificado Normativo, que é descrito em seguida.

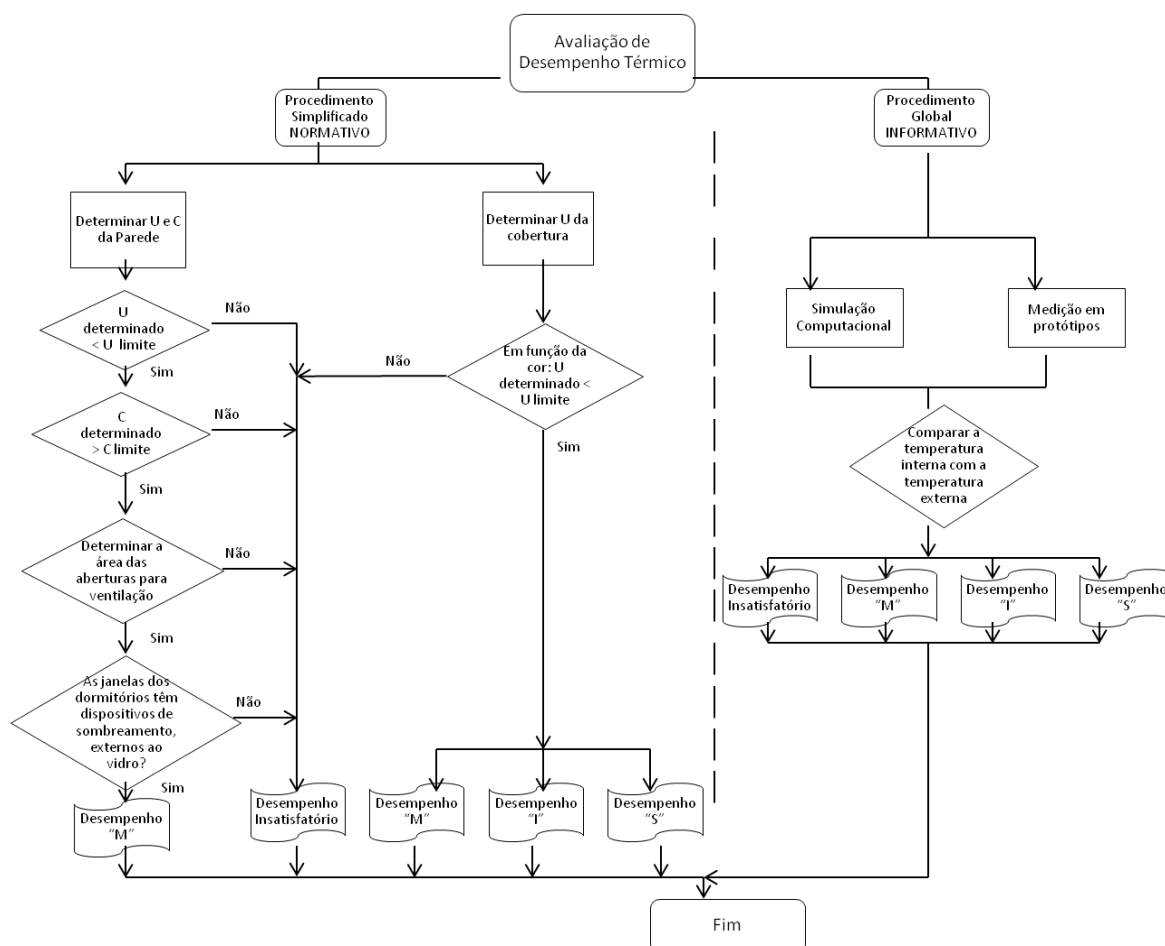


Figura 9 – Fluxograma dos Procedimentos de avaliação de desempenho térmico
Fonte: Adaptado de, NBR 15.575-1 (ABNT, 2008).

- Requisito – Adequação de paredes externas (ABNT, 2008).

As paredes devem apresentar transmitância e capacidade térmica para proporcionar um nível mínimo de acordo com a zona bioclimática que se insere.

O critério estabelece níveis máximos admissíveis de transmitância térmica, conforme a Tabela 4, a seguir.

Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8	
	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

^a α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura
 Fonte: Adaptado de, NBR 15.575 ABNT (2008).

O critério para capacidade térmica estabelece valores mínimos admissíveis para as paredes externas, conforme Tabela 5 a seguir:

Zonas 1 a 7	Zona 8
≥ 130	Sem exigência

Fonte: Adaptado de, NB5 15.575 ABNT (2008).

Tanto para transmitância quanto para capacidade térmica, há apenas o nível mínimo (M), através do cumprimento do critério.

- Requisito – Abertura para ventilação (ABNT, 2008).

Apresentar aberturas nas fachadas das habitações, com dimensões adequadas à conferir ventilação interna nos ambientes de permanência prolongada.

No critério são estabelecidos valores mínimos aceitos para dimensão das aberturas para ventilação.

Zonas 1 a 6	Zona 7	Zonas 7 e 8^a
Aberturas médias	Aberturas pequenas	Aberturas grandes
$A \geq 8$	$A \geq 5$	$A \geq 15$

Fonte: Adaptado de, NB5 15.575 ABNT (2008).

Nas zonas bioclimáticas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de vedação durante o período frio.

Tanto para transmitância quanto para capacidade térmica, o único nível para aceitação é o mínimo (M), através do cumprimento do critério.

- Requisito – Sombreamento das aberturas em paredes externas dos dormitórios (ABNT, 2008).

As aberturas externas dos dormitórios devem ser passíveis de controle da entrada de luz e calor.

O critério para sombreamento das aberturas define que estas devem possuir dispositivos para sombreamento, externos ao vidro, de forma a permitir o controle do sombreamento, ventilação e iluminação pelo usuário.

O único nível para aceitação é o mínimo (M), através do cumprimento do critério e premissas de projeto.

- Requisito – Isolação térmica da cobertura (ABNT, 2008).

Com relação à transmitância térmica e absorvância, as coberturas devem apresentar propriedades apropriadas à zona bioclimática correspondente.

O critério para transmitância térmica determina valores máximos, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – Transmitância Térmica (U) W/m²K

Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 ^a	
	$\alpha^b \leq 0,6$	$\alpha^b > 0,6$	$\alpha^b \leq 0,4$	$\alpha^b > 0,4$
$U \leq 2,3$	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3$ FV	$U \leq 1,5$ FV

^a Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não apresente forro

^b α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura

Fonte: Adaptado de, NB5 15.575 ABNT (2008).

A premissa de projeto é que em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150 Kj (m²k) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento.

O nível para aceitação é o mínimo (M), através do cumprimento do critério e premissas de projeto.

2.4.3 Selo Casa Azul

A CEF é o órgão responsável por gerir a maior parte do crédito imobiliário disponível no Brasil. No ano de 2009 foi financiado mais de R\$ 47 bilhões, o que corresponde a 71% de todo o crédito imobiliário do mercado (CAIXA, 2010).

Considerável parcela deste montante possui destinação prioritária para o setor das habitações de interesse social, de modo a contribuir para a redução do déficit habitacional bem como para o combate a precariedades das habitações localizadas em áreas de risco e aos impactos ambientais negativos causados pelas ocupações irregulares.

Através do Selo Casa Azul, pretende-se incentivar o uso racional de recursos naturais na construção de empreendimentos habitacionais, promover a redução dos custos de manutenção das edificações de modo a favorecer a conscientização dos empreendedores e usuários a favor de construções cada vez mais sustentáveis e eficientes (CAIXA, 2010).

O Selo Casa Azul é uma forma de reconhecer os projetos de empreendimentos que apresentem soluções eficientes para favorecer o uso racional de recursos naturais e aumento dos níveis de qualidade. Tais soluções devem permear as etapas de construção, uso, ocupação e manutenção das edificações.

A aplicação do Selo é para todos os empreendimentos do setor habitacional apresentados à CEF. Neste primeiro momento, a adesão dos empreendimentos para análise através do Selo é voluntária, sendo decidida pelo proponente.

A obtenção do Selo é organizada em três escalas de gradação: Ouro, Prata e Bronze, como mostra a Figura 10 a seguir. Esta escala varia conforme o cumprimento ou não de determinados critérios. Totalizam-se 53 critérios, que estão organizados em 6 categorias. Estas categorias referem-se a Qualidade Urbana; Projeto e Conforto; Eficiência Energética; Conservação de Recursos materiais; Gestão da Água e Práticas Sociais.



Figura 10 – Logomarcas do Selo Casa Azul Níveis Ouro, Prata e Bronze
Fonte: CAIXA, 2010.

2.4.3.1 Parâmetros de Desempenho Térmico

Os critérios relacionados a desempenho térmico estão organizadas ao longo da categoria 2 – Projeto e Conforto – e referem-se ao desempenho térmico das vedações e orientação ao sol e ventos.

Para o desempenho térmico das vedações, a recomendação técnica do Selo é de que os materiais utilizados nas habitações devem responder às diferenças climáticas do país, devendo corresponder às demandas de cada zona bioclimática. Devendo também ser feita a verificação junto aos parâmetros da NBR 15.575 (ABNT, 2008) e NBR 15.220 (ABNT, 2005). Os parâmetros se referem à transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica das paredes internas, externas, e cobertura e são apresentados na Tabela 8 a seguir:

Zonas Bioclimáticas	Paredes Externas		Paredes Internas	Cobertura
	Transmitância Térmica (U) W/m ² .K	Capacidade Térmica (CT) KJ/m ² .K	Capacidade Térmica (CT) KJ/m ² .K	Transmitância Térmica (U) W/m ² .K
1				U ≤ 2,3
2	U ≤ 2,5			
3				U ≤ 2,3 se α ≤ 0,6
4				ou U ≤ 1,5 se α > 0,6
5		CT ≥ 130	CT ≥ 130	
6	U ≤ 3,7 se α < 0,6			U ≤ 2,3 se α ≤ 0,4
7	ou U ≤ 2,5 se α ≥ 0,6			ou U ≤ 1,5 se α > 0,4
8		sem exigências	sem exigências	U ≤ 2,3 FV se α ≤ 0,4 ou U ≤ 1,5 FV se α > 0,4

Legenda:

α - Absortância Solar a radiação FV - Fator de Ventilação

Fonte: Adaptado de, Selo Azul. Boas Práticas para Habitação mais sustentável (CAIXA, 2010).

2.4.4 Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R

O RTQ-R foi aprovado e publicado pela Portaria do Inmetro nº449, de 25 de novembro de 2010. Foi revisado em 2012, conforme Portaria do Inmetro nº18, de 16 de janeiro de 2012. O RTQ-R (BRASIL, 2012a) classifica as edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares quanto à eficiência energética através da especificação de requisitos técnicos e métodos (BRASIL, 2012a). Essa classificação permite a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE do PBE. São emitidas duas ENCEs, uma para o projeto e a outra para a edificação construída. O caráter do RTQ-R (BRASIL, 2012a) é voluntário para as edificações novas e existentes, mas será obrigatório em 2030 (BRASIL, 2007).

Os critérios para classificação de residências estão agrupados segundo as tipologias da edificação: unidades habitacionais autônomas – UHs, edificações unifamiliares, edificações multifamiliares e áreas de uso comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais. Interessa para o presente trabalho os critérios estabelecidos para UHs unifamiliares (BRASIL, 2012a).

A edificação é classificada segundo requisitos da envoltória, pré-requisitos, sistema de aquecimento de água e bonificações. Para todos os requisitos há um nível de classificação que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), conforme a Tabela 9 e Tabela 10 a seguir. Também a seguir, na Figura 11 e Figura 12 têm-se a ENCE, para cada zona bioclimática.

Tabela 9 – Equivalente Numérico para cada Nível de Eficiência

Nível de Eficiência	EquNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

Tabela 10 – Equivalente Numérico para cada nível de Eficiência de acordo com a Pontuação obtida

Nível de Eficiência	Pontuação (PT)
A	$PT > 4,5$
B	$3,5 \leq PT < 4,5$
C	$2,5 \leq PT < 3,5$
D	$1,5 \leq PT < 2,5$
E	$PT < 1,5$

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).



Figura 11 – Modelo ENCE de Projeto da Unidade Habitacional Autônoma para as Zonas Bioclimáticas de 1 a 4
Fonte LABEEE, 2013b.



Figura 12 – Modelo ENCE de Projeto da Unidade Habitacional Autônoma para as Zonas Bioclimáticas 5 a 8
Fonte LABEEE, 2013b.

O estudo de caso deste trabalho será avaliado com relação ao desempenho térmico devendo ser verificados os procedimentos do RTQ-R para eficiência da envoltória. Sendo eles: pré-requisitos, método prescritivo e método de simulação.

2.4.4.1 Pré – Requisitos da Envoltória

A seguir serão descritos os critérios para verificação do nível de eficiência energética das UHs. Para cada critério é estabelecido um conjunto de pré-requisitos específicos a cada zona bioclimática. Os requisitos relativos à ventilação natural e iluminação natural serão verificadas no caso do RTQ-R, por serem necessárias à classificação segundo o método prescritivo e de simulação.

- Envoltória

Os pré-requisitos da envoltória (paredes externas e cobertura) nas UHs devem ser avaliados em cada ambiente. O não atendimento aos pré-requisitos implica em nível máximo C nos equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração.

Tabela 11 – Pré-Requisitos de Absortância Solar, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas

Zona Bioclimática	Componente	Absortância Solar (α) adimensional	Transmitância Térmica (U) W/m ² .K	Capacidade Térmica (CT) KJ/m ² .K
ZB 1 e ZB 2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência
ZB 3 a ZB 6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB 7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB 8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

- **Ventilação Natural**

Para ventilação natural tem-se que os ambientes de permanência prolongada devem dispor de um percentual mínimo de abertura para ventilação. O não cumprimento a este pré-requisito implica em um nível máximo C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento.

Tabela 12 – Percentual de Áreas Mínimas para Ventilação

Ambiente	Percentual de abertura em relação à área de piso (A)		
	(%)		
	ZB 1 a ZB 6	ZB 7	ZB 8
Ambiente de permanência prolongada	$A > 8$	$A > 5$	$A > 10$

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

Nas zonas bioclimáticas de 2 a 8 a UH deve possuir ventilação cruzada, proporcionada pelas aberturas externas e internas. As aberturas devem possuir proporção conforme a equação (1), apresentada a seguir. As portas de acesso principal e de serviço não são consideradas como abertura para ventilação. O não atendimento a tais condições de ventilação cruzada implica em, no máximo, nível C nos equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento.

$$A_2 / A_1 \geq 0,25 \quad (1)$$

Onde:

A₁: Somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura.

A₂: Somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações.

- Iluminação Natural

Os ambientes de permanência prolongada devem possuir uma ou mais aberturas para o exterior, de modo a garantir o acesso à iluminação natural. O não atendimento implica em no máximo nível C nos equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração.

Tabela 13 – Percentual de Áreas Mínimas para Iluminação em relação à Área Útil do Ambiente

Ambiente	Percentual de abertura para iluminação em relação à área de piso (A) (%)
	ZB 1 a ZB 8
Ambiente de permanência prolongada	A>12,5%

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

Para o cálculo da área de ventilação natural e iluminação natural o RTQ-R apresenta uma Tabela com os descontos de esquadrias (em %) a serem feitos conforme o tipo de esquadria. Esta Tabela se encontra no ANEXO B: “RTQ-R – Tabela de Desconto das Esquadrias”.

2.4.4.2 Procedimento para Determinação da Eficiência da Envoltória: Método Prescritivo

A determinação da eficiência da envoltória é dada por seu equivalente numérico (EqNumEnv), estabelecido por meio de equações conforme as zonas bioclimáticas.

O procedimento para avaliação do desempenho da envoltória utilizado para o cálculo da pontuação geral da UH deve ser o referente à eficiência quando

naturalmente ventilada e após a verificação cumprimento dos pré-requisitos, descritos no subitem anterior. Esse procedimento refere-se ao cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento; consumo relativo para aquecimento; determinação dos equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento e, por fim, a determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma. O procedimento para verificação da eficiência quando condicionada artificialmente, mesmo devendo ser realizado quando a edificação for ventilada naturalmente, não será aplicado a este trabalho por ser apenas informativo e não é necessário no cálculo final para desempenho da envoltória.

Sendo assim o procedimento para verificação da eficiência da envoltória deve ser feito para os ambientes de permanência prolongada da UH. Em sequencia devem ser verificados os pré-requisitos (envoltória, ventilação e iluminação) para cada ambiente, cálculo do indicador de graus hora para resfriamento por ambiente, consumo relativo para aquecimento por ambiente e em seguida ambos ponderados pela área útil de cada ambiente para se encontrar o valor referente à UH. E, por fim deve ser determinado o equivalente numérico da envoltória da UH.

Os pré-requisitos da envoltória devem ser analisados em seu cumprimento ou descumprimento, pois como visto ao longo do item anterior, interferem na classificação do equivalente numérico da UH.

Para a determinação dos graus hora para resfriamento são prescritas equações para todas as zonas, já para o consumo relativo para aquecimento são prescritas equações somente para as zonas de 1 a 4. Estas equações são compostas por um conjunto de variáveis e constantes, que têm seu conteúdo completo no ANEXO C deste trabalho: “RTQ-R – Cálculo do Indicador de Graus – Hora para Resfriamento e Cálculo do Consumo Relativo para Aquecimento”.

As equações para determinação do equivalente numérico da envoltória da UH são apresentadas a seguir, segundo a zona em que a UH se encontra. Ressalta-se que estas equações aplicam-se também para a determinação do equivalente numérico da UH quando se emprega o método de simulação.

- Zona Bioclimática 1, conforme equação (2)

$$EqNumEnv = 0,08 \times EqNumEnv_{Resf} + 0,92 \times EqNumEnv_A \quad (2)$$

- Zona Bioclimática 2, conforme equação (3)

$$EqNumEnv = 0,44 \times EqNumEnv_{Resf} + 0,56 \times EqNumEnv_A \quad (3)$$

- Zona Bioclimática 3, conforme equação (4)

$$EqNumEnv = 0,64 \times EqNumEnv_{Resf} + 0,36 \times EqNumEnv_A \quad (4)$$

- Zona Bioclimática 4, conforme equação (5)

$$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumEnv_{Resf} + 0,32 \times EqNumEnv_A \quad (5)$$

- Zonas Bioclimáticas 5 a 8, conforme equação (6)

$$EqNumEnv = EqNumEnv_{Resf} \quad (6)$$

2.4.4.3 Procedimento para Determinação da Eficiência da Envoltória: Método de Simulação

A determinação do desempenho da envoltória é dada também pelo método de simulação computacional. Este método prescreve as condições para modelagem da edificação e características mínimas do software a ser utilizado, as características do arquivo climático e determina condições para a modelagem da envoltória e padrões de uso da edificação (ocupação, iluminação, taxas metabólicas). A modelagem da edificação quando condicionada artificialmente é essencial para a determinação do consumo relativo para aquecimento nas cidades das zonas bioclimáticas 1 a 4.

Para aplicação do método de simulação devem ser verificados os pré-requisitos de ventilação natural e iluminação natural, e pré-requisitos específicos que se referem ao programa de simulação e arquivo climático. Para o programa de simulação tem-se que este deve ser um programa para análise do consumo de energia em edifícios; ser verificado segundo a ASHRAE Standart 140 – 2004 (2004) *apud* Brasil (2012a); modelar 8.760 horas por ano; modelar variações horárias de ocupação, potências instaladas; sistema de ventilação natural e artificial para cada dia da semana e feriados; efeitos de inércia térmica e multi-zonas térmicas; capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto; determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar; produzir relatórios horários das trocas de ar e das infiltrações e relatórios horários do uso final de energia. Para o arquivo climático, estabelece-se que este deve fornecer valores horários para todos os parâmetros relevantes, requeridos pelo programa de simulação, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar; os dados climáticos devem se referir a zona bioclimática onde o projeto sob avaliação será locado e, caso o local do projeto não possua arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma região próxima que possua características semelhantes; utilizar arquivos climáticos disponibilizados pelo *Department of Energy* – DOE ou os arquivos climáticos

publicados no domínio www.procelinfor.com.br/etiquetagem_edificios em formatos tais como TRY e TMY.

Segundo o RTQ-R (BRASIL, 2012a), o método de avaliação para edificação naturalmente ventilada deveria comparar os indicadores de graus-hora de resfriamento (G_{HR}) dos ambientes de permanência prolongada da UH com os níveis estabelecidos nas Tabelas de classificação de cada arquivo climático, disponibilizadas pelo Procelinfo (2012b) (no domínio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios). Entretanto, por recomendação do LABEEE (2013a), as Tabelas de classificação disponibilizadas pelo Procelinfo (2012b), devem ser desconsideradas, e empregadas as mesmas Tabelas de classificação prescritas para o método prescritivo.

A partir dos valores obtidos na simulação para indicador de graus hora e consumo relativo para aquecimento, determina-se o equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento e aquecimento de cada ambiente de permanência prolongada da UH, conforme o prescrito nas Tabelas para classificação de cada zona bioclimática através do método prescritivo contidas ANEXO C: “RTQ-R – Método Prescritivo (UH): Cálculo do Indicador de Graus-Hora para Resfriamento e Cálculo do Consumo Relativo para Aquecimento”. Em seguida é feita a ponderação pelas áreas de cada ambiente para determinação do equivalente numérico da envoltória.

As equações para determinação do equivalente numérico da envoltória da UH são as mesmas apresentadas para determinação quando se emprega o método prescritivo (equações (2) a (6) do item 2.4.4.2).

- Procedimentos para Avaliação da Edificação Naturalmente Ventilada

Neste método são estabelecidas as condições para o cálculo do indicador de graus-hora, em que a temperatura operativa horária deve ser calculada por meio da simulação computacional ou da equação (7) a seguir.

$$T_o = A \cdot T_a + (1-A) \cdot T_r \quad (7)$$

Onde:

T_o : temperatura operativa horária (°C);

T_a : temperatura do ar no ambiente (°C);

T_r : temperatura radiante média (°C);

A: constante que varia com a velocidade do ar no ambiente (V_{AR} , em m/s), conforme:

$A = 0,5$ para $V_{AR} \leq 0,2$ m/s;

$A = 0,6$ para $0,2$ m/s < $V_{AR} \leq 0,6$ m/s;

$A = 0,7$ para $0,6$ m/s < $V_{AR} \leq 1,0$ m/s.

Sendo que na ausência dos dados relacionados à velocidade do ar no ambiente deve ser considerado o coeficiente de $A = 0,5$ para a equação (6).

Tem-se que a temperatura base para cálculo dos graus hora de resfriamento é de 26°C . O cálculo do indicador de graus-hora de resfriamento para a temperatura operativa horária de cada ambiente de permanência prolongada deve ser feito conforme a equação (8) a seguir.

$$GH_R = \sum (T_O - 26^{\circ}\text{C}) \quad (8)$$

Onde:

GH_R : indicador de graus-hora para resfriamento;

T_O : temperatura operativa horária ($^{\circ}\text{C}$).

Na Tabela 14 a seguir são apresentados os valores para determinados coeficientes necessários ao processo de modelagem do sistema.

Tabela 14 – Coeficientes do Sistema de Ventilação Natural	
Coeficientes	Valores
Rugosidade do Entorno (α)	0,33
Descarga (C_D)*	0,60
Fluxo de Ar por Frestas (C_Q)*	0,001 Kg/s.m
Expoente de Fluxo de Ar (n)	0,65

*Valores para portas e janelas retangulares. Para outros formatos, pode-se usar outros valores que devem ser justificados.

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

Dentre as condições para modelagem do sistema de ventilação natural, tem-se que todos os ambientes da UH que possuem janelas deve ser modelados, e as portas e janelas devem possuir as mesmas coordenadas cartesianas do projeto.

Os coeficientes de pressão superficial podem ser estimados através de experimentos em túnel de vento, bancos de dados de medições em túnel de vento ou calculados pelas equações do RTQ-R (BRASIL,2012a), que estimam os coeficientes de pressão médios das superfícies de edificações baixas e altas, respectivamente. As bases de dados de coeficientes de pressão recomendadas são *Pressure Database*, *Cp Generator* e o *CPCALC +*.

Para o padrão de uso da ventilação natural, este pode ser estabelecido através da estratégia de controle automático, temperatura, entalpia ou controle por períodos determinados, através de padrões horários. O controle automático por temperatura é

realizado através de um padrão de uso de temperatura que controla a abertura das janelas, a qual habilita a abertura quando em uma das duas condições a seguir:

$$T_{\text{int}} \geq T_{\text{termostato}} \quad \text{Ou} \quad T_{\text{int}} \geq T_{\text{ext}}$$

Onde:

T_{int} : temperatura interna;

$T_{\text{termostato}}$: temperatura de termostato de 20°C;

T_{ext} : temperatura externa.

Para o padrão de ocupação, estabelece-se o mínimo de duas pessoas por ambiente, devendo a sala ser utilizada por todos os usuários dos dormitórios. Deve ser modelado um padrão para os dias de semana e outro para os fins de semana, conforme prescrito pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a)

Tabela 15 – Taxas Metabólicas de Atividades

Ambiente	Atividade Realizada	Calor	Calor Produzido para área de
		Produzido (W/m ²)	pele = 1,80 m ² (W)
Sala)	Sentado ou	60	108
	Assistindo TV		
Dormitórios	Dormindo ou	45	81
	Descansando		

Nota: Para a cozinha, se for ocupada por mais de uma pessoa, somente uma estará com taxa metabólica de 95 W/m², os demais ocupantes com 60 W/m².

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

As taxas metabólicas produzidas para cada atividade variam conforme o ambiente. Os valores são baseados na ASHRAE *Handbook of Fundamentals* (2009), *apud* Brasil (2012a) e estão apresentados na Tabela 15, anterior.

Para a iluminação, estabelece-se que a modelagem deve ser feita para os ambientes de permanência prolongada. Deve ser modelado um padrão para os dias de semana e outro para os fins de semana.

As densidades de potência para os ambientes de permanência prolongada e cargas internas de equipamentos, devem ser modelados conforme o prescrito na Tabela 16 e Tabela 17 respectivamente.

Tabela 16 – Densidade de Potência Instalada de Iluminação

Ambiente	DPI (W/m ²)
Dormitórios	5,0
Sala	6,0

Tabela 17 – Cargas Internas de Equipamentos

Ambiente	Período	Potência (W/m ²)
Sala	24	1,5

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

A temperatura média do solo para cada mês do ano deve ser calculada para a UH que possuir piso em contato com o solo. Esta temperatura deve ser calculada com base nos valores médios das temperaturas internas e externas da edificação, conforme o clima que será simulado. Sendo que nas simulações do método prescritivo do Manual, utilizou-se o programa *Slab*, que é vinculado ao software de simulação termo-energética *EnergyPlus*.

- Procedimentos para Avaliação da Edificação Condicionada Artificialmente

Este método será aplicado para verificação do consumo relativo para aquecimento, conforme prescrito no RTQ-R (2012a), nas zonas bioclimáticas de 1 a 4.

Para modelagem, estabelece-se que haverá sistema de condicionamento de ar em todos os ambientes de permanência prolongada, em que deve ser adotado o mesmo padrão em sala e dormitórios. A temperatura de termostato de refrigeração é de 24°C e o de aquecimento de 22°C.

Na Tabela 18 a seguir são apresentados os valores para determinados coeficientes necessários ao processo de modelagem do sistema.

Tabela 18 – Coeficientes do Sistema de Ventilação Natural

Coeficientes	Valores
Fluxo de ar por Pessoa	0,00944 m ³ /s
Modo de Operação do Ventilador	Contínuo
Eficiência do Ventilador	0,7
Eficiência do Motor	0,9
Calor retirado do Ambiente / Energia Consumida pelo Equipamento	3,00 W/W
Calor fornecido ao Ambiente / Energia Consumida pelo Equipamento	2,75 W/W
Número Máximo de horas não atendidas pelo Sistema de Condicionamento	10%

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

Com relação ao padrão de uso do condicionamento artificial estabelece-se o período de 21hs as 8hs. No restante do dia, das 9:00 às 20:00, será ventilada naturalmente conforme as condições indicadas no Procedimento para Avaliação da Edificação Naturalmente Ventilada.

2.5 Simulação Computacional: Software *Energy Plus*

O advento da simulação computacional para edifícios representou uma mudança de paradigma no processo de concepção de projeto, pois a análise prévia de vários parâmetros possibilitou que maior eficiência às edificações quanto à qualidade e custos (CLARK, 2001).

Segundo informações do diretório de ferramentas do DOE⁵ atualmente estão disponíveis 406 softwares para simulação de edifícios (DOE, 2012a). O DOE apresenta esses softwares organizados em nove categorias organizadas por área de aplicação. Na categoria de simulação de energia estão distribuídos 140 softwares para análise de desempenho, dentre eles o *EnergyPlus*.

O *EnergyPlus* é uma ferramenta validada pela ANSI/ASHRAE Standard 140-2011 para cálculo do consumo energético de edificações, sendo disponibilizado gratuitamente pelo DOE a versão 7.2.0 (DOE, 2012b). O Programa foi desenvolvido a partir da fusão dos programas DOE-2 e BLAST, aliada à possibilidade de análise de novos elementos e tecnologias da atualidade, até então impossibilitadas de serem incorporadas para simulação energética nos dois programas por serem mais antigos.

É possibilitada pelo Programa a simulação energética anual, o que favorece uma avaliação do comportamento da edificação ao longo das várias estações, bem como entre regimes de ocupação diversos, como, por exemplo, meses de trabalho e férias.

Para efetivação da simulação é necessária a modelagem e caracterização da edificação no Programa no que corresponde à localização geográfica, orientação solar, cargas térmicas internas, entorno, ciclos e sistemas de iluminação, ventilação e ocupação. Enfim, todos os elementos que interferem no consumo energético de um edifício. As simulações são baseadas em arquivos climáticos da cidade ou região em que a edificação se situa, sendo então necessário verificar a já disponibilidade ou criação do correspondente a uma dada edificação.

⁵ DOE é o departamento do governo dos Estados Unidos responsável pela política energética e de segurança nuclear. Patrocina este diretório como uma forma de tornar acessível a avaliação da eficiência energética em edificações e a elaboração de novas estratégias para racionalização do consumo energético em edificações (DOE, 2012a).

A modelagem da edificação pode ser feita tanto no próprio *EnergyPlus*, como através de um plug-in do *OpenStudio* incorporado ao programa de modelagem tridimensional *Google SketchUp*. Com este plug-in é possível criar e editar a geometria da edificação, bem como realizar uma simulação energética (DOE, 2012b). É uma forma mais simples para a modelagem, visto a facilidade encontrada na interface do *Google SketchUp*.

Para efetivação da simulação, o edifício deve ser modelado a partir de zonas com todas as características que interferem no consumo energético de uma dada área da edificação. Ou seja, geralmente as zonas se referem a um ou mais ambientes da edificação que apresentam características comuns quanto a materiais, orientação solar, cargas internas e todas as demais anteriormente descritas.

O *EnergyPlus* calcula o consumo energético da edificação a partir de todas essas informações fornecidas, sendo possível avaliar esse consumo nas diversas zonas ou na edificação como um todo.

3 MÉTODO

O Método aplicado para desenvolvimento deste trabalho consiste em seis processos, como demonstra a Figura 13. A partir das informações e identificação da produção em série de habitações para cumprimento das metas do PMCMV, definiu-se o estudo de caso (unidade habitacional e sistemas construtivos) e os procedimentos e análises a serem efetuados em torno deste. Dessa forma, foram realizadas avaliações por meio de três etapas. A primeira etapa consiste em quatro procedimentos, sendo eles: avaliação segundo estabelecido para desempenho térmico de envoltórias (parede e cobertura) da NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) e NBR 15.575 (ABNT, 2008); avaliação segundo o estabelecido para desempenho térmico de vedações do Selo Casa Azul (CAIXA, 2010); e, avaliação dos pré-requisitos da envoltória de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies do RTQ-R (BRASIL, 2012a). A segunda etapa consiste na avaliação das envoltórias segundo Método Prescritivo do RTQ-R (BRASIL, 2012a). A terceira etapa consiste na simulação computacional da unidade habitacional, para avaliação das envoltórias conforme o método de simulação prescrito pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a). Ao final, foram apresentados todos os dados e informações gerados seguidos de discussão acerca dos resultados bem como diretrizes a serem aplicadas em trabalhos futuros.

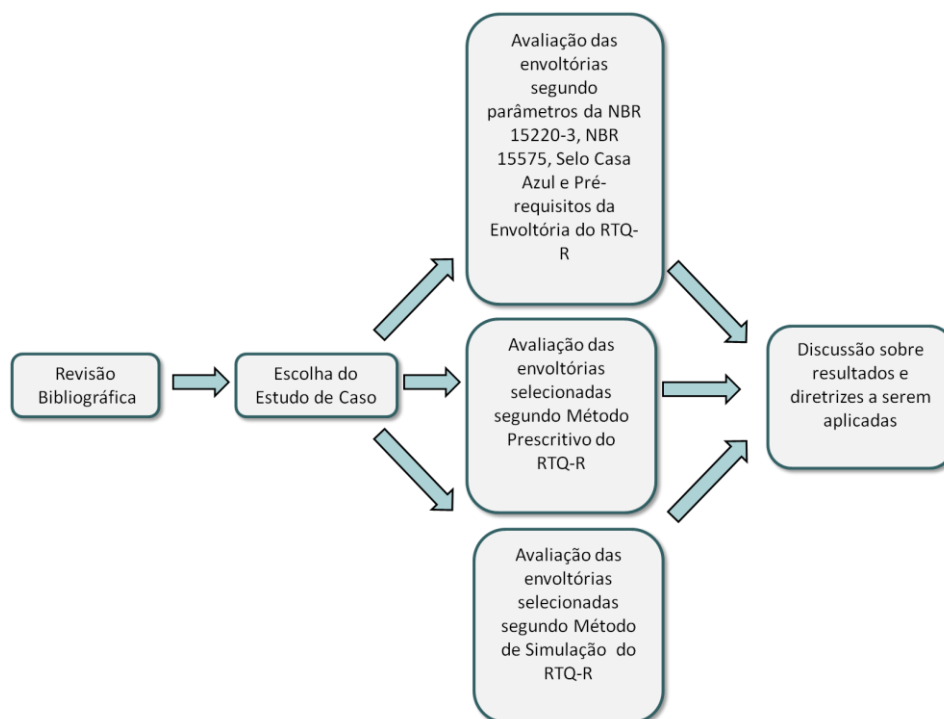


Figura 13 – Fluxograma Ilustrativo sobre as Etapas do Método desenvolvido

3.1 Escolha do Estudo de Caso

A escolha de uma unidade habitacional unifamiliar comumente edificada por uma das instâncias do PMCMV é uma forma de avaliar o que de fato está sendo produzido e, identificar através da avaliação de desempenho térmico pontos determinantes para novas estratégias e ações, no que se referem à tipologia, sistemas construtivos e localização no sítio.

Sendo assim, esta pesquisa se encaixa na terceira definição tipológica de Bruyne (1982) para estudos de caso. Nesta definição, estão os estudos de caso que possuem um objetivo prático e utilitário, seja por objetivar ou estabelecer o diagnóstico de uma organização ou avaliá-la, seja pela prescrição de uma terapêutica ou mudança.

3.2 Definição da Unidade Habitacional

A escolha da unidade habitacional para o estudo de caso baseou-se no princípio de que esta deveria ser representativa do universo de habitações produzidas pelo PMCMV com recursos do FAR e que atendesse às Especificações Mínimas (Caixa, 2012b) estabelecidas por essa vertente do Programa.

Para este trabalho é relevante as especificações mínimas contidas em na Tabela 19 e Tabela 20 a seguir. As demais especificações para os outros grupos estão contidas no ANEXO A: “Programa Minha Casa Minha Vida / FAR – Especificações Mínimas para Construções de Casas” (CAIXA, 2012b).

Tabela 19 – Dimensões dos Cômodos

Dormitório Casal	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
Dormitório duas pessoas	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações mínimo de 0,50 m.
Cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,60 m. Quantidade mínima: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
Sala de Estar / Refeições	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m).

Fonte: Adaptado de, Caixa (2012b).

Tabela 20 – Características Gerais

Área útil (área interna sem contar áreas de paredes)	32,00 m ²
Pé direito mínimo	Observar a orientação municipal vigente ou adotar as dimensões mínimas previstas na Norma de Desempenho quando o município não regulamentar o assunto.
Cobertura	Em telha cerâmica/concreto com forro ou de fibrocimento (espessura mínima de 5mm) com laje, sobre estrutura de madeira ou metálica.
Revestimento Interno	Massa única, gesso (exceto banheiros, cozinhas ou áreas de serviço) ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Externo	Massa única ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Áreas Molhadas	Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço.
Revestimentos Áreas Comuns	Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura.
Portas e Ferragens	Portas internas em madeira. Admite-se porta metálica no acesso à unidade. Portas externas de 0,80m x 2,10m. Portas dos banheiros e dos quartos com largura de 0,80m para o caso de unidades adaptadas para portadores de necessidades especiais.
Janelas	Completa, de alumínio para regiões litorâneas (ou meios agressivos) e de aço para demais regiões.
Pisos	Cerâmica esmaltada em toda a unidade, com rodapé.
Ampliação da UH	Os projetos deverão prever a ampliação das casas

Fonte: Adaptado de, Caixa (2012b).

Assim, a unidade habitacional definida apresenta 32,00 m² de área útil interna, que contemplam cinco cômodos e área de serviço externa, sendo eles: dois quartos, sala, cozinha e banho. Conceitualmente, é uma habitação planejada para abrigar uma família de quatro membros, formada por marido, esposa e dois filhos.

As características espaciais da unidade habitacional estão apresentadas na Figura 14 e Tabela 21.

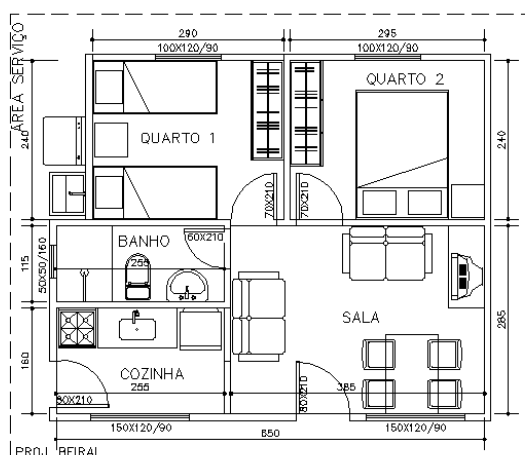


Figura 14 – Planta da Unidade Habitacional com Dimensões Internas dos Ambientes – sem escala

Tabela 21 – Características Espaciais

Área útil (m ²)	Área Construída (m ²)	Área da Envoltória (m ²)
32,00	35,81	66,56

Para efetuar os cálculos das informações da Tabela 21, considerou-se a unidade habitacional com paredes internas e externas de 10 cm de espessura. Adotou-se este padrão de espessura que é um valor próximo das várias espessuras que uma parede pode apresentar dependendo do seu sistema construtivo. A área útil refere-se à área interna da unidade, descontando-se todas as paredes, enquanto para o cálculo da área construída, as paredes são consideradas. A área da envoltória é a soma da área das paredes externas, inclusive as aberturas.

Tabela 22 – Características das Aberturas

Abertura	Janela 1	Janela 2	Janela 3	Porta 1	Porta 2	Porta 3
Descrição						
Sistema	Correr – 2 folhas	Correr – 2 folhas	Máximo Ar – 1 folha	Abrir – 1 folha	Abrir – 1 folha	Abrir – 1 folha
Material	Esquadria em aço com vidro simples 3 mm	Esquadria em aço com vidro simples 3 mm	Esquadria em aço com vidro simples 3 mm	Madeira	Aço	Aço
Dimensão (m)	1,00x1,20	1,50x1,20	0,50x0,50	0,70x2,10	0,80x2,10	0,60x2,10
Área Total (m²)	1,20	1,80	0,25	1,47	1,68	1,26
Área Iluminação Natural (m²)	0,96	1,44	0,20	-	-	-
Área Ventilação Natural (m²)	0,54	0,81	0,20	-	-	-

Obs: Os valores de iluminação natural e ventilação natural para as portas só será considerado se estas estiverem abertas. Quando dessa situação, deve-se considerar a área de iluminação natural e ventilação natural igual a área total.

As características das aberturas (janelas e portas) são descritas por ambiente na Tabela 22 anterior, e também correspondem ao estabelecido pelas Especificações Mínimas (CAIXA, 2012b).

Para o cálculo da área de iluminação e ventilação natural das aberturas descritas na Tabela 22 empregaram-se os percentuais de descontos sugeridos pelo RTQ-R, conforme apresentado no ANEXO B: “RTQ-R – Tabela de Desconto das Esquadrias”. Sendo assim, considerou-se para as janelas de correr 80% do vão da abertura para iluminação natural e 45% da abertura para ventilação natural. E, para a janela máximo-ar 80% do vão da abertura para iluminação natural e ventilação natural.

3.3 Definição do Local para Avaliação da Unidade Habitacional

Optou-se para realizar a avaliação do estudo de caso nas oito zonas bioclimáticas, proposta pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), pois, todos os instrumentos regulamentadores referenciados por este trabalho têm suas prescrições referenciadas conforme a subdivisão proposta por essa Norma.

Escolheu-se que cada zona bioclimática seria representada por uma cidade classificada pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), conforme a Tabela 23 a seguir. Para isso, optou-se pelas cidades que serviram como base para desenvolvimento do método prescritivo e do método de simulação do RTQ-R (BRASIL, 2012a). Entretanto, para a cidade representativa da zona bioclimática 5, escolheu-se apenas segundo a classificação da NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), visto que o Relatório Técnico da Base de Simulações para o RTQ-R (SORGATO, 2011) não faz referência a esta zona.

Tabela 23 – Zonas Bioclimáticas e Cidades Escolhidas

Zona Bioclimática	Estado	Cidade	Latitude / Longitude
1	Paraná	Curitiba	-25.43 / -49.27
2	Rio Grande do Sul	Santa Maria	-29.68 / -53.81
3	Santa Catarina	Florianópolis	-27.60 / -48.55
4	Distrito Federal	Brasília	-15.78 / -47.93
5	São Paulo	Santos	-23.57 / -46.20
6	Mato Grosso do Sul	Campo Grande	-20.44 / -54.65
7	Mato Grosso	Cuiabá	-15.62 / -56.00
8	Bahia	Salvador	-12.97 / -38.51

3.4 Definição do Sistema Construtivo da Unidade Habitacional

A unidade habitacional será avaliada para os sistemas de parede e cobertura mais tipicamente empregados pelo PMCMV na construção de habitações de interesse social unifamiliar. Segundo informações da CEF concedidas através de Quinto (2012), os sistemas construtivos usualmente empregados são os descritos no Manual “Selo Azul. Boas Práticas para Habitação mais sustentável”, que estão contidos junto ao Capítulo 2: Projeto e Conforto (CAIXA, 2010).

Para o sistema de parede são descritos 15 tipos. No entanto, segundo Quinto (2012) deve ser considerado mais um tipo que o Manual não descreve, mas que é amplamente utilizado que é o de paredes de concreto moldadas *in loco*. Basicamente as paredes descritas são compostas por blocos de tijolo cerâmico e concreto, que podem possuir ou não revestimento interno e externo, que poderá ser em gesso ou argamassa (CAIXA, 2010).

Para o sistema de cobertura são descritos 12 tipos. São compostos por telha cerâmica e fibrocimento com forro ou laje. O forro pode variar entre PVC, gesso ou madeira e, a laje maciça ou pré-moldada (CAIXA, 2010). Entretanto, optou-se por avaliar também as coberturas com telha de concreto, com os mesmos forros que o Manual descreve para as telhas cerâmicas. Essa decisão deve-se ao fato de que é notória a utilização no país e de fácil aquisição no território nacional.

A descrição detalhada de todos os sistemas de parede e cobertura pode ser verificada no ANEXO D: “Selo Casa Azul – Tipologias Construtivas de Parede e Cobertura”, que contem todos os tipos de parede e cobertura, com seus respectivos componentes e dimensões, que o Manual descreve. No entanto, que geralmente se observa nos canteiros de obras, é que a dimensão de espessura do gesso – 2,0 cm – é consideravelmente maior que a observada quando se emprega mecanismos de aplicação mecânicos como o da projeção. Bem como o raro emprego de laje maciça quando se usa telha de fibrocimento. Entretanto, como o método deste trabalho prevê uma análise a partir de informações da CEF, não serão apuradas a relação de tais informações com o observado na prática.

Para desenvolvimento deste trabalho, selecionou-se dentre esses sistemas construtivos de parede e cobertura os que cumpriam com as Especificações Mínimas do PMCMV para a unidade habitacional em questão, no que se refere à “Dimensões dos Grupos” e “Características Gerais”, conforme apresentado no item 2.2. Assim, foram definidos grupos para os sistemas de paredes e coberturas. Tratou-se por uma sigla XY, na qual, X se refere ao componente (C=cobertura ou P=parede) e Y ao sistema construtivo (número para cada sistema). Os grupos definidos para o sistema de cobertura serão verificados também quando na presença de lâmina de alumínio

sob as telhas. E, quando dessa situação a sigla do grupo será acrescida do símbolo asterisco, ficando XY*. A Tabela 24 e Tabela 25 a seguir apresentam os grupos e suas correspondentes descrições, que conformam um total de 7 grupos de parede e 5 de cobertura.

Tabela 24 – Sistema de Paredes

(continuação)

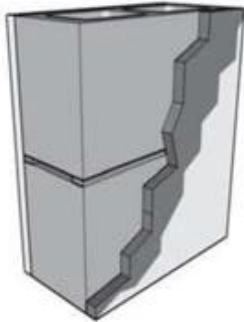
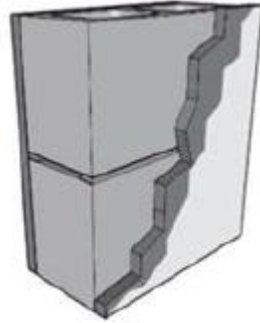
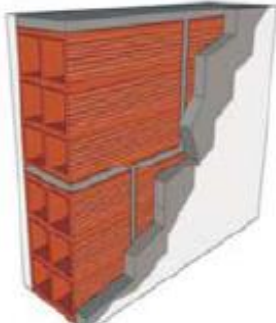
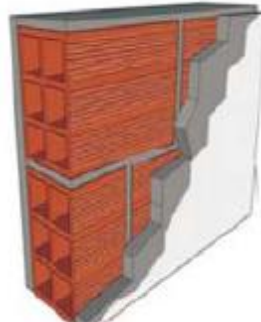
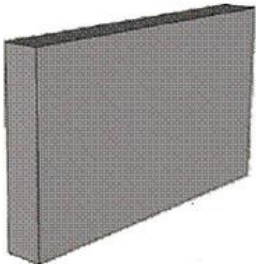
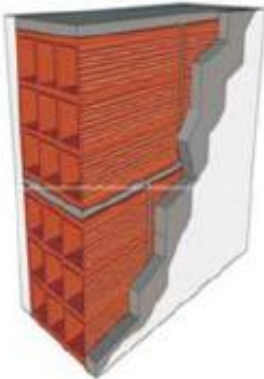
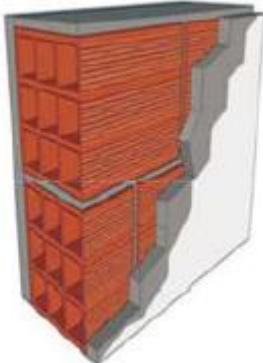
Grupo	Material	Dimensões	Ilustração
P1	Pintura Externa	-	
	Argamassa Externa	2,5 cm	
	Bloco de Concreto	9,0x19,0x39 cm	
	Gesso Interno	2,0 cm	
P2	Pintura Externa	-	
	Argamassa Externa	2,5 cm	
	Bloco de Concreto	9,0x19,0x39 cm	
	Argamassa Interna	2,5 cm	
P3	Pintura Externa	-	
	Argamassa Externa	2,5 cm	
	Bloco Cerâmico	9,0x14,0x24,0 cm	
	Gesso Interno	2,0 cm	
P4	Pintura Externa	-	
	Argamassa Externa	2,5 cm	
	Bloco Cerâmico	9,0x14,0x24,0 cm	
	Argamassa Interna	2,5 cm	

Tabela 24 – Sistema de Paredes

(conclusão)

Grupo	Material	Dimensões	Ilustração
P5	Pintura Externa	-	
	Concreto Maciço	Larg:10 cm	
P6	Pintura Externa	-	
	Argamassa Externa	2,5 cm	
	Bloco Cerâmico	14,0x19,0x29,0 cm	
	Gesso Interno	2,0 cm	
P7	Pintura Externa	-	
	Argamassa Externa	2,5 cm	
	Bloco Cerâmico	14,0x19,0x29,0 cm	
	Argamassa Interna	2,5 cm	

Obs: Os materiais estão listados segundo ordem em relação ao meio externo para o interno

Para aplicação das avaliações que se propõe este trabalho, consideraram-se as mesmas dimensões finais dos sistemas construtivos de cobertura para a presença ou ausência de lâmina de alumínio. E, como a ilustração da Tabela 25 a seguir é apenas para título de melhor compreensão da descrição do sistema, optou-se por ilustrar o sistema sem a lâmina de alumínio.

Tabela 25 – Sistema de Coberturas

(continuação)

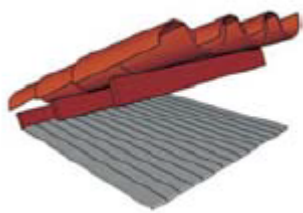

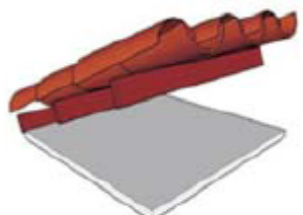

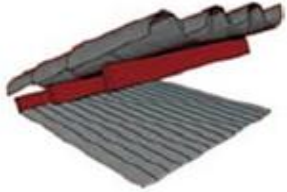
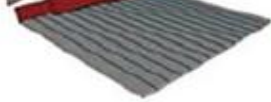
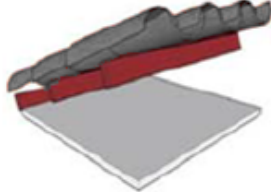

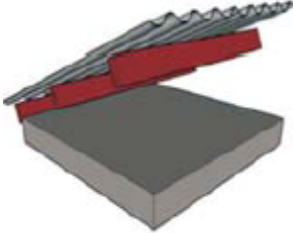
Grupo	Material	Dimensões	Ilustração
C1	Telha Cerâmica	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro PVC	1 cm	
C1*	Telha Cerâmica e Lâmina de Alumínio	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro PVC	1 cm	
C2	Telha Cerâmica	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro Gesso	3 cm	
C2*	Telha Cerâmica e Lâmina de Alumínio	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro Gesso	3 cm	
C3	Telha Concreto	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro PVC	1 cm	
C3*	Telha Concreto e Lâmina de Alumínio	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro PVC	1 cm	
C4	Telha Concreto	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro Gesso	3 cm	
C4*	Telha Concreto e Lâmina de Alumínio	1 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Forro Gesso	3 cm	

Tabela 25 – Sistema de Coberturas

(conclusão)

Grupo	Material	Dimensões	Ilustração
C5	Telha Fibrocimento	0,08 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Laje Maciça	10 cm	
C5*	Telha Fibrocimento e Lâmina de Alumínio	0,08 cm	
	Câmara de ar	5 cm	
	Laje Maciça	10 cm	

Obs: Os materiais estão listados segundo ordem em relação ao meio externo para o interno. O emprego de asterisco junto a nomenclatura significa que o sistema construtivo possui lâmina de alumínio como subcobertura.

3.5 Caracterização dos Sistemas Construtivos: Propriedades Térmicas

A caracterização dos sistemas de parede e cobertura segundo suas propriedades térmicas foi realizada conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 15.220-2 (ABNT, 2005). As propriedades térmicas se referem a transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância a radiação solar.

3.5.1 Transmitância Térmica e Capacidade Térmica

3.5.1.1 Sistemas Construtivos de Paredes e Cobertura

Para definição da transmitância térmica e capacidade térmica em paredes e coberturas e absorvância em paredes, adotou-se a NBR 15.220-2: “Desempenho Térmico de Edificações – parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da

capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações” (ABNT, 2005).

Com relação aos dados necessários para efetuar o desenvolvimento das equações, adotou-se as seguintes variáveis apresentadas na Tabela 26 e Tabela 27 a seguir.

Tabela 26 – Propriedades Térmicas dos Materiais empregados nas Paredes

Material	Propriedade Térmica		
	Densidade de massa aparente (ρ) Kg/m ³	Condutividade Térmica (λ) [W/(m.k)]	Calor Específico (c) [J/(Kg.K)]
Argamassa de Assentamento	2000	1,15	1,00
Argamassa Comum	2000	1,15	1,00
Argamassa de Gesso	1200	0,50	0,84
Concreto (bloco e parede)	2400	1,75	1,00
Tijolo Cerâmico	1600	0,90	0,92
Vidro	2700	1,10	0,84

Fonte: Adaptado de, ABNT (2005).





Tabela 27 – Propriedades Térmicas dos Materiais empregados nas Coberturas

Material	Propriedade Térmica		
	Densidade de massa aparente (ρ) Kg/m ³	Condutividade Térmica (λ) [W/(m.k)]	Calor Específico (c) [J/(Kg.K)]
Telha Cerâmica	2000	1,05	0,92
Telha Concreto	2200	1,75	1,00
Telha Fibrocimento	1900	0,95	0,84
Forro Gesso	750	0,35	0,84
Forro PVC	1300	0,2	0,96
Laje Concreto	2400	1,75	1,00

Fonte: Adaptado de, ABNT (2005).

A Resistência Térmica superficial interna e externa foi considerada no caso das paredes para fluxo horizontal e das coberturas para fluxo descendente.



Tabela 28 – Resistência Térmica Superficial Interna e Externa

	R_{Si} [(m ² .K)/W]		R_{Se} [(m ² .K)/W]	
	Horizontal	Descendente	Horizontal	Descendente
Direção do Fluxo de Calor				
Valor	0,13	0,17	0,04	0,04

Fonte: Adaptado de, ABNT (2005).

A Resistência Térmica da câmara de ar das paredes e coberturas sem lâmina de alumínio foi considerada sempre para superfícies de alta emissividade. Para as coberturas com lâmina de alumínio sob as telhas considerou-se como superfície de baixa emissividade.

Tabela 29 – Resistência Térmica de Câmaras de Ar Não Ventiladas

Natureza da Superfície da câmara de ar	Espessura “e” da câmara de ar (cm)	Resistência Térmica R_{ar} [(m ² .K)/W]	
		Horizontal	Descendente
			
Superfície de alta emissividade	1,0 ≤ e ≤ 2,0	0,14	0,15
	2,0 ≤ e ≤ 5,0	0,16	0,18
	e > 5,0	0,17	0,21
Superfície de baixa emissividade	1,0 ≤ e ≤ 2,0	0,29	0,29
	2,0 ≤ e ≤ 5,0	0,37	0,43
	e > 5,0	0,34	0,61

Fonte: Adaptado de, ABNT (2005).

Os resultados dos cálculos da Transmitância Térmica e Capacidade Térmica baseados nas propriedades térmicas anteriormente apresentadas, para os sistemas construtivos dos sete grupos de parede e cinco de coberturas serão apresentados no Capítulo 4.

3.5.2 Absortância à radiação solar

3.5.2.1 Sistemas Construtivos de Parede

A absortância à radiação solar, para alguns materiais e cores, é também definida pela NBR 15.220-2 (ABNT, 2005). No caso dos sistemas de parede referenciados neste trabalho, a absortância se refere à cor da pintura aplicada na face externa.

Para o sistema de paredes, definiu-se que o comportamento do sistema seria verificado para duas cores, uma clara e outra escura. Sendo assim Tabela 30 apresenta os valores de absortância para as cores adotadas e sua correspondente emissividade.

Tabela 30 – Absortância à Radiação Solar e Emissividade

Cor Pintura	Absortância	Emissividade
	(α)	(ϵ)
Clara (tom amarelo)	0,3	0,9
Escura (tom verde escuro)	0,7	0,9

Fonte: Adaptado de, ABNT (2005).

3.5.2.2 Sistemas Construtivos de Cobertura

Nos sistemas de coberturas referenciados para este trabalho, a absortância se refere à cor das telhas, que é o material exposto ao meio externo. Assim, como no caso das cores da pintura, a NBR 15.220-2 (ABNT, 2005), define valores para todas as telhas em questão.

Entretanto, preferiu-se realizar medição em laboratório das amostras de telha e não considerar os valores definidos em Norma. A justificativa para a medição, esta relacionada às características da telha cerâmica, que tem como matéria prima o barro, material que apresenta variação em sua pigmentação dependendo da região em que foi retirado. Ou seja, não há uma uniformidade de cor em telhas cerâmicas encontradas no Brasil. E, como a proposta desse trabalho é uma avaliação do estudo de caso em todo território brasileiro, foi necessário realizar medições em telhas cerâmicas de quatro tonalidades (clara, média, média escura e escura).

Mesmo as demais telhas em questão possuindo matéria prima industrializada, realizou-se o mesmo procedimento de medição, para efeito de uniformização da fonte dos valores de absorvância adotados.

3.5.2.2.1 O Processo de Medição

Para verificação dos valores de absorvância das telhas utilizadas junto aos sistemas de cobertura deste trabalho, realizou-se procedimento para determinação de refletância à radiação solar.

As medições foram realizadas com o equipamento *ALTA Reflectance Spectrometer* - Lunar and Planetary Institute – LPI, Univ. Space Research Association. Adotou-se o procedimento especificado no manual deste equipamento para realização das medições.

Foram realizadas medições em seis amostras, sendo quatro de telhas cerâmicas (clara, média, média escura e escura), uma em telha de concreto e uma em telha de fibrocimento. As medições foram realizadas nas amostras em seu estado natural, conservando as características espectrais que as telhas apresentam no momento da sua instalação. Sendo assim, o único processo realizado antes da medição foi limpeza com pano úmido para retirar o acúmulo de pequenas impurezas e poeira.

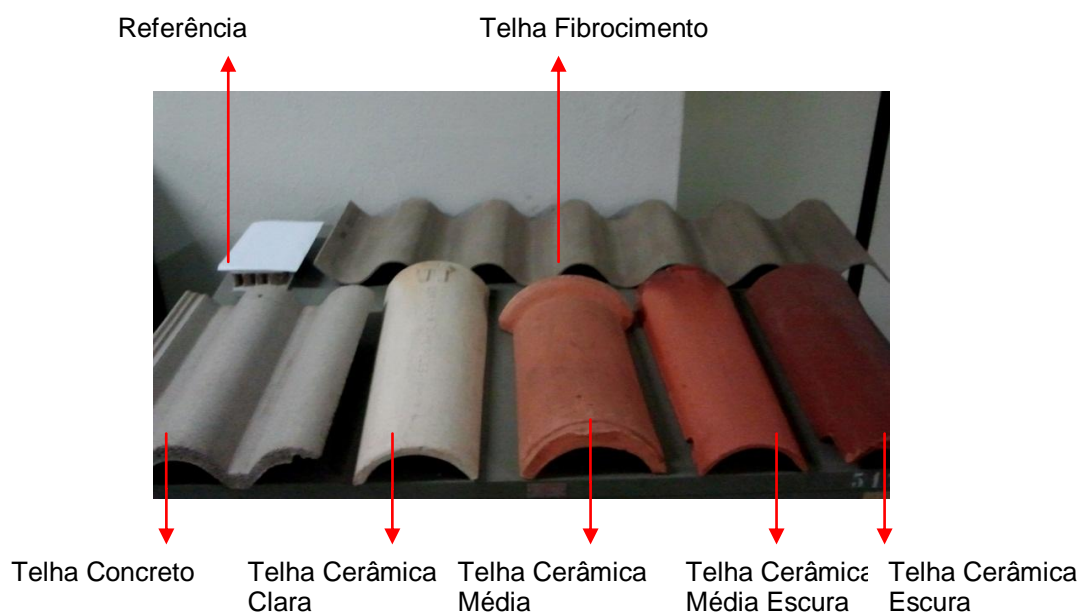


Figura 15 – Amostras das Telhas e Referência utilizadas

A descrição do processo metodológico foi baseada no “Relatório: Ensaio de Refletância amostras MUMA” (GUTIERREZ, 2011), cedido como referência para este trabalho através do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética – LABCON.

Para efetivação do procedimento de medição é necessário adotar um padrão de referência para fornecer parâmetro para obtenção das refletâncias dos demais materiais envolvidos na medição e calibrar o aparelho. A referência adotada foi a pintura acrílica cor branco neve, marca Suvinil. A adoção desta amostra como referência, deve-se ao fato dessa ser uma amostra já testada em medição de refletância à radiação solar de acordo a Norma “ASHRAE 74-1988: *method of measuring solar-optical properties of materials*” (ASHRAE, 1988), em ensaio realizado com equipamento espectrofotômetro *HITACHI, modelo U-3501* com esfera integradora e faixa espectral de 190 a 3200nm, no Laboratório do Instituto de Química da Escola de Engenharia de São Carlos, EESC/USP (CASTRO, 2002). A Tabela 31 a seguir apresenta os resultados obtidos neste ensaio.

Tabela 31 – Refletância à Radiação Solar para o Padrão de Referência

Especificação	Refletância	Refletância	Refletância	Refletância
	UV (%)	no visível (%)	IV (%)	Total (%)
Pintura Acrílica Branco Neve Suvinil	8	88	76	75

Fonte: Análise da refletância de cores de tintas através da técnica espectrofotométrica (CASTRO, 2002).

Foram realizadas três leituras de refletância para cada amostra e padrão de referência, por comprimento de onda, sendo as medições realizadas em intervalos de 470 a 940nm. Os resultados de refletância mensurados foram tratados através da média ponderada das leituras, calculados conforme equação (9), corrigidos de acordo com padrão da amostra de referência, e ajustados ao espectro solar padrão de acordo com a norma ISO 9845-1:1992 “*Solar energy – Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions – Part 1: Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1,5*” (ISO, 1992).

$$\rho = \frac{(\rho_{\text{amostra}} - \text{dark voltage})}{(\rho_{\text{referência}} - \text{dark voltage})} * 100 \dots\dots\dots(9)$$

Os dados de refletância solar obtidos pelo espectrofotômetro caracterizam o comportamento ótico das diferentes amostras quando expostas a uma energia

constante ao longo de todo o espectro solar. No entanto, este cálculo não considera o percentual de energia incidente em cada comprimento de onda, pois o espectrofotômetro não faz essa distinção. Assim, serão ajustados a partir de um espectro solar padrão de acordo com dados da Norma ISO 9845-1:1992 (ISO, 1992).

Os valores das medições de Refletância à Radiação Solar e as Refletâncias ajustadas ao Espectro Solar Padrão serão apresentadas no Capítulo 4. Adianta-se que foram encontrados valores muito próximos de absorvância entre a telha cerâmica média e a média escura, sendo o valor menos restritivo descartado. Logo, foram consideradas para desenvolvimento do trabalho absorvâncias de três telhas: cerâmica clara, cerâmica média e escura.

3.5.2.2.2 Avaliação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

Foram avaliados todos os grupos que compõem os sistemas de paredes e coberturas de forma específica em relação à absorvância dos materiais externos, ou seja, no caso das paredes em relação à cor da pintura externa e no caso das coberturas em relação à cor das telhas. Este universo de avaliação foi aplicado a cada cidade pertencente a sua respectiva zona bioclimática.

Nesta etapa, a avaliação se refere ao cumprimento ou não dos parâmetros em cada instrumento regulamentador, sem efetivamente gerar uma classificação final.

A Figura 16 demonstra o processo de avaliação da unidade habitacional com relação ao sistema de paredes. Foram realizadas um total de 64 avaliações por grupo, agrupadas conforme a zona bioclimática e o instrumento regulador, sendo 8 avaliações em cada zona bioclimática, que se subdividem em 4 avaliações para pintura clara e 4 para pintura escura.

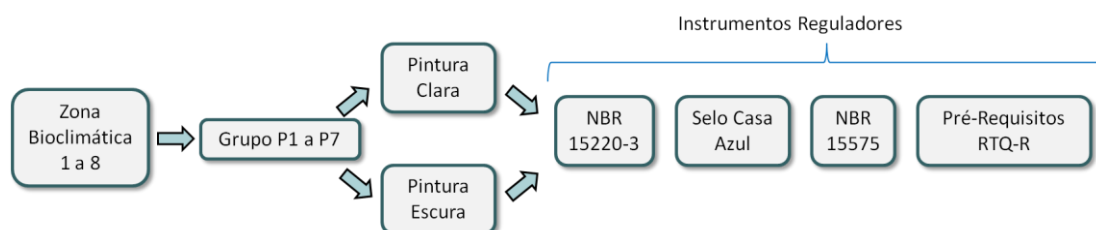


Figura 16 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Sistema de Paredes do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória do RTQ-R

A Figura 17 demonstra o processo de avaliação da unidade habitacional com relação ao sistema de cobertura. Foram realizadas um total de 92 avaliações para o Grupo C1 e C2 e 32 para os Grupos C3 a C5, agrupadas conforme a zona bioclimática e instrumento regulador. Para o Grupo C1 e C2 foram 12 avaliações em cada zona bioclimática, que se subdividem em 4 avaliações para a telha cerâmica clara, 4 para a telha cerâmica média e 4 para a telha cerâmica escura. Para os Grupos C3 e C4 foram 4 avaliações em cada zona bioclimática. Esse mesmo processo de avaliação para as coberturas foi realizado também quando na presença de lâmina de alumínio sob as telhas.

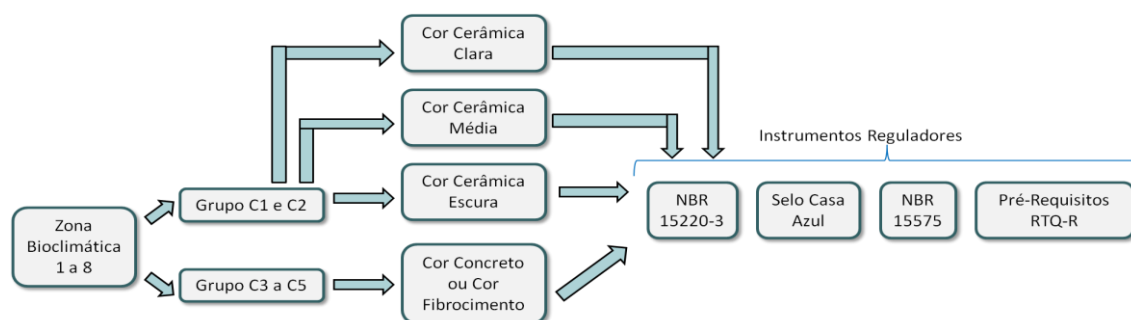


Figura 17 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Sistema de Cobertura do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória do RTQ-R

Assim, o que se pretende nesta etapa é uma verificação, a ser feita entre os sistemas construtivos passíveis de aplicação na unidade habitacional definida no estudo de caso e o cumprimento ou não dos parâmetros estabelecidos pelos instrumentos regulamentadores, sempre em correspondência com as zonas bioclimáticas. De forma a se obter informações sobre os sistemas construtivos e sua adequação em cada zona bioclimática.

3.6 Avaliações do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo e Método de Simulação

O método prescritivo e o método de simulação para determinação da eficiência da envoltória contidos no RTQ-R foram aplicados para avaliação do desempenho do estudo de caso na segunda e terceira etapa de avaliações que compõem o método estabelecido para este trabalho.

Nestas duas etapas a avaliação é composta pelos grupos que apresentarem resultados extremos na etapa de avaliação pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), NBR 15.575 (ABNT, 2008), Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) e Pré-Requisitos da Envoltória

do RTQ-R (BRASIL, 2012a). Ou seja, foi avaliado o sistema de parede e cobertura que apresentar o maior número de aprovações em todos os instrumentos regulamentadores em questão neste trabalho, como também o que apresentar o menor número de aprovações.

Como a avaliação pelo método prescritivo e de simulação se referem às envoltórias da UH, foram verificados os sistemas de parede e cobertura que compõem a UH e seus ambientes de forma conjunta, e não isoladamente sistema de paredes ou coberturas. Para tanto, definiram-se duas envoltórias a serem avaliadas:

- Envoltória 1: Grupo de sistema construtivo de parede com maior número de aprovações juntamente com o grupo de sistema construtivo de cobertura com maior número de aprovações;
- Envoltória 2: Grupo de sistema construtivo de parede com menor número de aprovações juntamente com o grupo de sistema construtivo de cobertura também com menor número de aprovações.

Além disso, como na aplicação desses métodos a orientação solar é uma variável, a UH foi verificada em duas orientações solares, sendo uma com as aberturas nas fachadas Norte Sul e a outra Leste-Oeste. A Figura 18 e a Figura 19 a seguir demonstram as duas orientações solares a serem avaliadas, denominadas em cada fachada da UH.

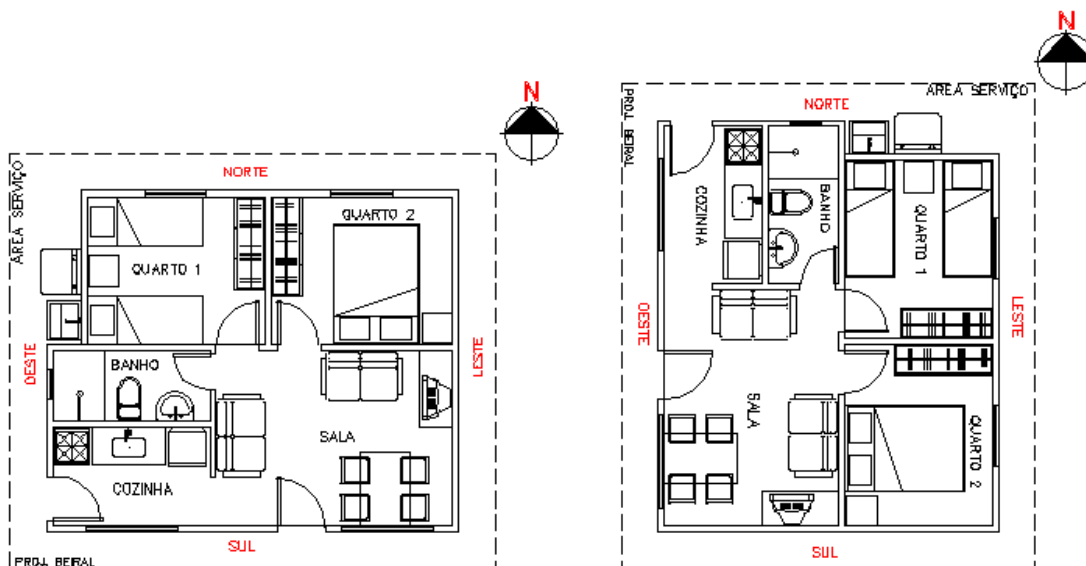


Figura 18 – Orientação Solar 1 para Fachadas de aberturas Norte-Sul

Figura 19 – Orientação Solar 2 para Fachadas de aberturas Leste-Oeste

Assim, conforme a condição das envoltórias e orientação solar foram definidas para avaliação do estudo de caso quatro situações. Foram tratadas, com a sigla P/C OS, na qual P/C se refere aos grupos de sistemas construtivos (P=sistema de parede

e C=sistema de cobertura) e OS as iniciais da orientação solar das fachadas com aberturas (NS= Norte-Sul ou LO= Leste-Oeste).

Em ambas as etapas foram aplicadas os procedimentos para eficiência da envoltória quando naturalmente ventilada. Como a verificação da eficiência da envoltória da UH é dada a partir da ponderação pelas áreas da eficiência da envoltória dos ambientes de permanência prolongada, foram, portanto verificados três ambientes da UH: quarto 1, quarto 2 e sala/cozinha. A cozinha e sala são consideradas um único ambiente por não haver elemento de divisão vedando por completo o espaço entre o piso e o teto, não conformando assim dois ambientes internos.

3.6.1 Método Prescritivo

Nesta segunda etapa do processo de avaliação do estudo de caso, foi realizado um total de 32 avaliações, agrupadas conforme zona bioclimática. Para a Envoltória 1 foram 2 avaliações em cada zona bioclimática, que se subdividem em 1 avaliação para as fachadas de aberturas Norte Sul e 1 para as fachadas de aberturas Leste-Oeste. Para a Envoltória 2 foram repetidas as mesmas avaliações.

A Figura 20 a seguir explicita o processo de avaliação para cada tipo de envoltória e variação da orientação solar.

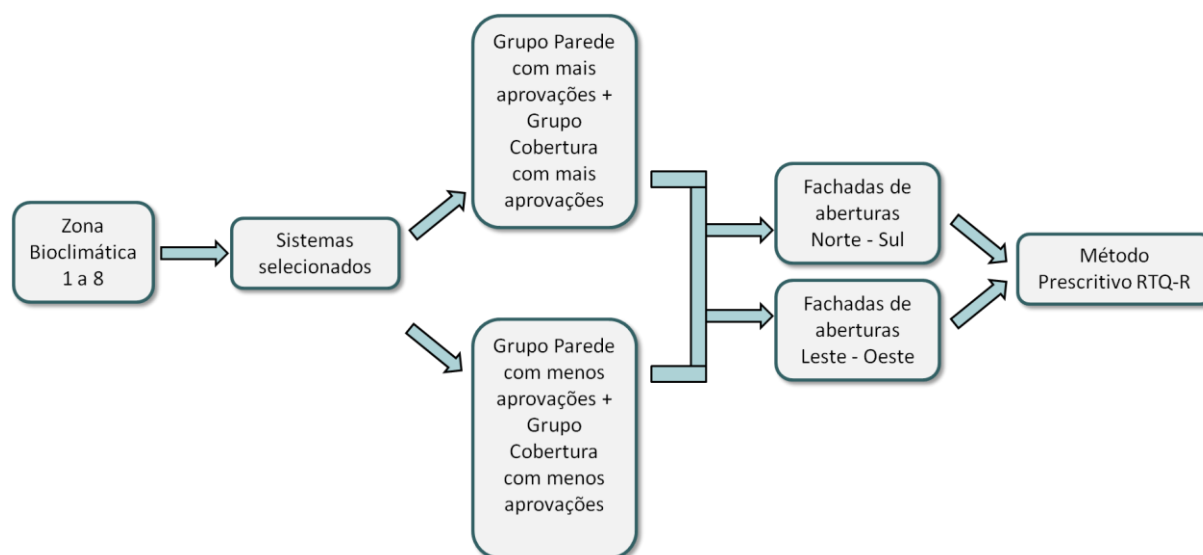


Figura 20 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo

3.6.1.1 Verificação dos Pré- Requisitos

Foram verificados os pré-requisitos da envoltória para todos os ambientes de permanência prolongada da UH para as duas envoltórias selecionadas, como descrito nos sub-ítems a seguir.

3.6.1.2 Cálculo do Indicador Graus-Hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Aquecimento dos Ambientes da UH

Para a realização dos cálculos, foi empregada uma planilha disponibilizada e testada pelo LABEEE (2012a), que contempla todas as equações do método prescritivo – ver ANEXO C: “RTQ-R – Método Prescritivo (UH): Cálculo do Indicador de Graus-Hora para Resfriamento e Cálculo do Consumo Relativo para Aquecimento” – correspondentes a todas as zonas bioclimáticas para determinação do equivalente numérico para resfriamento e aquecimento e de refrigeração de cada ambiente, sendo necessário inserir as variáveis necessárias à equação e relacionadas ao ambiente. Como para a definição de tais variáveis é necessária à aplicação de um método de cálculo, estas são apresentadas no Capítulo 4 – Resultados e Discussões.

3.6.1.3 Determinação dos Equivalentes Numéricos para Resfriamento e Aquecimento

Os equivalentes numéricos dos ambientes foram obtidos através da planilha referida e, em seguida, realizada a ponderação pela respectiva área de cada ambiente para determinação do equivalente numérico da envoltória para resfriamento e aquecimento. A classificação final será feita em dois momentos, antes e após a verificação dos pré-requisitos da envoltória.

3.6.1.4 Determinação do Equivalente Numérico da Envoltória

O equivalente numérico da envoltória foi obtido a partir da aplicação nas respectivas equações de cada zona bioclimática dos equivalentes numéricos para resfriamento e aquecimento. A classificação final será feita em dois momentos, antes e após a verificação dos pré-requisitos da envoltória.

3.6.2 Método de Simulação

Tem-se, dentre os pré-requisitos específicos ao método de simulação, que o arquivo climático deve ser referente à cidade da edificação ou uma região com características climáticas próximas e a procedência do mesmo pelo LABEEE (2012b) ou pelo DOE (2012c). Porém, até o momento da elaboração deste trabalho, não existem arquivos climáticos para quaisquer cidades classificadas pela NBR-15.220-3 (ABNT, 2005) como pertencente à zona bioclimática 5, assim como indicação em literatura de arquivos climáticos de regiões que possuam características similares. Logo, esta zona não será simulada.

Nesta terceira etapa do processo de avaliação do estudo de caso, foi realizado um total de 28 avaliações, agrupadas conforme zona bioclimática. Para a Envoltória 1 serão 2 avaliações em cada zona bioclimática – excetuando-se a zona 5 – que se subdividem em 1 avaliação para as fachadas de aberturas Norte Sul e 1 para as fachadas de aberturas Leste-Oeste. Para a Envoltória 2, são repetidas as mesmas avaliações.

A Figura 21 a seguir explicita o processo de avaliação para cada tipo de envoltória e variação da orientação solar.

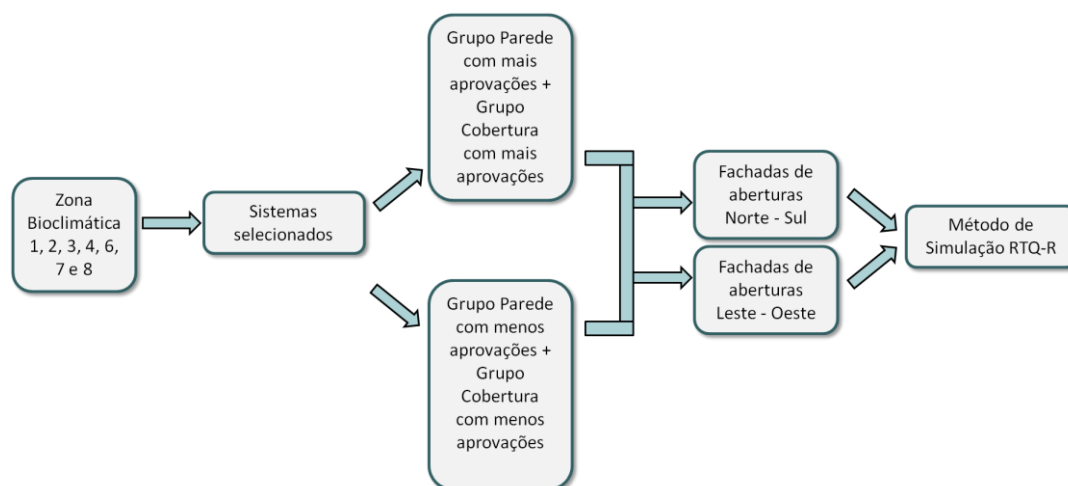


Figura 21 – Fluxograma Ilustrativo do Procedimento de Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método de Simulação

3.6.2.1 Programa de Simulação

Empregou-se o programa *EnergyPlus*, pelo fato de ser disponibilizado gratuitamente pelo DOE e por cumprir todas as exigências do RTQ-R (BRASIL,

2012a), para realização desta etapa de avaliação. Basicamente, o processo para simulação no *EnergyPlus* se distingue em três fases: modelagem tridimensional, inserção dos dados de entrada e definição dos dados de saída.

A modelagem foi feita tanto para UH ventilada naturalmente quanto condicionada artificialmente. Ressalta-se que foram adotados todos os parâmetros, padrões e requisitos prescritos pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a), descritos no item 2.4.4.3.

3.6.2.2 Arquivo Climático

Para simulação, empregaram-se os mesmos arquivos climáticos empregados no Relatório Técnico da Base de Simulações para o RTQ-R (SORGATO, 2011). São arquivos em do tipo *Test Reference Year* – TRY ou *Test Meteorological Year* – TMY2 do projeto *Solar and Wind Energy Resource Assessment* – SWERA. A Tabela 32 a seguir apresenta os arquivos correspondentes a cada zona.

Tabela 32 – Arquivos Climáticos

Zona Bioclimática	Arquivo Climático
1	Curitiba – PR (TRY 1969) *
2	Santa Maria – RS (TMY2, SWERA)**
3	Florianópolis – SC (TRY 1963)*
4	Brasília – DF (TRY 1962)*
6	Campo Grande – MS (TMY, SWERA)**
7	Cuiabá – MT (TMY2, SWERA)**
8	Salvador – BA (TRY 1961)**

*Disponibilizado pelo LABEEE (2012b)

**Disponibilizado pelo DOE (2012c)

3.6.2.3 Verificação dos Pré – Requisitos de Ventilação Natural e Iluminação Natural

Foram verificados os pré-requisitos de ventilação natural e iluminação natural para todos os ambientes de permanência prolongada da UH.

3.6.2.4 Cálculo do Indicador Graus-Hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Aquecimento dos Ambientes da UH

Os graus-hora para resfriamento foram calculados pelas temperaturas operativas horárias, através da modelagem da UH ventilada naturalmente no *EnergyPlus*, bem como o consumo relativo para aquecimento através das cargas de aquecimento necessárias – determinadas pela temperatura de termostato de 22°C – para manter a edificação confortável, através da modelagem da UH condicionada artificialmente.

Adotou-se a temperatura base para cálculo dos graus-hora de resfriamento de 26°C, conforme o estabelecido pelo RTQ-R (Brasil, 2012a), bem como a equação – ver equação (7) – indicada no RTQ-R (BRASIL, 2012a) para cálculo do indicador de graus-hora de resfriamento.

3.6.2.5 Modelagem da Unidade Habitacional

Para a reprodução da unidade habitacional no *EnergyPlus*, é necessária a definição das zonas térmicas. Sendo assim, foram definidas para a unidade habitacional quatro zonas térmicas para os ambientes e uma para a cobertura. O banheiro é um ambiente de permanência transitória, não sendo definidos quaisquer parâmetros que venham interferir no cálculo do consumo energético da edificação (uso, iluminação, carga térmica etc).

3.6.2.6 Padrão de Ocupação

O padrão de ocupação representa uma família típica composta por quatro membros, sendo um casal e dois filhos. Esse padrão segue o estabelecido pelo RTQ-R (Brasil, 2012a), em que o padrão mínimo de modelagem deve ser o de duas pessoas por dormitório. A sala e a cozinha são utilizadas por toda família.

Modelou-se um padrão de ocupação para os dias de semana e outro para os fins de semana, conforme os horários e porcentagens dos usuários especificados no RTQ-R (BRASIL, 2012a), que segue demonstrado nos gráficos da Figura 22 e Figura 23. É demonstrada a ocupação em cada ambiente, que se distinguem entre si por cores conforme a legenda.

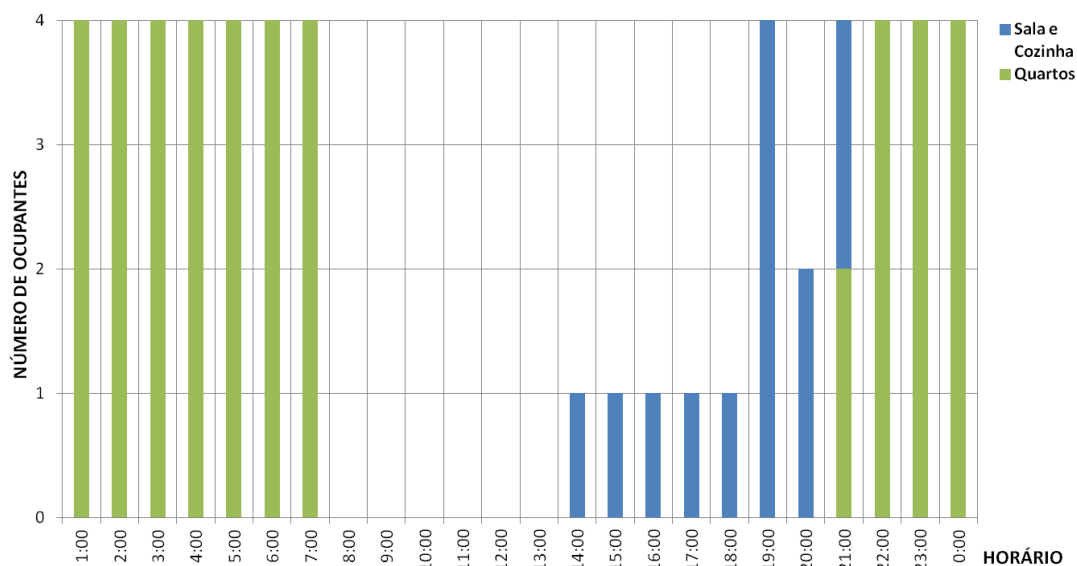


Figura 22 – Gráfico Padrão de Ocupação da UH nos Dias de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R

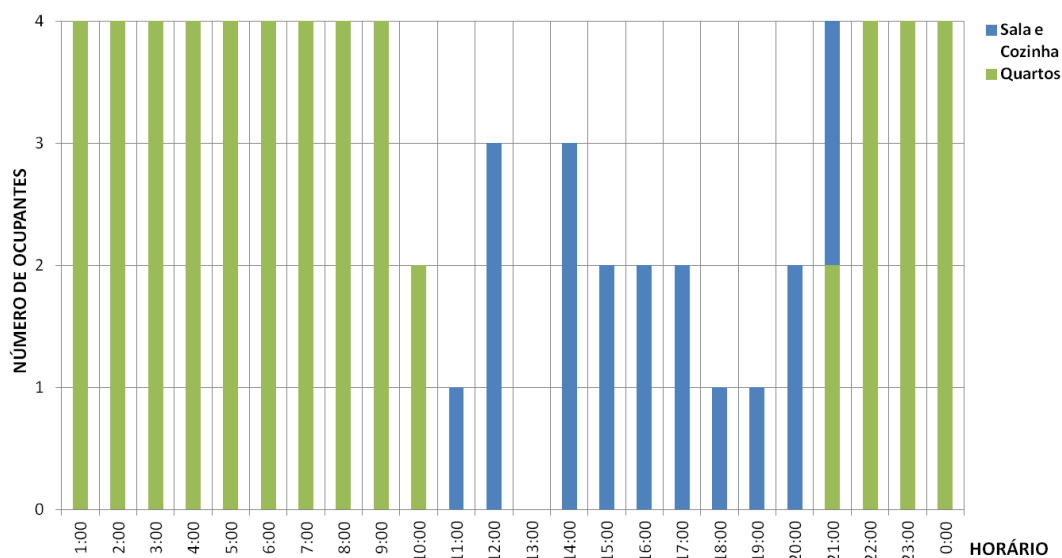


Figura 23 – Gráfico Padrão de Ocupação da UH nos Fins de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R

Quanto às taxas metabólicas de atividades realizadas, utilizou-se a especificada no RTQ-R (BRASIL, 2012a), segundo as condições e atividades também estabelecidas. Tem-se que o calor produzido para quartos e sala de 45,0 W/m² e 60,0 W/m², respectivamente. O calor produzido para área de pele (1,80m²) para quartos e sala são de 81W e 108W, respectivamente.

3.6.2.7 Padrão de Iluminação

Modelou-se um padrão de iluminação para os dias de semana e outro para os fins de semana, conforme os horários e porcentagens das pessoas especificados no RTQ-R (Brasil, 2012a), que seguem demonstrados nos gráficos da Figura 24 e Figura 25.

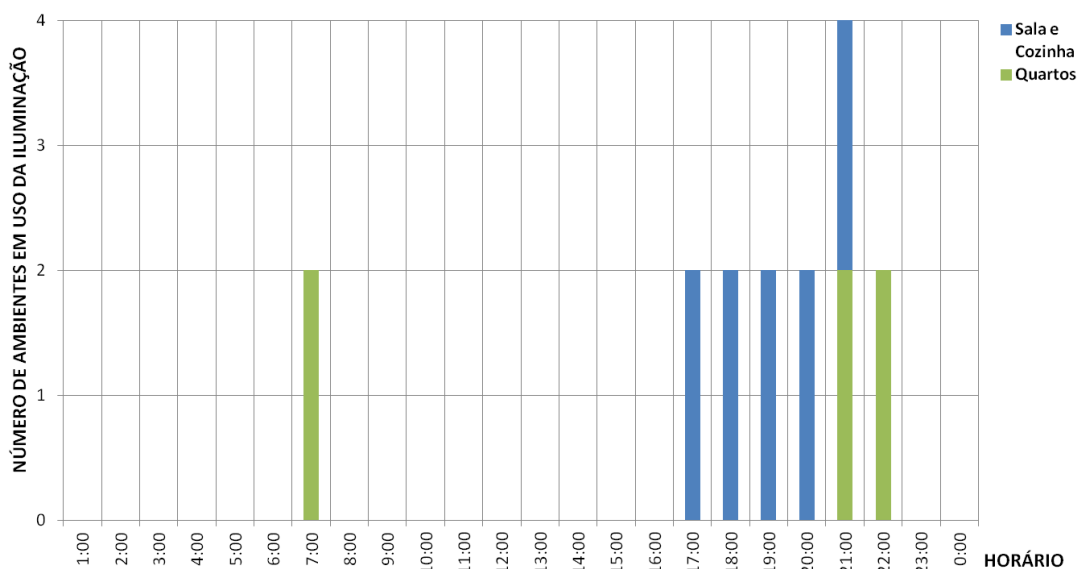


Figura 24 – Gráfico Padrão de Iluminação da UH nos Dias de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R

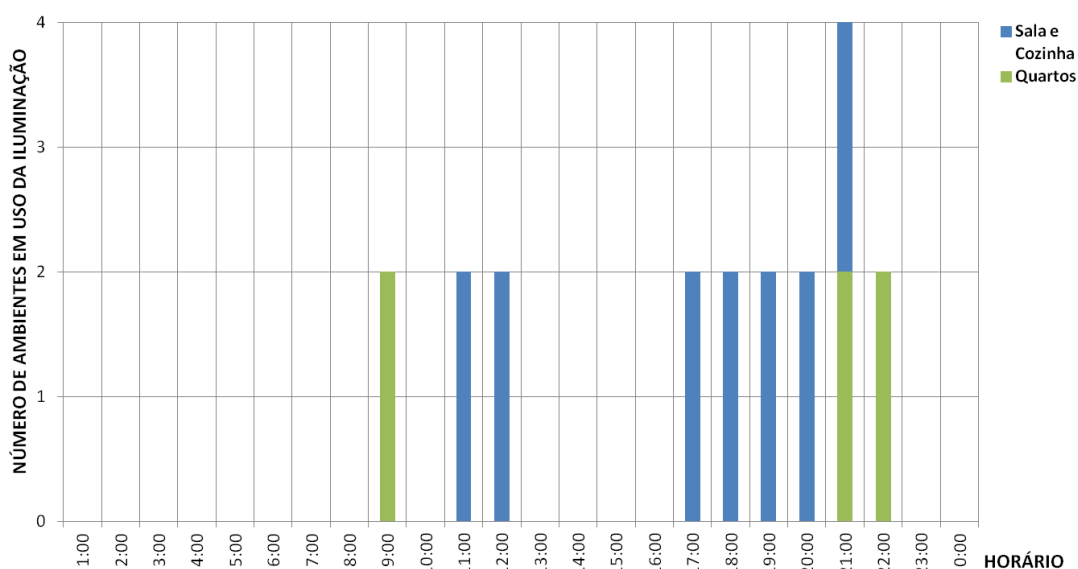


Figura 25 – Gráfico Padrão de Iluminação da UH nos Fins de Semana segundo Parâmetros do RTQ-R

Quanto à densidade de potência instalada, utilizou-se a especificada no RTQ-R (BRASIL, 2012a). Tem-se para quartos e sala 5,0 W/m² e 6,0 W/m², respectivamente.

3.6.2.8 Padrão de Equipamentos

O padrão utilizado é o especificado pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a), em que as cargas dos equipamentos devem ser adotadas somente para a sala, para um período de 24 horas, com potência de 1,5W/ m².

3.6.2.9 Padrão de Ventilação

Dentre as possibilidades descritas no RTQ-R (BRASIL, 2012a), adotou-se como padrão a estratégia de controle automático por temperatura. Logo, adotaram-se as condições e temperatura de termostato prevista no RTQ-R (BRASIL, 2012a), em que as janelas serão abertas quando a temperatura do ar interno for igual ou maior à temperatura de termostato (20°C) ou quando a temperatura do ar interno for maior que a externa.

Para a função e abertura das portas, estabeleceu-se que as externas (acessos) ficam sempre fechadas enquanto as internas ficam abertas durante 24 horas.

Quanto aos coeficientes de rugosidade do entorno, de pressão, de descarga, fluxo de ar por frestas e expoente de fluxo de ar adotou-se os especificados pelo RTQ-R (BRASIL, 2012), conforme Tabela 33 a seguir.

Coeficientes	Valores
Rugosidade do Entorno (α)	0,33
Descarga (C_D)*	0,60
Fluxo de Ar por Frestas (CQ)*	0,001 Kg/s.m
Expoente de Fluxo de Ar (n)	0,65

*Valores para portas e janelas retangulares. Para outros formatos, pode-se usar outros valores que devem ser justificados.

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

3.6.2.10 Padrão do Sistema de Condicionamento de Ar

Adotou-se no *EnergyPlus* o sistema *Packaged Terminal Heat Pump*.

O sistema de aquecimento será acionado quanto a temperatura interna do ar for igual ou menor que a temperatura de termostato (22°C).

Quanto ao coeficiente de fluxo de ar, modo de operação, eficiência do ventilador, razões entre calor retirado e fornecido do ambiente pela energia consumida do equipamento e horas não atendidas pelo sistema, adotaram-se os especificados pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a) e explicitado ao longo do item 2.4.4.3.

Tabela 34 – Coeficientes do Sistema de Ventilação Natural

Coeficientes	Valores
Fluxo de ar por Pessoa	0,00944 m ³ /s
Modo de Operação do Ventilador	Contínuo
Eficiência do Ventilador	0,7
Eficiência do Motor	0,9
Calor retirado do Ambiente / Energia Consumida pelo Equipamento	3,00 W/W
Calor fornecido ao Ambiente / Energia Consumida pelo Equipamento	2,75 W/W
Número Máximo de horas não atendidas pelo Sistema de Condicionamento	10%

Fonte: Adaptado de, RTQ-R (BRASIL, 2012a).

3.6.2.11 Temperatura do Solo

As temperaturas do solo adotadas foram as mesmas adotadas no Relatório Técnico da Base de Simulações para o RTQ-R (SORGATO, 2011). Tais temperaturas foram calculadas com o software *Slab*, a partir da temperatura média mensal verificada para cada zona bioclimática no primeiro momento da simulação da edificação de referência para desenvolver o Relatório. Optou-se por este caminho, pelo fato da edificação adotada pelo Relatório possuir tipologia bastante similar à UH do estudo de caso. A Tabela 35 a seguir apresenta as temperaturas do solo para cada mês e zona bioclimática.

Tabela 35 – Temperatura do Solo

(continuação)

Zona	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1	18,57	19,13	18,97	18,46	16,82	15,36	14,21	13,62	13,79	14,64	15,99	17,40
2	22,84	22,62	21,69	20,65	18,42	17,01	16,31	16,48	17,52	19,06	20,79	22,15
3	22,75	23,92	24,21	23,89	22,22	20,39	18,68	17,48	17,16	17,79	19,23	21,00
4	22,02	22,36	22,26	21,96	20,97	20,09	19,40	19,05	19,15	19,66	20,47	21,32

Tabela 35 – Temperatura do Solo

(conclusão)

Zona	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
7	28,21	28,59	28,48	28,14	27,03	26,05	25,28	24,88	25,00	25,57	26,48	27,42
8	25,76	26,26	26,50	26,50	26,08	25,50	24,89	24,37	24,11	24,18	24,56	25,12

Fonte: SORGATO, 2011.

3.6.2.12 Determinação dos equivalentes numéricos para Resfriamento e Aquecimento

Os equivalentes numéricos dos ambientes foram obtidos através do somatório dos graus-hora para resfriamento e o consumo de energia para aquecimento através do somatório do consumo energia do sistema de condicionamento de necessário para aquecer o ambiente. Em seguida, foi realizada a ponderação pela respectiva área de cada ambiente para determinação do equivalente numérico da envoltória. A classificação final foi feita em dois momentos, antes da verificação dos pré-requisitos de ventilação natural, pré-requisitos de iluminação natural e após a verificação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e análises apresentados neste capítulo referem-se à aplicação do método proposto, e serão estruturados segundo as etapas previstas nele.

Previamente a apresentação das três etapas de avaliação é exposto o resultado relativo ao procedimento de medição para verificação da absorvância à radiação solar das telhas empregadas nos sistemas de coberturas.

Na primeira serão apresentados os resultados relativos à avaliação do estudo de caso segundo as propriedades térmicas dos vários sistemas de parede e cobertura pelos instrumentos regulamentadores referenciados neste trabalho: NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R. Na segunda e terceira etapas avaliação segundo os sistemas de parede e cobertura que obtiveram os maiores e menores índices de aprovações na primeira etapa pelo RTQ-R – Método Prescritivo e RTQ-R – Método de Simulação, respectivamente.

4.1 Verificação da Absortância à Radiação Solar para o Sistema de Cobertura

Verificou-se por meio de medições, a refletância à radiação solar para todas as telhas que compõem os sistemas de coberturas definidos para o estudo de caso. Em seguida, foram realizados os ajustes ao espectro solar padrão conforme método adotado.

4.1.1 Medições de Refletância à Radiação Solar

A Tabela 36 a seguir apresenta a média ponderada das três medições realizadas em cada tipo de telha para verificação da refletância à radiação solar, obtidos através das medições com o espectrofotômetro adotado.

Tabela 36 – Refletância à Radiação Solar na Faixa de 470 a 940nm

Amostra	Especificação	Refletância		
		Visível (470- 780nm) (%)	IV (780- 940nm) (%)	Total (470- 940nm) (%)
1	Telha Cerâmica Clara	0,65	0,63	0,64
2	Telha Cerâmica Média	0,32	0,39	0,34
3	Telha Cerâmica Média Escura	0,32	0,42	0,35
4	Telha Cerâmica Escura	0,20	0,28	0,22
5	Telha Concreto	0,39	0,32	0,37
6	Telha Fibrocimento	0,27	0,24	0,26

O gráfico da Figura 26 apresenta as curvas espectrais de reflexão, que variam conforme as faixas de comprimento de onda. Apesar da pouca linearidade nas curvas de todos os materiais, denota-se que o comprimento de onda e as refletâncias variam de forma proporcional. Ou seja, à medida que se aumenta o comprimento de onda aumentam-se a refletância. Exceto para a telha cerâmica clara, que apresentou uma variação desproporcional entre 600 nm e 645 nm.

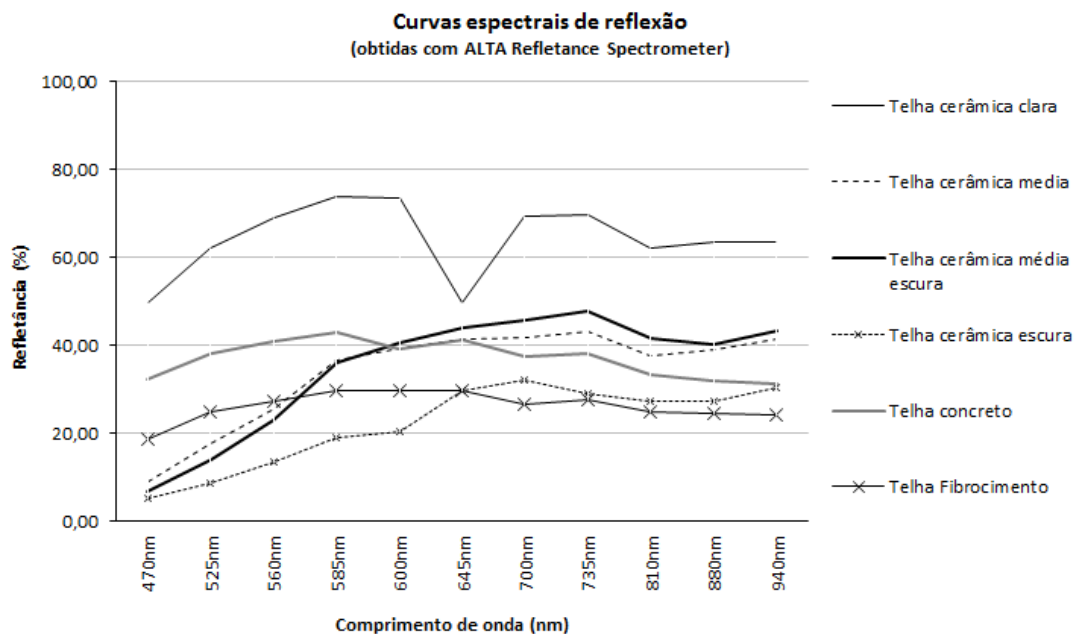


Figura 26 – Gráfico Curvas Espectrais de Reflexão

4.1.2 Refletâncias ajustadas ao Espectro Solar Padrão

Para identificar a quantidade de energia relativa que é absorvida pelas amostras, os valores de refletância foram corrigidos conforme a intensidade da radiação solar.

A Tabela 37 a seguir apresenta os valores já ajustados, e os valores finais que caracterizam a absorptância à radiação solar necessária às avaliações propostas pelo método desse trabalho.

Tabela 37 – Refletâncias Médias por Faixa do Espectro Solar ajustadas ao Espectro Solar Padrão

Amostra	Especificação	Refletância			Absortância
		Visível (470- 780nm)	IV (780- 940nm)	Total (470- 940nm)	Total (470-940nm)
1	Telha Cerâmica Clara	0,64	0,63	0,64	0,37
2	Telha Cerâmica Média	0,31	0,39	0,35	0,65
3	Telha Cerâmica Média Escura	0,31	0,41	0,36	0,64
4	Telha Cerâmica Escura	0,19	0,28	0,23	0,77
5	Telha Concreto	0,39	0,32	0,36	0,64
6	Telha Fibrocimento	0,27	0,24	0,26	0,74

Há pouca variação no valor de absorptância entre a telha cerâmica média e a média escura. Para tanto, decidiu-se adotar como parâmetro para desenvolvimento deste trabalho o valor mais restritivo, ou seja, o que se refere a telha cerâmica média que apresentou absorptância total de 0,65. Dessa forma são analisadas as telhas cerâmicas em três variações de absorptância – clara (0,37), média (0,65) e escura (0,77) – a telha de concreto (0,64) e a telha de fibrocimento (0,74).

4.2 Avaliação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré Requisitos da Envolvória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

A avaliação do estudo de caso segundo os parâmetros dos instrumentos regulamentadores foi feita separadamente entre os 7 sistemas de parede e os 5 de cobertura, previamente definidos.

A sequência de apresentação e discussão dos resultados para esta etapa será feita tanto para os sistemas de parede quanto para os de cobertura em três etapas: Propriedades térmicas, Verificação e Síntese.

As propriedades térmicas referem-se aos dados de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância à radiação solar obtidos para caracterizar os sistemas construtivos de parede e cobertura em questão. Como apresentado no Capítulo 3, o desenvolvimento do cálculo se baseou em variáveis e procedimentos normativos obtidos na literatura. No caso específico da absortância para o sistema de cobertura, aplicou-se método de medição de amostras em laboratório, como demonstrado anteriormente.

Ressalta-se que no estudo de caso em questão o sistema construtivo de parede e cobertura é o mesmo em todos os ambientes, e logo a verificação proposta nesta etapa se aplica a unidade habitacional como um todo.

4.2.1 Sistema de Parede

Trata-se de um universo de 64 avaliações para cada um dos 7 grupos definidos para análise do sistema de parede no estudo de caso proposto para este trabalho. Sendo 8 avaliações em cada zona bioclimática, que se subdividem em 4 avaliações para pintura clara e 4 para pintura escura.

4.2.1.1 Propriedades Térmicas

A apresentação das propriedades térmicas é feita sobre forma de Tabela, onde cada grupo se refere à um sistema construtivo de parede.

Tabela 38 – Propriedades Térmicas para os Sistemas Construtivos de Parede

Grupo	Absortância		Transmitância	Capacidade
	(α)		Térmica W/m ² .K	Térmica KJ/m ² .K
P1	0,3		3,08	165
	0,7			
P2	0,3		2,89	214
	0,7			
P3	0,3		2,63	109
	0,7			
P4	0,3		2,47	155
	0,7			
P5	0,3		4,40	2,40
	0,7			
P6	0,3		1,59	125
	0,7			
P7	0,3		1,89	170
	0,7			

4.2.1.2 Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

As verificações de cada grupo são apresentadas através de tabelas, que demonstram a aprovação ou reprovação de cada um dos grupos, quando da presença de pintura clara (absortância de 0,3) ou escura (absortância de 0,7) na parede externa, em relação aos instrumentos regulamentadores para cada zona bioclimática.

Tabela 39 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pela NBR 15.220-3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P2	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P3	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Tabela 40 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pela NBR 15.220-3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P2	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P3	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado ■ Reprovado ■

A Tabela 39 e Tabela 40 anteriores demonstram o mesmo comportamento dos grupos na NBR 15.220-3, independente da variação de cor na pintura externa. Os grupos P6 e P7 são aprovados em todas as zonas bioclimáticas; seguido pelos grupos P2, P3 e P4 aprovados em cinco zonas, Grupo P1, que foi aprovado em quatro zonas. E por fim, o grupo P5, reprovado em todas as zonas. Observa-se também que as zonas bioclimáticas 4, 6 e 7 são as que apresentam maiores restrições aos sistemas construtivos em análise, visto que somente 2 grupos são aprovados para tais zonas.

Tabela 41 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pela NBR 15.575

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Tabela 42 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pela NBR 15.575

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

A Tabela 41 e Tabela 42 anteriores demonstram para a NBR 15.575 comportamentos diferentes para os mesmos grupos de sistemas construtivos quando há variação na cor da parede externa. Do total de 56 avaliações entre os 7 grupos e 8 zonas bioclimáticas, houveram 30 aprovações quando na presença de pintura clara contra 17 para pintura escura.

Ao se analisar o comportamento de cada grupo com parede clara em relação às zonas bioclimáticas, tem-se se os grupos P4 e P7 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelos grupos P1 e P2, aprovados em seis zonas. Grupos P3 e P6, aprovados em apenas uma zona. E por fim, o grupo P5, reprovado em todas as zonas. Observa-se também que as zonas bioclimáticas 1 e 2 são as que apresentam maiores restrições aos sistemas construtivos em análise, em que somente 2 grupos são aprovados para tais zonas.

Para parede escura, tem-se se os grupos P4 e P7 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelo grupo P6, aprovado em apenas uma zona. E, os grupos P1, P2, P3 e P5 reprovado em todas as zonas. Observa-se também que todas as zonas bioclimáticas, excetuando-se a zona 8, apresentam restrições iguais aos

sistemas construtivos com cor escura em análise, em que somente 2 grupos são aprovados para tais zonas.

Tabela 43 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pelo Selo Casa Azul

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Tabela 44 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pelo Selo Casa Azul

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

A Tabela 43 e Tabela 44 anteriores demonstram para o Selo Azul comportamentos diferentes para os mesmos grupos de sistemas construtivos quando há variação na cor da parede externa. Do total de 56 avaliações, houveram 29 aprovações quando na presença de pintura clara contra 17 para pintura escura.

Ao se analisar o comportamento de cada grupo com parede clara em relação às zonas bioclimáticas, tem-se se os grupos P4 e P7 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelos grupos P1 e P2, aprovados em seis zonas. Grupo P6, aprovado em apenas uma zona. E por fim, os grupos P3 e P5, reprovado em todas as zonas. Observa-se também que as zonas bioclimáticas 1 e 2 são as que apresentam maiores restrições aos sistemas construtivos com parede externa clara em análise, em que somente 2 grupos são aprovados para tais zonas.

Para parede escura, tem-se se os grupos P4 e P7 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelo grupo P6, aprovado em apenas uma zona. E, os grupos P1, P2, P3 e P5 reprovado em todas as zonas. Observa-se também que todas as zonas bioclimáticas, excetuando-se a zona 8, apresentam restrições iguais aos sistemas construtivos com cor escura em análise, em que somente 2 grupos são aprovados para tais zonas.

Tabela 45 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pelo RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Tabela 46 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pelo RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

A Tabela 45 e Tabela 46 anteriores demonstram para o RTQ-R comportamentos diferentes para os mesmos grupos de sistemas construtivos quando há variação na cor da parede externa. Do total de 56 avaliações, houve 30 aprovações quando na presença de pintura clara contra 17 para pintura escura.

Ao se analisar o comportamento de cada grupo com parede clara em relação às zonas bioclimáticas, tem-se se os grupos P4 e P7 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelos grupos P1 e P2, aprovados em seis zonas. Grupos P3 e P6 aprovados em apenas uma zona. E por fim, o grupo P5, reprovado em todas as zonas. Observa-se também que as zonas bioclimáticas 1 e 2 são as que apresentam maiores restrições aos sistemas construtivo com parede externa clara em análise, em que somente 2 grupos são aprovados para tais zonas.

Para parede escura, tem-se se os grupos P4 e P7 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelo grupo P6, aprovado em apenas uma zona. E, os grupos P1, P2, P3 e P5 reprovado em todas as zonas. Observa-se também que todas as zonas bioclimáticas, excetuando-se a zona 8, apresentam restrições iguais aos sistemas construtivos com parede externa escura em análise, em que somente 2 grupos são aprovados para tais zonas.

4.2.1.3 Síntese da Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envolória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

Para uma análise global dos grupos em relação a todos os instrumentos regulamentadores, apresenta-se A Tabela 47 e Tabela 48 a seguir. Neles é possível identificar simultaneamente o comportamento do grupo em todos os instrumentos. Para preenchimento adotou-se como critério para caracterizar aprovação um dado grupo deve ser aprovado em todos os quatro instrumentos para cada zona bioclimática.

Tabela 47 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Clara pela NBR 15220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Tabela 48 – Verificação dos Sistemas de Parede de Cor Escura pela NBR 15220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P1	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P2	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
P6	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
P7	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

Assim, é possível identificar qual sistema construtivo é indicado para cada zona bioclimática, que irá cumprir com as exigências mínimas de desempenho térmico imposta por importantes instrumentos regulamentadores no atual setor das edificações brasileiras. É relevante observar duas situações extremas, a aprovação do grupo P7 e a reprovação do grupo P5 em todas as zonas bioclimáticas tanto quando na presença de pintura externa clara como escura.

Além do exposto pelas tabelas anteriores, no que diz respeito à relevância de informações necessárias para o universo deste trabalho, há ainda algumas observações que cabem ser ressaltadas por serem comuns à todos os instrumentos regulamentadores: comportamento em relação a cor da pintura externa e o número de aprovações global. Para isso, foram gerados gráficos que expressam tais observações.

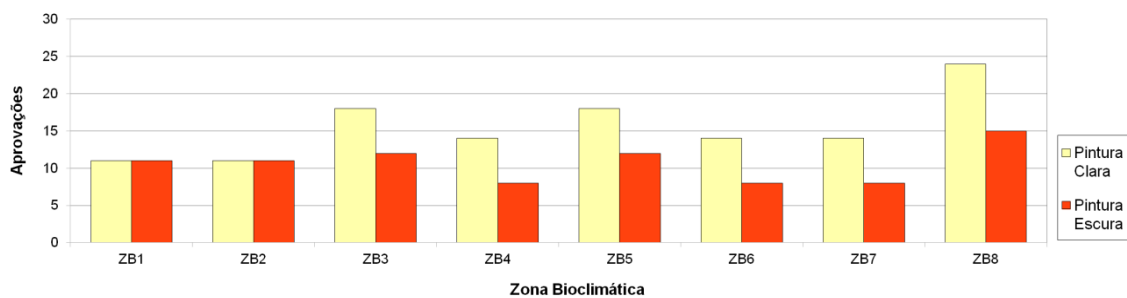


Figura 27 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Paredes segundo Pintura Clara e Escura em cada Zona Bioclimática.

O gráfico da Figura 27 anterior apresenta de forma global o exposto das tabelas anteriores no que diz respeito a cor da parede externa. Identifica-se a influência da cor da parede externa, em que a cor clara favoreceu em maiores aprovações, não sendo notado para qualquer zona bioclimática mais aprovações para paredes de cor escura, apenas inferior ou igual ao número de aprovações para paredes de cor clara. Assim, mesmo com a grande área territorial do Brasil, o emprego de cores claras para pintura externa sempre favorece um maior desempenho térmico às edificações.

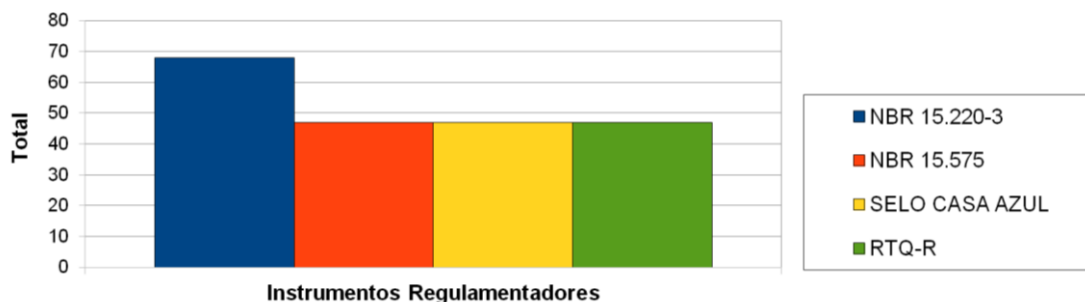


Figura 28 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Paredes com Pintura Clara e Escura em cada Instrumento Regulamentador

Em relação ao número de aprovações acumuladas em cada instrumento regulamentador, tem-se para a NBR 15.220-3 o maior número de aprovações, seguidos em níveis iguais de aprovações pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R. Por este dado, constata-se para o conjunto de verificações deste trabalho tendência a maiores níveis de exigências e restrições por parte dos demais instrumentos regulamentadores em relação à NBR 15.220-3 que foi a primeira normatização técnica brasileira para desempenho térmico de edificações.

4.2.2 Sistema de Cobertura

Trata-se de um universo de 92 avaliações para os grupos C1 e C2 e 32 para os grupos C3, C4 e C5 definidos para análise do sistema de cobertura no estudo de caso proposto para este trabalho. Para o Grupo C1 e C2 serão 12 avaliações em cada zona bioclimática, que se subdividem em 4 avaliações para a telha cerâmica clara, 4 para a telha cerâmica média e 4 para a telha cerâmica escura. Para os Grupos C3 e C4 serão 4 avaliações em cada zona bioclimática. Sendo este mesmo procedimento de avaliação se aplicado também quando na presença de lâmina de alumínio sob as telhas.

4.2.2.1 Propriedades Térmicas

O método para avaliação dos sistemas de cobertura propôs que estes fossem verificados tanto na presença como na ausência de lâmina de alumínio na composição de cada sistema. A apresentação é feita sobre forma de Tabelas, segundo a presença ou ausência de lâminas, onde cada grupo se refere a um sistema construtivo de cobertura.

Tabela 49 – Propriedades Térmicas para os Sistemas Construtivos de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio

Grupo	Absortância (α)	Transmitância Térmica W/m².K	Capacidade Térmica KJ/m².K
C1	0,37 0,65 0,77	2,09	31
C2	0,37 0,65 0,77	1,94	37
C3	0,64	2,10	36
C4	0,64	1,96	43
C5	0,74	2,06	233

Tabela 50 – Propriedades Térmicas para os Sistemas Construtivos de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio

Grupo	Absortância	Transmitância	Capacidade
	(α)	Térmica W/m ² .K	Térmica KJ/m ² .K
C1*	0,37	1,14	31
	0,65		
	0,77		
C2*	0,37	1,09	37
	0,65		
	0,77		
C3*	0,64	1,14	36
C4*	0,64	1,10	43
C5*	0,74	1,13	233

4.2.2.2 Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

As verificações de cada grupo são apresentadas através de tabelas, que demonstram a aprovação ou reprovação de cada um dos grupos. Serão verificados tanto na presença como na ausência de lâmina de alumínio, em relação aos instrumentos regulamentadores para cada zona bioclimática. Serão verificados segundo os valores de absortância à radiação solar identificados através do processo de medição. E, os grupos C1 e C2, que têm telha cerâmica no seu sistema construtivo, serão verificados nas variações de tonalidade já definidas para caracterização do material neste trabalho: clara (absortância de 0,37), média (absortância de 0,65) e escura (absortância 0,77).

A Tabela 51 e Tabela 52 a seguir demonstram para a NBR 15.220-3 comportamentos diferentes para os mesmos grupos de sistemas construtivos quando há presença ou não de lâmina, exceto para o grupo C2 em todas as suas variações de absortância e grupo C4. Do total de 72 avaliações, houve 37 aprovações quando na ausência de lâmina de alumínio contra 72 na presença de lâmina.

Ao se analisar o comportamento de cada grupo na ausência de lâmina em relação às zonas bioclimáticas, tem-se os grupos C2 em todas as variações de absortância e C4 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelos grupos C1, C3 e C5 aprovados em sete zonas.

Na presença de lâmina, têm-se todos os grupos aprovados em todas as zonas bioclimáticas.

Tabela 51 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1-0,37	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
C1-0,65	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
C1-0,77	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
C2-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2-0,65	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2-0,77	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
C4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

Tabela 52 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1*-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C1*-0,65	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C1*-0,77	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,65	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,77	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C3*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C4*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C5*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

A Tabela 53 e Tabela 54 a seguir demonstram para a NBR 15.575 comportamentos diferentes para os mesmos grupos de sistemas construtivos quando há presença ou não de lâmina, exceto para os grupos C1-0,37 e C2-0,37. Do total de 72 avaliações, houve 30 aprovações quando na ausência de lâmina de alumínio contra 72 na presença de lâmina.

Tabela 53 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.575

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C1-0,65	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C1-0,77	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C2-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2-0,65	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C2-0,77	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C3	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C4	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C5	Aprovado	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado

Aprovado  Reprovado 

Tabela 54 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.575

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1*-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C1*-0,65	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C1*-0,77	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,65	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,77	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C3*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C4*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C5*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

Ao se analisar o comportamento de cada grupo na ausência de lâmina em relação às zonas bioclimáticas, tem-se os grupos C1-0,37 e C2-0,37 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelos grupos C1-0,65, C1- 0,77, C2-0,65, C2-0,77, C3, C4 e C5 aprovados em seis zonas.

Na presença de lâmina, têm-se todos os grupos aprovados em todas as zonas bioclimáticas.

A Tabela 55 e Tabela 56 a seguir demonstram para o Selo Casa Azul comportamentos diferentes para os mesmos grupos de sistemas construtivos quando há presença ou não de lâmina, exceto para os grupos C1-0,37 e C2-0,37. Do total de 72 avaliações, houve 30 aprovações quando na ausência de lâmina de alumínio contra 72 na presença de lâmina.

Tabela 55 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pelo Selo Casa Azul

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C1-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C1-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C2-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C2-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C2-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C3	■	■	■	■	■	■	■	■
C4	■	■	■	■	■	■	■	■
C5	■	■	■	■	■	■	■	■

Aprovado ■ Reprovado ■

Tabela 56 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pelo Selo Casa Azul

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1*-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C1*-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C1*-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C2*-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C2*-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C2*-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C3*	■	■	■	■	■	■	■	■
C4*	■	■	■	■	■	■	■	■
C5*	■	■	■	■	■	■	■	■

Aprovado ■ Reprovado ■

Ao se analisar o comportamento de cada grupo na ausência de lâmina em relação às zonas bioclimáticas, tem-se os grupos C1-0,37 e C2-0,37 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelos grupos C1-0,65, C1- 0,77, C2-0,65, C2-0,77, C3, C4 e C5 aprovados em seis zonas.

Na presença de lâmina, têm-se todos os grupos aprovados em todas as zonas bioclimáticas.

A Tabela 57 e Tabela 58 a seguir demonstram para o RTQ-R comportamentos diferentes para os mesmos grupos de sistemas construtivos quando há presença ou não de lâmina, exceto para os grupos C1-0,37 e C2-0,37. Do total de 72 avaliações,

houve 30 aprovações quando na ausência de lâmina de alumínio contra 72 na presença de lâmina.

Tabela 57 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pelo RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C1-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C1-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C2-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C2-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C2-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C3	■	■	■	■	■	■	■	■
C4	■	■	■	■	■	■	■	■
C5	■	■	■	■	■	■	■	■

Aprovado ■ Reprovado ■

Tabela 58 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pelo RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1*-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C1*-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C1*-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C2*-0,37	■	■	■	■	■	■	■	■
C2*-0,65	■	■	■	■	■	■	■	■
C2*-0,77	■	■	■	■	■	■	■	■
C3*	■	■	■	■	■	■	■	■
C4*	■	■	■	■	■	■	■	■
C5*	■	■	■	■	■	■	■	■

Aprovado ■ Reprovado ■

Ao se analisar o comportamento de cada grupo na ausência de lâmina em relação às zonas bioclimáticas, tem-se os grupos C1-0,37 e C2-0,37 aprovados em todas as zonas bioclimáticas. Seguido pelos grupos C1-0,65, C1-0,77, C2-0,65, C2-0,77, C3, C4 e C5 aprovados em seis zonas.

Na presença de lâmina, têm-se todos os grupos aprovados em todas as zonas bioclimáticas.

4.2.2.3 Síntese da Verificação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré-Requisitos da Envoltória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

Para uma análise global dos grupos em relação a todos os instrumentos regulamentadores, apresenta-se a Tabela 59 e Tabela 60 a seguir. Assim, como já demonstrado e realizado para o sistema de paredes, através deles é possível identificar simultaneamente o comportamento do grupo em todos os instrumentos. Para preenchimento adotou-se como critério para caracterizar aprovação um dado grupo deve ser aprovado em todos os quatro instrumentos para cada zona bioclimática.

Tabela 59 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1-0,37	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado
C1-0,65	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C1-0,77	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C2-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2-0,65	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C2-0,77	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C3	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C4	Aprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado
C5	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Reprovado

Aprovado  Reprovado 

Tabela 60 – Verificação dos Sistemas de Cobertura na Presença de Lâmina de Alumínio pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
C1*-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C1*-0,65	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C1*-0,77	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,37	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,65	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C2*-0,77	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C3*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C4*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
C5*	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Aprovado  Reprovado 

Por estas tabelas é possível identificar qual sistema construtivo é indicado para cada zona bioclimática, que irá cumprir com as exigências mínimas de desempenho térmico. É relevante observar duas situações extremas, a aprovação do grupo C2-0,37 e a reprovação do grupo C3 e C5 em todas as zonas bioclimáticas na ausência de lâmina. E, a aprovação de todos os grupos em todas as zonas bioclimáticas quando na presença de lâmina de alumínio, conforme já denotado nas avaliações específicas do item anterior. O resultado desta verificação demonstra que a presença de lâmina de alumínio, favorece o desempenho térmico de qualquer sistema de cobertura em qualquer região do país. A lâmina de alumínio funciona como uma subcobertura que constitui assim uma barreira a transferência de radiação do meio externo para o meio interno.

Outro fator a ser observado é que seguido ao grupo de total aprovação na ausência de lâmina de alumínio, o C2-0,37, está o grupo C1-0,37, que é também aprovado em sua totalidade em todos os instrumentos regulamentadores e zonas, excetuando-se à NBR 15.220-3 para as zonas bioclimáticas de 1 a 7.

Outras observações são de relevância para este trabalho, que refere-se ao comportamento dos grupos quando na ausência de lâmina de alumínio em todos os instrumentos regulamentadores em relação as variações de cor das telhas. Para tanto, apresentam-se os gráficos a seguir.

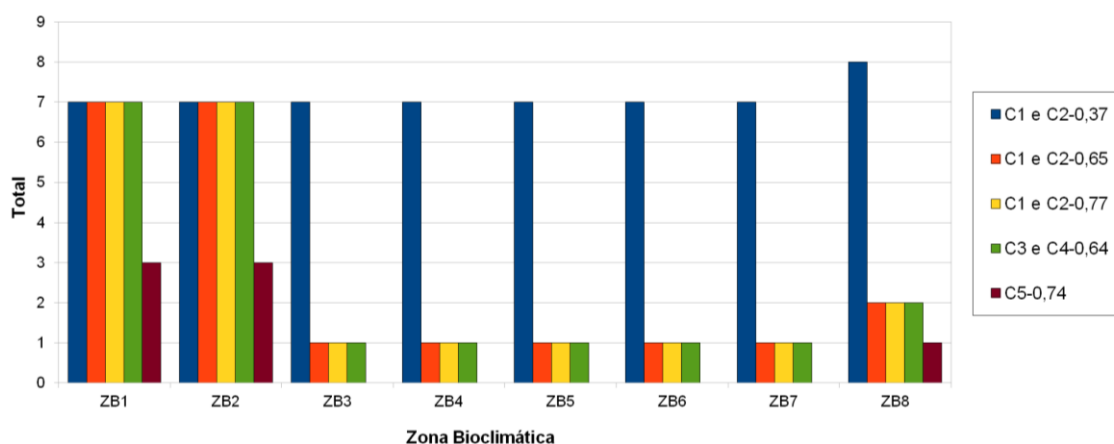


Figura 29 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio em cada Zona Bioclimática

O gráfico da Figura 29 anterior apresenta de forma global o exposto das tabelas anteriores no que diz respeito a cor das telhas. Neste gráfico, os grupos foram agrupados conforme as cores e sua respectiva absorvância em relação à quantidade de aprovações em todos os instrumentos regulamentadores. E, vale ressaltar para essa classificação que as telhas C3 e C4 ambos estão agrupados, pois este gráfico refere-se a cor das telhas e ambos possuem telha de concreto. Porém, tem-se que o grupo C3 quando avaliado isoladamente através das tabelas anteriores apresenta quantidade significativamente inferior de aprovações em relação ao grupo C4.

As telhas cerâmicas são as que acumulam maiores aprovações, em que a de cor clara está em primeiro lugar, seguida pela cor média e depois escura. Em seguida, estão as de concreto, e a de fibrocimento. Apesar da telha cerâmica escura apresentar absorvância maior que a telha de fibrocimento, a primeira acumula mais aprovações.

Tem-se que, as telhas cerâmicas com cores mais claras, obtiveram mais aprovações, não sendo notado em todas as zonas bioclimáticas mais aprovações para telhas de concreto ou de fibrocimento, apenas inferior ou igual ao número de aprovações para telhas cerâmicas claras.



Figura 30 – Gráfico Somatório de Aprovações do Sistema de Cobertura na Ausência de Lâmina de Alumínio em cada Instrumento Regulamentador

Tem-se para a NBR 15.220-3 o maior número de aprovações, seguidos em níveis iguais de aprovações pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R. O mesmo foi denotado na avaliação do sistema de paredes, afirmando o já exposto de que há uma tendência a maiores níveis de exigências e restrições por parte dos demais instrumentos regulamentadores em relação à NBR 15.220-3 que foi a primeira normatização técnica brasileira para desempenho térmico de edificações.

Nesta etapa de avaliações dos sistemas construtivos, consolida-se uma prescrição mínima a ser seguida no desenvolvimento de projetos e construção de habitações de interesse social, que poderá contribuir para aumento dos índices de desempenho térmico das habitações.

4.3 Sistemas Selecionados: Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo e Método de Simulação

Como definido ao longo do Método, a escolha dos sistemas construtivos que irão definir as duas envoltórias a serem verificadas pelo método prescritivo e de simulação foi determinada a partir das verificações da etapa anterior. A primeira corresponde aos sistemas construtivos de parede e cobertura com maior número de aprovações, e a segunda com menor número de aprovações. O estudo verificado para essas duas envoltórias contemplou duas orientações solares distintas, uma com as fachadas de aberturas Norte-Sul e a outra Leste-Oeste.

A Envoltória 1 descrita na Tabela 61 a seguir, com maior número de aprovações, é caracterizada pelo sistema de parede P7, que foi aprovado em todos os instrumentos regulamentadores tanto quando na presença de parede clara como escura. Como denotado nas avaliações anteriores, que as paredes claras apresentam um melhor desempenho térmico, optou-se por caracterizar como clara (absortância de 0,3) a parede externa deste grupo. E, sistema de cobertura C2*-0,37. Este sistema é aprovado em sua totalidade tanto na presença como ausência de lâmina.

A Envoltória 2 descrita na Tabela 62 a seguir, composta de parede e cobertura com menor número de aprovações, é caracterizada pelo sistema de parede P5, reprovado em todos os instrumentos regulamentadores tanto quando na presença de parede clara como escura. Como foi verificado que as paredes escuras, apresentam desempenho térmico inferior, optou-se por caracterizar como escura (absortância de 0,7) a parede externa deste grupo, e o sistema de cobertura C3-0,64, que é majoritariamente reprovado na ausência de lâmina. Observa-se que igualmente ao grupo C3, o grupo C5 apresenta o menor índice de aprovação em relação aos

instrumentos regulamentadores, dentre as amostras de cobertura selecionadas para este trabalho.

Tabela 61 – Caracterização Envolvente 1, P7/C2*-0,37 – Sistema de Parede e Cobertura com Maior Número de Aprovações

Sistema	Grupo	Material	Dimensões	α	U	CT
Construtivo				adimensional	W/m ² .K	KJ/m ² .K
Parede	P7	Pintura Externa	-	0,3	1,89	170
		Argamassa Externa	2,5 cm			
		Bloco Cerâmico	9,0x14,0x24,0 cm			
		Argamassa Interna	2,5 cm			
Cobertura	C2* - 0,37	Telha Cerâmica com Lâmina de Alumínio	-	0,37	1,09	37
		Câmara de ar	5 cm			
		Forro Gesso	3 cm			

Tabela 62 – Caracterização Envolvente 2, P5/C3 – Sistema de Parede e Cobertura com Menor Número de Aprovações

Sistema	Grupo	Material	Dimensões	α	U	CT
Construtivo				adimensional	W/m ² .K	KJ/m ² .K
Parede	P5	Pintura Externa	-	0,7	4,40	240
		Concreto Maciço	Larg:10 cm			
Cobertura	C3	Telha Concreto	-	0,64	2,10	36
		Câmara de ar	5 cm			
		Forro PVC	1 cm			

Dessa forma, consolidam-se as quatro situações para aplicação do método prescritivo e de simulação, agrupadas em cada uma das duas envoltórias e assim identificadas conforme indicação para nomenclatura definida no Método.

Para Envoltória 1, tem-se:

- P7/C2*-0,37 NS
- P7/C2*-0,37 LO

Para Envoltória 2, tem-se:

- P5/C3 NS
- P5/C3 LO

4.3.1 Verificação dos Pré- Requisitos da Envoltória para os Sistemas Selecionados

A verificação dos pré-requisitos é uma etapa que deve ser feita previamente a aplicação tanto do método prescritivo como para o método de simulação. Assim é demonstrada a seguir a verificação para as quatro condições do estudo de caso anteriormente definidas.

4.3.1.1 Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

Este pré-requisito é verificado separadamente para os dois componentes da envoltória, parede e cobertura, variando segundo a zona bioclimática. A prescrição do RTQ-R (BRASIL, 2012a) para transmitância térmica e capacidade térmica é dada segundo a absortância solar de cada componente. Assim, a apresentação dos resultados é feita a seguir através da Tabela 63 e Tabela 64, que já apresentam o resultado correspondente a absortância solar de cada sistema, para cada um dos dois grupos definidos para caracterização da envoltória.

Este pré-requisito é independente da orientação solar, por isso se aplica ao estudo de caso em qualquer variação de orientação. E, como toda a UH apresenta as mesmas condições de envoltória em todos os ambientes, os resultados a seguir são únicos e se aplicam a UH em sua totalidade.

Tabela 63 – Verificação do Cumprimento dos Pré-Requisitos do RTQ-R de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies para Envoltória 1, P7/C2*-0,37 – Sistema de Parede e Cobertura com Maior Número de Aprovações

Zona -Cidade	Componente	α adimens.	U W/m ² .K	Cumprimento	CT KJ/m ² .K	Cumprimento
1-Curitiba	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sim
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência
2-Santa Maria	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sim
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência
3-Florianópolis	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sim
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência
4-Brasília	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sim
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência
5-Santos	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sim
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência
6-Campo Grande	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sim
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência
7-Cuiabá	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sim
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência
8-Salvador	Parede	0,3	1,89	Sim	170	Sem Exigência
	Cobertura	0,37	1,09	Sim	37	Sem Exigência

Tabela 64 – Verificação do Cumprimento dos Pré-Requisitos do RTQ-R de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies para Envoltória 2, P5/C2 – Sistema de Parede e Cobertura com Menor Número de Aprovações

Zona -Cidade	Componente	α adimens.	U W/m ² .K	Cumprimento	CT KJ/m ² .K	Cumprimento
1-Curitiba	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sim
	Cobertura	0,64	2,10	Sim	36	Sem Exigência
2-Santa Maria	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sim
	Cobertura	0,64	2,10	Sim	36	Sem Exigência
3-Florianópolis	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sim
	Cobertura	0,64	2,10	Não	36	Sem Exigência
4-Brasília	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sim
	Cobertura	0,64	2,10	Não	36	Sem Exigência
5-Santos	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sim
	Cobertura	0,64	2,10	Não	36	Sem Exigência
6-Campo Grande	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sim
	Cobertura	0,64	2,10	Não	36	Sem Exigência
7-Cuiabá	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sim
	Cobertura	0,64	2,10	Não	36	Sem Exigência
8-Salvador	Parede	0,7	4,40	Não	240	Sem Exigência
	Cobertura	0,64	2,10	Não	36	Sem Exigência

Assim, como demonstrado, pela verificação da transmitância térmica, capacidade térmica e absortância, tem-se que as condições de envoltória P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO que têm maior acúmulo de aprovações para sistema construtivo de parede e cobertura segundo a etapa anterior, cumprem com os pré-requisitos

quando situadas em todas as oito cidades. E a reprovação de P5/C3 NS e P5/C3 LO em todas as oito cidades, que têm o menor acúmulo de aprovações segundo a etapa anterior.

4.3.1.2 Ventilação Natural

Os pré-requisitos de ventilação natural do estudo de caso são verificados segundo dois critérios: percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação e ventilação cruzada. A apresentação dos resultados para os dois critérios é feita através da Tabela 65 e Tabela 66 a seguir. Este pré-requisito é independente da condição da envoltória e orientação solar, por isso se aplica a todas as quatro condições definidas para o estudo de caso.

Para o primeiro, a verificação e apresentação dos resultados são feitos separadamente para os ambientes de permanência prolongada da UH em questão para cada cidade representativa da zona bioclimática.

Para o segundo critério, como se baseia na tipologia da edificação e não varia conforme zona bioclimática ou ambiente, o resultado é único e é válido para avaliação do estudo de caso em todas as cidades escolhidas para análise.

Tabela 65 – Verificação Percentual de Áreas Mínimas para Ventilação
(continuação)

Zona	Cidade	Ambiente	Área Piso (m ²)	Abertura para Ventilação (%)	Cumprimento
1	Curitiba	Quarto 1	6,96	7,75	Não
		Quarto 2	7,08	7,63	Não
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Sim
2	Santa Maria	Quarto 1	6,96	7,75	Não
		Quarto 2	7,08	7,63	Não
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Sim
3	Florianópolis	Quarto 1	6,96	7,75	Não
		Quarto 2	7,08	7,63	Não
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Sim

Tabela 65 – Verificação Percentual de Áreas Mínimas para Ventilação
(conclusão)

Zona	Cidade	Ambiente	Área Piso (m ²)	Abertura para Ventilação (%)	Cumprimento
4	Brasília	Quarto 1	6,96	7,75	Não
		Quarto 2	7,08	7,63	Não
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Sim
5	Santos	Quarto 1	6,96	7,75	Não
		Quarto 2	7,08	7,63	Não
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Sim
6	Campo Grande	Quarto 1	6,96	7,75	Não
		Quarto 2	7,08	7,63	Não
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Sim
7	Cuiabá	Quarto 1	6,96	7,75	Sim
		Quarto 2	7,08	7,63	Sim
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Sim
8	Salvador	Quarto 1	6,96	7,75	Não
		Quarto 2	7,08	7,63	Não
		Sala e Cozinha	15,21	10,25	Não

Em todas as quatro condições para as cidades de Curitiba, Santa Maria, Florianópolis, Brasília, Santos e Campo Grande, pela verificação da ventilação natural, observa-se que os quartos não apresentam janelas com áreas suficientes à ventilação segundo o recomendado. A sala e cozinha os únicos ambientes da UH que cumprem os pré-requisitos de ventilação. Quando em Cuiabá e em Salvador quartos, sala e cozinha cumprem os pré-requisitos de ventilação.

Tabela 66 – Verificação Ventilação Cruzada

A ₁ Somatório Orientação com maior área de abertura (m ²)	A ₂ Somatório Área efetiva de abertura nas fachadas das demais orientações (m ²)	A ₂ /A ₁ (m ²)	Cumprimento
1,62	1,08	0,66	Sim

Todos os ambientes cumprem a recomendação dos pré-requisitos para todas as oito cidades. Ou seja, a UH possui janelas distribuídas ao longo das fachadas de forma que favorece a ventilação cruzada.

4.3.1.3 Iluminação Natural

A verificação deste pré-requisito se dá através da porcentagem de iluminação em relação à área de cada ambiente da UH. A verificação e apresentação dos resultados são feitos separadamente para os ambientes de permanência prolongada da UH, e se aplica a todas as quatro condições definidas para o estudo de caso, pois é independente das características térmicas da envoltória e orientação solar. Este pré-requisito se baseia nos ambientes e suas aberturas e não varia conforme zona bioclimática. Portanto, o resultado é único e se aplica para avaliação do estudo de caso em todas as cidades escolhidas para análise. A seguir a Tabela 67 apresenta o resultado da verificação.

Tabela 67 – Verificação Iluminação Natural

Ambiente	Área Piso (m²)	Área Aberturas para Iluminação (m²)	Área Aberturas para Iluminação/ Área Piso (%)	Cumprimento
Quarto 1	6,96	0,96	13,79	Sim
Quarto 2	7,08	0,96	13,56	Sim
Sala e Cozinha	15,21	2,88	18,93	Sim

Todos os ambientes cumprem a recomendação dos pré-requisitos para todas as oito cidades. Ou seja, a UH possui janelas com área envidraçada suficiente ao recomendado para iluminação em todos os ambientes.

4.3.2 Sistemas Selecionados: Método Prescritivo

Este método foi aplicado para determinação do desempenho térmico da UH, obtido através do equivalente numérico. Foi aplicado nas quatro condições do estudo de caso, que se caracterizam segundo a envoltória e orientação solar.

Tabela 45 – Variáveis

(conclusão)

Variável	Quarto 1			Quarto 2			Sala e Cozinha			Quarto 1			Quarto 2			Sala e Cozinha		
	Quarto 1	Quarto 2	Sala e Cozinha	Quarto 1	Quarto 2	Sala e Cozinha	Quarto 1	Quarto 2	Sala e Cozinha	Quarto 1	Quarto 2	Sala e Cozinha	Quarto 1	Quarto 2	Sala e Cozinha	Quarto 1	Quarto 2	Sala e Cozinha
Acob	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Upar	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
CTpar	170	170	170	170	170	170	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Apar	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
CTbaixa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CTalta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cob	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APambN	6,05	6,18	0	6,00	0	4,00	6,05	6,18	0	6,00	0	4,00	6,05	6,18	0	6,00	0	4,00
APambS	0	0	12,65	0	6,00	7,13	0	0	12,65	0	6,00	7,13	0	6,00	7,13	0	6,00	7,13
APambL	0	6,00	7,13	6,05	6,18	0	0	6,00	7,13	6,05	6,18	0	0	6,00	7,13	6,05	6,18	0
APambO	6,00	0,00	4	0	0	12,65	6,00	0,00	4	0	0	12,65	6,00	0,00	4	0	0	12,65
AAbN	1,20	1,20	0	0	0	0	1,20	1,20	0	0	0	0	1,20	1,20	0	0	0	0
AAbS	0	0	3,60	0	0	0	0	0	3,60	0	0	3,60	0	0	3,60	0	0	3,60
AAbL	0	0	0	1,20	1,20	0	0	0	0	1,20	1,20	0	0	0	0	1,20	1,20	0
AAbO	0	0	0	0	0	3,60	0	0	0	0	0	3,60	0	0	0	0	0	3,60
Fvent	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
AparInt	13,25	13,375	20,875	13,25	13,37	20,875	13,25	13,375	20,875	13,25	13,375	20,875	13,25	13,375	20,875	13,25	13,375	20,875
PD	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Caltura	0,359	0,353	0,164	0,359	0,353	0,164	0,359	0,353	0,164	0,359	0,353	0,164	0,359	0,353	0,164	0,359	0,353	0,164
Isol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uvid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Obs: A definição das variáveis está descrita no ANEXO C: "RTQ-R – Método Prescritivo (UH): Cálculo do Indicador de Graus-Hora para Resfriamento e Cálculo do Consumo Relativo para Aquecimento"

4.3.2.2 Zona Bioclimática 1: Curitiba-PR

Conforme a Tabela 69 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos resulta num mesmo equivalente numérico para todos os tipos. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência nos quartos para “C”. E que os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO, em todos os ambientes, não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância, o que acarreta em redução da eficiência para “C”.

Os resultados relacionados ao consumo relativo para aquecimento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência para os tipos, P5/C3 LO e P5/C3 NS, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, porém este não afeta os níveis de eficiência do consumo relativo para aquecimento. Os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância, porém os níveis permanecem os mesmos já que os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores ou iguais a “C”.

Os níveis de eficiência para resfriamento e aquecimento tendem a ser maiores quando na orientação Norte-Sul. Em relação aos sistemas construtivos nota-se que, para resfriamento, as envoltórias dos ambientes do tipo P5/C3 tendem a apresentar melhor eficiência do que o tipo P7/C2*-0,37.

Observa-se que a variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos não foi suficiente para alterar o nível de eficiência da envoltória em todas as quatro condições de avaliação. O melhor nível de classificação obtido foi para o tipo P5/C3 LO, seguido pelos tipos P5/C3 NS, P7/C2*-0,37 LO e P7/C2*-0,37 que obtiveram nível “D”.

Apesar do tipo P5/C3 ter apresentado o menor nível de desempenho na avaliação da etapa anterior, aqui ele apresentou melhor eficiência devido ao fato de Curitiba ser uma cidade que apresenta temperaturas medias anuais consideravelmente baixas na maior parte do ano, fazendo com que a classificação geral da UH se comporte melhor que as demais no inverno.

Tabela 69 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Curitiba-PR, Zona Bioclimática 1

		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível										
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	196	4	B	3	C	74,333	1	E	1	E	4	1,52	1,72	D	3,52	1,52	1,68	D
	Quarto 2	7,08	194	4	B	3	C	73,727	1	E	1	E								
	Sala	15,21	147	4	B	4	B	59,031	2	D	2	D								
	Cozinha																			
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	214	4	B	3	C	77,364	1	E	1	E	4	1,52	1,72	D	3,52	1,52	1,68	D
	Quarto 2	7,08	193	4	B	3	C	77,273	1	E	1	E								
	Sala	15,21	222	4	B	4	B	52,527	2	D	2	D								
	Cozinha																			
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	192	4	B	3	C	54,331	2	D	2	D	4	2	2,16	D	3	2	2,08	D
	Quarto 2	7,08	190	4	B	3	C	54,167	2	D	2	D								
	Sala	15,21	166	4	B	3	C	51,909	2	D	2	D								
	Cozinha																			
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	210	4	B	3	C	57,318	2	D	2	D	4	2,52	2,64	C	3	2,52	2,52	C
	Quarto 2	7,08	191	4	B	3	C	57,149	2	D	2	D								
	Sala	15,21	239	4	B	3	C	44,968	3	C	3	C								
	Cozinha																			

4.3.2.3 Zona Bioclimática 2: Santa Maria-RS

Conforme a Tabela 70 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural. E que os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores que “C”, que é o nível máximo a ser obtido quando não se cumpre tal pré-requisito.

Os resultados relacionados ao consumo relativo para aquecimento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência igualmente para os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO e P7/C2*-0,37 NS. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, porém este não afeta os níveis de eficiência do consumo relativo para aquecimento. Os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância, o que acarreta em redução da eficiência em todos os ambientes para “C”.

Pelo exposto, denota-se a influência da orientação solar no desempenho da edificação. Observa-se que, entre envoltórias diferentes, os níveis de eficiência para resfriamento e aquecimento tendem a serem maiores quando na orientação Norte-Sul. Nota-se que, para resfriamento, as envoltórias dos ambientes do tipo P7/C2*-037 tendem a apresentar melhor eficiência, e para aquecimento as mesmas apresentam eficiência reduzidas em relação ao tipo P5/C3.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos para os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO. Para os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO, obteve-se “C” antes da verificação dos pré-requisitos e após a nível de eficiência reduziu-se para “D”.

Tabela 70 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Santa Maria, Zona Bioclimática 2

		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível										
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	7440	2	D	2	D	37,618	3	C	3	C	2,52	3	2,79	C	2,52	3	2,79	C
	Quarto 2	7,08	6765	2	D	2	D	37,381	3	C	3	C								
	Sala	15,21	5776	3	C	3	C	31,380	3	C	3	C								
	Cozinha																			
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	9003	1	E	1	E	38,867	3	C	3	C	1,762	3,52	2,75	C	1,762	3,52	2,75	C
	Quarto 2	7,08	7717	2	D	2	D	39,791	3	C	3	C								
	Sala	15,21	7429	2	D	2	D	27,981	4	B	4	B								
	Cozinha																			
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	9225	1	E	1	E	27,518	4	B	3	C	1,52	4	2,91	C	1,52	3	2,35	D
	Quarto 2	7,08	8589	1	E	1	E	27,515	4	B	3	C								
	Sala	15,21	8559	2	D	2	D	25,721	4	B	3	C								
	Cozinha																			
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	10826	1	E	1	E	28,739	4	B	3	C	1	4	2,68	C	1	3	2,12	D
	Quarto 2	7,08	9700	1	E	1	E	29,288	4	B	3	C								
	Sala	15,21	9921	1	E	1	E	24,168	4	B	3	C								
	Cozinha																			

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se, antes da verificação dos pré-requisitos, a melhor situação para P5/C3 NS, seguido por P7/C2*-0,37 NS, P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 LO. Após a verificação, a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO.

Assim, como o diagnosticado na avaliação da eficiência dos ambientes antes e após a verificação dos pré-requisitos, a implantação das fachadas de abertura Norte-Sul favorece níveis maiores de eficiência. Acompanhando o verificado na etapa anterior, em que a envoltória do tipo P5/C3 (paredes e telhas em concreto) apresentou o menor desempenho, o resultado demonstra que somente quando não se considera o pré-requisito das propriedades térmicas da envoltória este tipo apresenta melhor eficiência. Esta situação é devido ao fato da equação para determinação do equivalente numérico da envoltória enfatizar o equivalente numérico para aquecimento – significativamente maior do que o do tipo P7/C2*-0,37 – pelo fato de Santa Maria ser uma cidade que apresenta temperaturas medias anuais consideravelmente baixas. Sendo o tipo P7/C2*-0,37 (paredes e telhas em cerâmica) o que apresenta maior eficiência para a cidade de Santa Maria, pois mesmo apresentando eficiência menor para aquecimento, as propriedades térmicas dos sistemas construtivos conferem a edificação uma melhor inércia térmica, que faz com que retarde a transmissão de calor entre o meio externo e interno.

4.3.2.4 Zona Bioclimática 3: Florianópolis-SC

Conforme a Tabela 71 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência para o tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, e por fim igualmente P5/C3 NS e P5/C3 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural. E que os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores que “C”, que é o nível máximo a ser obtido quando não se cumpre tal pré-requisito.

Os resultados relacionados ao consumo relativo para aquecimento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência nos ambientes igualmente para os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO, seguido

igualmente pelos tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, porém este não afeta os níveis de eficiência do consumo relativo para aquecimento. Os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, porém os níveis permanecem os mesmos já que os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores que "C".

Os níveis de eficiência para resfriamento e aquecimento tendem a ser maiores para orientação das aberturas Norte-Sul. Em relação aos sistemas construtivos, nota-se que, para resfriamento e aquecimento, as envoltórias dos ambientes do tipo P7/C2*-037 tendem a apresentar melhor eficiência do que o tipo P5/C3. Entretanto, os níveis de eficiência dos ambientes para aquecimento é maior do que para resfriamento.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos para todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

O nível de eficiência é o mesmo em todas as condições, o "D". Mas, ao se considerar equivalente numérico, tem-se, antes e após a verificação dos pré-requisitos, a melhor situação para P5/C3 NS, seguido por P7/C2*-0,37 NS e por fim igualmente os tipos P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 LO.

Tabela 71 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Florianópolis-SC, Zona Bioclimática 3

		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível										
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	3152	2	D	2	D	12,877	3	C	3	C	2	3	2,36	D	2	3	2,36	D
	Quarto 2	7,08	3208	2	D	2	D	12,96	3	C	3	C								
	Sala	15,21	3047	2	D	2	D	17,977	3	C	3	C								
	Cozinha																			
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	3639	1	E	1	E	13,421	3	C	3	C	1,242	3	1,87	D	1,242	3	1,87	D
	Quarto 2	7,08	3161	2	D	2	D	15,057	3	C	3	C								
	Sala	15,21	3413	1	E	1	E	17,545	3	C	3	C								
	Cozinha																			
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	3684	1	E	1	E	14,888	3	C	3	C	1	2,48	1,53	D	1	2,48	1,53	D
	Quarto 2	7,08	3793	1	E	1	E	14,971	3	C	3	C								
	Sala	15,21	3866	1	E	1	E	19,975	2	D	2	D								
	Cozinha																			
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	4221	1	E	1	E	15,433	3	C	3	C	1	2,48	1,53	D	1	2,48	1,53	D
	Quarto 2	7,08	3702	1	E	1	E	17,069	3	C	3	C								
	Sala	15,21	4217	1	E	1	E	19,543	2	D	2	D								
	Cozinha																			

4.3.2.5 Zona Bioclimática 4: Brasília-DF

Conforme a Tabela 72 a seguir, os resultados dos equivalentes numéricos para graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência para os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO tipo seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural. E que os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores “C”, que é o nível máximo a ser obtido quando não se cumpre tal pré-requisito.

Os resultados dos equivalentes numéricos para consumo relativo para aquecimento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o mesmo nível de eficiência, “B”, em todas as quatro condições. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, porém este não afeta os níveis de eficiência do consumo relativo para aquecimento. Os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, o que acarreta em redução da eficiência de todos os ambientes para “C”.

Os níveis de eficiência para resfriamento e aquecimento tendem a ser maiores quando orientação das fachadas de abertura Norte-Sul. Em relação aos sistemas construtivos, nota-se que, para resfriamento, as envoltórias dos ambientes do tipo P5/C3 tendem a apresentar melhor eficiência do que o tipo P7/C2*-0,37.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos para os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO. Para os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO, obteve-se “C” antes da verificação dos pré-requisitos e após a nível de eficiência manteve-se o mesmo nível, apesar da redução do equivalente numérico.

Tabela 72 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Brasília-DF, Zona Bioclimática 4

		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível										
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	2358	2	D	2	D	7,924	4	B	4	B	2,52	4	2,99	C	2,52	4	2,99	C
	Quarto 2	7,08	2217	2	D	2	D	7,925	4	B	4	B								
	Sala	15,21	2050	3	C	3	C	9,773	4	B	4	B								
	Cozinha																			
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	2442	2	D	2	D	8,198	4	B	4	B	2,242	4	2,80	C	2,242	4	2,80	C
	Quarto 2	7,08	2105	3	C	3	C	9,219	4	B	4	B								
	Sala	15,21	2182	2	D	2	D	9,671	4	B	4	B								
	Cozinha																			
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	1968	3	C	3	C	7,614	4	B	3	C	3	4	3,32	C	3	3	3	C
	Quarto 2	7,08	1872	3	C	3	C	7,611	4	B	3	C								
	Sala	15,21	1971	3	C	3	C	9,413	4	B	3	C								
	Cozinha																			
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	2094	3	C	3	C	7,889	4	B	3	C	3	4	3,32	C	3	3	3	C
	Quarto 2	7,08	1762	3	C	3	C	8,972	4	B	3	C								
	Sala	15,21	2064	3	C	3	C	9,294	4	B	3	C								
	Cozinha																			

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes da verificação dos pré-requisitos a melhor situação igualmente para P5/C3 NS e P5/C3 LO, seguido igualmente por P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO. Após a verificação, a melhor situação verificada foi igualmente para P5/C3 NS e P5/C3 LO, seguido igualmente por P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO.

Assim, como o diagnosticado na avaliação da eficiência dos ambientes antes e após a verificação dos pré-requisitos, a implantação das fachadas de aberturas Norte-Sul favorece níveis maiores de eficiência, sendo notado o maior equivalente numérico quando ao longo deste. Os dois maiores equivalentes numéricos para envoltória do tipo P5/C3 não acompanha o exposto na etapa de avaliação anterior em que este tipo apresentou o menor desempenho. Entretanto, para a cidade de Brasília esse aumento do equivalente numérico conferido pela envoltória não é suficiente para aumentar o nível de eficiência da UH em relação ao P7/C2*-0,37.

4.3.2.6 Zona Bioclimática 5: Santos-SP

Conforme a Tabela 73 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência para o tipo P7/C2*-0,37 NS seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 LO e P5/C3 NS. Após a verificação tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, e que os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem a ventilação natural e também os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância. Os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são menores que "C".

Os níveis de eficiência para o tipo P7/C2*-0,37 são maiores quando a orientação das fachadas de aberturas é Norte-Sul, e para o tipo P5/C3 é maior quando Leste-Oeste. Em relação aos sistemas construtivos, nota-se que, para resfriamento, as envoltórias dos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 tendem a apresentar melhor eficiência do que o tipo P5/C3.

Tabela 73 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Santos-SP, Zona Bioclimática 5

Tipo	Ambiente	Área	GH _R	Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos	
				EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível
				Env Amb _{Resf.}		Env Amb _{Resf.}		Env _{Resfr} = EqNum Env		Env _{Resfr} = EqNum Env	
P7/C2 *-0,37 NS	Quarto 1	6,96	14370	2	D	2	D	2	D	2	D
	Quarto 2	7,08	13753	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	14387	2	D	2	D				
P7/C2 *-0,37 LO	Quarto 1	6,96	12546	2	D	2	D	1,72	D	1,72	D
	Quarto 2	7,08	10690	3	C	3	C				
	Sala Cozinha	15,21	14937	1	E	1	E				
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	15796	1	E	1	E	1	E	1	E
	Quarto 2	7,08	15121	1	E	1	E				
	Sala Cozinha	15,21	16345	1	E	1	E				
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	13902	2	D	2	D	1,48	E	1,48	E
	Quarto 2	7,08	11871	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	17167	1	E	1	E				

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos para todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS, seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 LO e P7/C2*-0,37.

Assim, como o diagnosticado na avaliação da eficiência dos ambientes antes e após a verificação dos pré-requisitos e entre envoltórias diferentes a implantação das fachadas de aberturas Norte-Sul favorece níveis maiores de eficiência, sendo notado o maior equivalente numérico quando ao longo deste. Os dois maiores equivalentes numéricos para envoltória do tipo P7/C2*-0,37, acompanha o exposto na etapa de avaliação anterior em que este tipo apresentou o maior desempenho e o tipo P5/C3 o menor. Em Santos esse aumento do equivalente numérico conferido pela envoltória P7/C2*-0,37 é suficiente para aumentar o nível de eficiência da UH em relação ao P5/C3.

4.3.2.7 Zona Bioclimática 6: Campo Grande-MS

Conforme a Tabela 74 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência para o tipo P7/C2*-0,37 NS seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 NS e por último P5/C3 LO. Após a verificação tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO não cumprem o pré-requisito de ventilação natural. Os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO também não cumprem a ventilação natural e os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância. Os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são menores que "C".

Os níveis de eficiência tendem a ser maiores quando a orientação das fachadas de aberturas é Norte-Sul, entre os dois tipos de envoltória. Em relação aos sistemas construtivos, nota-se que, para resfriamento, as envoltórias dos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 tendem a apresentar melhor eficiência do que o tipo P5/C3.

Tabela 74 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Campo Grande-MS, Zona Bioclimática 6

Tipo	Ambiente	Área	GH _R	Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos	
				EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível
				Env Amb _{Resf.}		Env Amb _{Resfr.}		Env _{Resfr} = EqNum Env		Env _{Resfr} = EqNum Env	
P7/C2 *-0,37 NS	Quarto 1	6,96	10092	2	D	2	D	2	D	2	D
	Quarto 2	7,08	9468	2	D	2	D				
	Sala	15,21	9982	2	D	2	D				
	Cozinha										
P7/C2 *-0,37 LO	Quarto 1	6,96	11345	1	E	1	E	1,762	D	1,762	D
	Quarto 2	7,08	9821	2	D	2	D				
	Sala	15,21	9902	2	D	2	D				
	Cozinha										
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	10145	2	D	2	D	1,48	E	1,48	E
	Quarto 2	7,08	9578	2	D	2	D				
	Sala	15,21	12762	1	E	1	E				
	Cozinha										
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	11497	1	E	1	E	1	E	1	E
	Quarto 2	7,08	11779	1	E	1	E				
	Sala	15,21	11374	1	E	1	E				
	Cozinha										

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos para todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS, seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO.

Assim, como o diagnosticado na avaliação da eficiência dos ambientes antes e após a verificação dos pré-requisitos e entre envoltórias diferentes a implantação das fachadas de aberturas Norte-Sul favorece níveis maiores de eficiência, apresentando maior equivalente numérico. Os dois maiores equivalentes numéricos para envoltória do tipo P7/C2*-0,37, acompanha o exposto na etapa de avaliação anterior em que este tipo apresentou o maior desempenho e o tipo P5/C3 o menor. Em Campo Grande esse aumento do equivalente numérico conferido para a envoltória P7/C2*-0,37 é suficiente para aumentar o nível de eficiência da UH em relação ao P5/C3.

4.3.2.8 Zona Bioclimática 7: Cuiabá-MT

Conforme a Tabela 75 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência para o tipo P5/C3 LO, seguido por P7/C2*-0,37 NS, P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 NS. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO cumprem todos os pré-requisitos. E que os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância. Os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são menores que "C".

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos para todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P5/C3 LO, seguido por P7/C2*-0,37 NS, P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 NS.

Tabela 75 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Cuiabá-MS, Zona Bioclimática 7

Tipo	Ambiente	Área	GH _R	Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos	
				EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível	EqNum	Nível
				Env Amb _{Resf.}		Env Amb _{Resf.}		Env _{Resfr} = EqNum Env		Env _{Resfr} = EqNum Env	
P7/C2 *-0,37 NS	Quarto 1	6,96	25792	2	D	2	D	2,52	C	2,52	C
	Quarto 2	7,08	25503	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	24479	3	C	3	C				
P7/C2 *-0,37 LO	Quarto 1	6,96	25648	2	D	2	D	2,24	D	2,24	D
	Quarto 2	7,08	22644	3	C	3	C				
	Sala Cozinha	15,21	25024	2	D	2	D				
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	24799	2	D	2	D	2	D	2	D
	Quarto 2	7,08	27044	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	25233	2	D	2	D				
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	27171	2	D	2	D	2,76	C	2,76	C
	Quarto 2	7,08	23903	3	C	3	C				
	Sala Cozinha	15,21	22452	3	C	3	C				

4.3.2.9 Zona Bioclimática 8: Salvador-BA

Conforme a Tabela 76 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência para o tipo P7/C2*-0,37 NS e P5/C3 NS seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que os tipos P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO cumprem todos os pré-requisitos, e que os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO não cumprem os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores “C”, que é o nível máximo a ser obtido quando não se cumpre tal pré-requisito.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos para todas as quatro orientações do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS e P5/C3 NS seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 LO.

Assim, como o diagnosticado na avaliação da eficiência dos ambientes antes e após a verificação dos pré-requisitos e entre envoltórias diferentes a implantação das fachadas de aberturas Norte-Sul favorece níveis maiores de eficiência, sendo notado o maior equivalente numérico quando ao longo deste. Em que mesmo a envoltória do tipo P5/C3, que quando comparada à P7/C2*-0,37 apresenta desempenho inferior devido as propriedades térmicas dos sistemas construtivos, quando nesta orientação apresenta maior equivalente numérico do que a P7/C2*-0,37 com orientação das fachadas de aberturas Leste-Oeste

Tabela 76 – Classificação pelo Método Prescritivo da UH em Salvador-BA, Zona Bioclimática 8

				Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos	
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		EqNum		EqNum	
				Env Amb _{Resf.}	Nível	Env Amb _{Resf.}	Nível	Env _{Resfr} = EqNumE nv	Nível	Env _{Resfr} = EqNumE nv	Nível
P7/C2* -0,37 NS	Quarto 1	6,96	12167	2	D	2	D	2	D	2	D
	Quarto 2	7,08	11550	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	12452	2	D	2	D				
P7/C2* -0,37 LO	Quarto 1	6,96	14277	2	D	2	D	1,48	E	1,48	E
	Quarto 2	7,08	12154	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	15097	1	E	1	E				
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	13592	2	D	2	D	2	D	2	D
	Quarto 2	7,08	12918	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	14410	2	D	2	D				
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	15633	1	E	1	E	1,24	E	1,24	E
	Quarto 2	7,08	13335	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	17326	1	E	1	E				

4.3.2.10 Síntese da Avaliação do Estudo de Caso pelo Método Prescritivo do RTQ-R

Para uma análise global do nível de classificação da envoltória, antes e após a verificação dos pré-requisitos, obtidos pelos grupos de envoltória em cada zona bioclimática, apresenta-se Tabela 77 e Tabela 78 seguir. Pela análise dos resultados é possível identificar simultaneamente o comportamento das quatro condições de envoltória escolhidas para avaliação em cada zona bioclimática.

Tabela 77 – Classificação do Equivalente Numérico Antes da Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método Prescritivo do RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P7/C2*-0,37 NS	D	C	D	C	D	D	C	D
P7/C2*-0,37 LO	D	C	D	C	D	D	D	E
P5/C3 NS	D	C	D	C	E	E	D	D
P5/C3 LO	C	C	D	C	E	E	C	E

Tabela 78 – Classificação do Equivalente Numérico Após Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método Prescritivo do RTQ-R

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8
Grupo								
P7/C2*-0,37 NS	D	C	D	C	D	D	C	D
P7/C2*-0,37 LO	D	C	D	C	D	D	D	E
P5/C3 NS	D	D	D	C	E	E	D	D
P5/C3 LO	C	D	D	C	E	E	C	E

Como observado ao longo das avaliações por zona bioclimática, houve redução do nível de eficiência da envoltória da UH apenas na zona bioclimática 2, para os grupos P5/C3 NS e P5/C3 LO. Observa-se também que, os níveis de eficiência das zonas bioclimáticas – zonas 1, 2, 3 e 4 –, nas quais é avaliado o consumo relativo para aquecimento, tende a ser maior do que nas demais que se avalia somente os graus-hora de resfriamento. Logo, tem-se um melhor desempenho da UH, quando nessas condições de envoltória e orientação solar, que são zonas mais frias. Observa-se também que o nível de classificação máximo obtido em todas as zonas é o “C”.

Além do exposto pelas tabelas anteriores, avaliou-se o comportamento dos grupos de envoltória independentemente de zona bioclimática, considerando-se apenas os níveis de classificação acumulados em cada um. Para isso, foram gerados gráficos que expressam tais observações antes e após a verificação dos pré-requisitos, Figura 31 e Figura 32 a seguir.

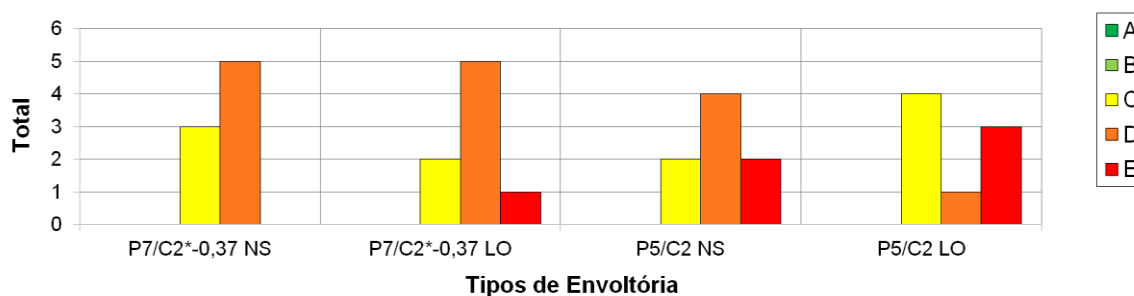


Figura 31 – Método Prescritivo do RTQ-R – Gráfico Somatório dos Níveis de Classificação da Envoltória para cada Grupo de Envoltória Antes da Verificação dos Pré-Requisitos

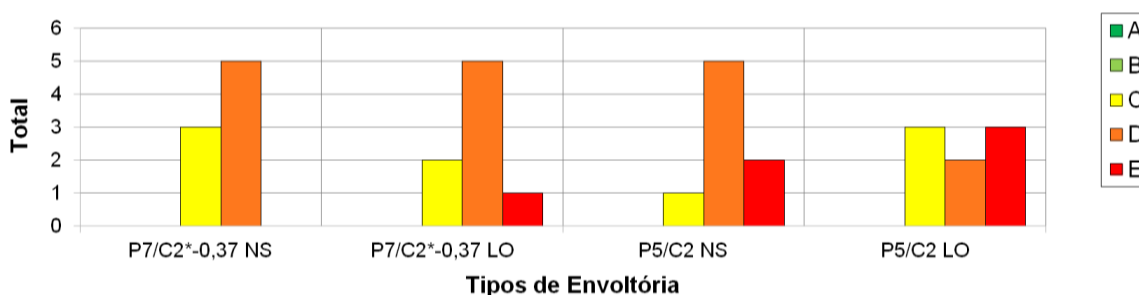


Figura 32 – Método Prescritivo do RTQ-R – Gráfico Somatório dos Níveis de Classificação da Envoltória para cada Grupo de Envoltória Após a Verificação dos Pré-Requisitos

Os gráficos da Figura 31 e 32 anteriores apresentam uma síntese do comportamento dos grupos de envoltória. De um total de 32 classificações realizadas ao longo das oito zonas bioclimáticas antes da verificação dos pré-requisitos, tem-se 11 para o nível “C”, 15 para o nível “D” e 6 para o nível “E”. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se 9 para o nível “C”, 17 para o nível “D” e 6 para o nível “E”. Observa-se que o nível máximo de classificação obtido em todos os grupos foi o “C”, e que tanto antes como após a verificação dos pré-requisitos o grupo P7/C2*-0,37 NS é o único que não apresenta o nível mais baixo de classificação, o “E”. Apesar de notório os níveis de eficiência reduzidos em todos os quatro tipos selecionados para avaliação da envoltória antes e após a verificação dos pré-requisitos, o grupo P7/C2*-0,37 NS é o que confere melhor desempenho à envoltória da UH, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO.

4.3.3 Sistemas Selecionados: Método Simulação

Este método foi aplicado para determinação do desempenho térmico da UH, obtido através de simulação computacional no *Energy Plus*. Será aplicado nas quatro condições do estudo de caso, que se caracterizam segundo a envoltória e orientação solar. A apresentação dos resultados será feita seguindo as etapas de aplicação proposta pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a), agrupadas segundo sete zonas bioclimáticas. Excetua-se da aplicação deste método a zona bioclimática 5, devido a ausência de arquivo climático para quaisquer cidades pertencentes a ela.

4.3.3.1 Variáveis para Cálculo do Indicador Graus-Hora para Resfriamento e Consumo Relativo para Aquecimento dos Ambientes da UH

Ao longo do Método explicitaram-se os padrões e variáveis adotados para modelagem do estudo de caso, conforme o prescrito pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a).

Para efetivação do processo de simulação, a edificação foi modelada tridimensionalmente, as variáveis foram inseridas nos seus respectivos campos, e solicitadas as saídas referentes aos graus hora e consumo relativo para aquecimento. A Figura 33 a seguir demonstra as zonas de cada ambiente e a Figura 34 o volume tridimensional da UH.

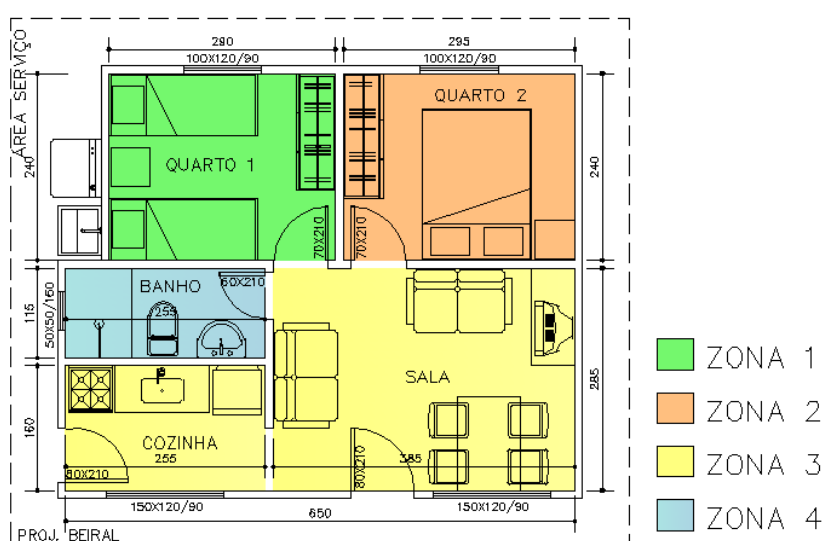


Figura 33 – Distribuição em Planta das Zonas nos Ambientes da UH – sem escala

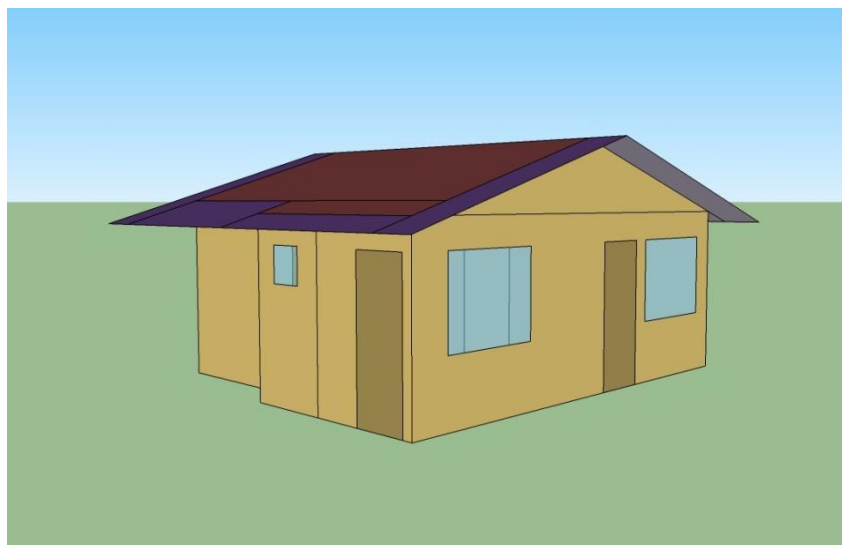


Figura 34 – Modelo Tridimensional da UH confeccionado no *EnergyPlus*
Fonte: DOE, 2012b.

4.3.3.2 Zona Bioclimática 1: Curitiba-PR

Conforme a Tabela 79 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento e aquecimento antes da verificação dos pré-requisitos resulta num mesmo equivalente numérico para todos os tipos. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que todos os tipos, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência para resfriamento e consumo relativo para aquecimento para “C”. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores que “C”.

Apesar de o equivalente numérico ser o mesmo, há uma relevante variação nos graus hora e no consumo relativo. Para os graus hora, observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido por P5/C3 NS, P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 LO. Para o consumo relativo para aquecimento, observa-se situação extrema no consumo da sala, que foi significativamente maior que o consumo dos quartos. Observa-se que a ordem de classificação segundo o menor consumo é a mesma notada para os graus hora.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos, sendo notado o mesmo equivalente e nível em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Tabela 79 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Curitiba-PR, Zona Bioclimática 1

Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos				Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum		EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível	Env	Nível								
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	620	1	E	1	E	86,50	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E
	Quarto 2	7,08	606	1	E	1	E	90,17	1	E	1	E								
	Sala	15,21	613	1	E	1	E	1027,89	1	E	1	E								
	Cozinha			1	E	1	E													
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	1028	1	E	1	E	285,25	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E
	Quarto 2	7,08	1213	1	E	1	E	283,37	1	E	1	E								
	Sala	15,21	1160	1	E	1	E	1054,96	1	E	1	E								
	Cozinha			1	E	1	E													
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	917	1	E	1	E	173,56	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E
	Quarto 2	7,08	1103	1	E	1	E	173,67	1	E	1	E								
	Sala	15,21	1187	1	E	1	E	1137,66	1	E	1	E								
	Cozinha			1	E	1	E													
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	1208	1	E	1	E	285,25	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E
	Quarto 2	7,08	1213	1	E	1	E	283,36	1	E	1	E								
	Sala	15,21	1160	1	E	1	E	1054,96	1	E	1	E								
	Cozinha			1	E	1	E													

4.3.3.3 Zona Bioclimática 2: Santa Maria-RS

Conforme a Tabela 80 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido igualmente pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que todos os tipos, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência para resfriamento e consumo relativo para aquecimento para “C”. Entretanto, esse não cumprimento só influencia os quartos do tipo P7/C2*-0,37 NS, que são os únicos ambientes que apresentaram nível superior a “C”, que é o nível máximo a ser obtido quando não se cumpre tal pré-requisito.

Os resultados relacionados ao consumo relativo para aquecimento antes e depois da verificação dos pré-requisitos demonstram os mesmos equivalentes numéricos e nível para todos os ambientes dos quatro tipos de envoltória.

Para os graus hora, observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO. Para o consumo relativo para aquecimento, observa-se situação extrema no consumo da sala, que foi significativamente maior que o consumo dos quartos. Observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 LO seguido por P7/C2*-0,37 NS, P5/C3 NS e P5/C3 LO.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos, em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS, seguido igualmente pelos demais tipos.

Tabela 80 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Santa Maria-RS, Zona Bioclimática 2

				Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível										
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	4377	4	B	3	C	137,35	1	E	1	E	4	1	2,32	D	3,52	1	2,11	D
	Quarto 2	7,08	4344	4	B	3	C	138,85	1	E	1	E								
	Sala	15,21	3942	4	B	4	B	726,77	1	E	1	E								
	Cozinha																			
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	4613	3	C	3	C	112,15	1	E	1	E	3	1	1,88	D	3	1	1,88	D
	Quarto 2	7,08	4617	3	C	3	C	117,43	1	E	1	E								
	Sala	15,21	4519	3	C	3	C	649,12	1	E	1	E								
	Cozinha																			
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	5886	3	C	3	C	174,31	1	E	1	E	3	1	1,88	D	3	1	1,88	D
	Quarto 2	7,08	5805	3	C	3	C	175,35	1	E	1	E								
	Sala	15,21	4951	3	C	3	C	728,88	1	E	1	E								
	Cozinha																			
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	5877	3	C	3	C	182,28	1	E	1	E	3	1	1,88	D	3	1	1,88	D
	Quarto 2	7,08	5886	3	C	3	C	186,62	1	E	1	E								
	Sala	15,21	5439	3	C	3	C	786,31	1	E	1	E								
	Cozinha																			

4.3.3.4 Zona Bioclimática 3: Florianópolis-SC

Conforme a Tabela 81 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência igualmente nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS e P7/C2*-0,37 LO, seguido igualmente pelos tipos, P5/C3 NS e P5/C3 LO.

Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que todos os tipos, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência para resfriamento e consumo relativo para aquecimento para “C”. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores que “C”.

Os resultados relacionados ao consumo relativo para aquecimento antes e depois da verificação dos pré-requisitos demonstram os mesmos equivalentes numéricos e níveis para todos os ambientes dos quatro tipos de envoltória.

Para os graus hora, observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO. Para o consumo relativo para aquecimento, observa-se que o consumo da sala foi significativamente maior que o dos quartos. Observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 LO seguido por P7/C2*-0,37 NS, P5/C3 LO e P5/C3 NS.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos, em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS, seguido por P7/C2*-0,37 LO e por fim e igualmente pelos tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO.

Tabela 81 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Florianópolis-SC, Zona Bioclimática 3

		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível										
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	3112	2	D	2	D	57,44	1	E	1	E	2	1	1,64	D	2	1	1,64	D
	Quarto 2	7,08	3089	2	D	2	D	61,16	1	E	1	E								
	Sala	15,21	2689	2	D	2	D	398,11	1	E	1	E								
	Cozinha																			
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	3263	2	D	2	D	40,11	1	E	1	E	2	1	1,64	D	2	1	1,64	D
	Quarto 2	7,08	3268	2	D	2	D	42,75	1	E	1	E								
	Sala	15,21	2935	2	D	2	D	424,46	1	E	1	E								
	Cozinha																			
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	4004	1	E	1	E	87,79	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E
	Quarto 2	7,08	3957	1	E	1	E	91,89	1	E	1	E								
	Sala	15,21	3360	1	E	1	E	459,58	1	E	1	E								
	Cozinha																			
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	4051	1	E	1	E	67,73	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E
	Quarto 2	7,08	4057	1	E	1	E	71,11	1	E	1	E								
	Sala	15,21	3485	1	E	1	E	489,48	1	E	1	E								
	Cozinha																			

4.3.3.5 Zona Bioclimática 4: Brasília-DF

Conforme a Tabela 82 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento e aquecimento antes da verificação dos pré-requisitos resulta num mesmo equivalente numérico para todos os tipos, excetuando-se apenas os graus hora de resfriamento para Sala e Cozinha do tipo P7/C2*-0,37 NS. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que todos os tipos, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência para resfriamento e consumo relativo para aquecimento para “C”. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores que “C”.

Apesar da igualdade de equivalentes numéricos, há uma relevante variação nos graus hora e no consumo relativo. Para os graus hora, observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS, e P5/C3 LO. Para o consumo relativo para aquecimento, observa-se situação extrema no consumo da sala, que foi significativamente maior que o consumo dos quartos. Observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 LO seguido por P7/C2*-0,37 NS, P5/C3 LO e P5/C3 NS.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos, em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS, seguido igualmente pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO.

Tabela 82 – Classificação pelo Método de Simulação em Brasília-DF, Zona Bioclimática 4

				Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos			Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos				Após Verificação dos Pré-Requisitos					
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		C _A	EqNum		EqNum		EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível	EqNum	EqNum	EqNum	Nível
				Env	Nível	Env	Nível		Env	Nível	Env	Nível										
				Amb _{Resf}		Amb _{Resf}		Amb _A			Amb _A											
P7/C2*- 0,37 NS	Quarto 1	6,96	3003	1	E	1	E	33,65	1	E	1	E	1,52	1	1,35	E	1,52	1	1,35	E		
	Quarto 2	7,08	2942	1	E	1	E	33,70	1	E	1	E										
	Sala	15,21	2774	2	D	2	D	304,23	1	E	1	E										
	Cozinha																					
P7/C2*- 0,37 LO	Quarto 1	6,96	3228	1	E	1	E	27,60	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E		
	Quarto 2	7,08	3228	1	E	1	E	27,58	1	E	1	E										
	Sala	15,21	3351	1	E	1	E	318,74	1	E	1	E										
	Cozinha																					
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	4985	1	E	1	E	62,91	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E		
	Quarto 2	7,08	4789	1	E	1	E	60,47	1	E	1	E										
	Sala	15,21	3991	1	E	1	E	377,10	1	E	1	E										
	Cozinha																					
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	4850	1	E	1	E	44,94	1	E	1	E	1	1	1	E	1	1	1	E		
	Quarto 2	7,08	4865	1	E	1	E	44,69	1	E	1	E										
	Sala	15,21	4489	1	E	1	E	332,98	1	E	1	E										
	Cozinha																					

4.3.3.6 Zona Bioclimática 6: Campo Grande-MS

Conforme a Tabela 83 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento e antes da verificação dos pré-requisitos resulta num mesmo equivalente numérico para todos os tipos. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que todos os tipos, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência para resfriamento e consumo relativo para aquecimento para “C”. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores que “C”.

Apesar do equivalente numérico ser o mesmo, há uma relevante variação nos graus hora. Observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido por P5/C3 NS, P7/C2*-0,37 LO e P5/C3 LO.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos, sendo notado o mesmo equivalente e nível em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Tabela 83 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Campo Grande-MS, Zona Bioclimática 6

Tipo	Ambiente	Área	GH _R	Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos	
				EqNum Env Amb _{Resf.}	Nível	EqNum Env Amb _{Resfr.}	Nível	EqNum = Env _{Resfr} EqNumE nv	Nível	EqNum = Env _{Resfr} EqNumE nv	Nível
P7/C2* -0,37 NS	Quarto 1	6,96	12383	1	E	1	E				
	Quarto 2	7,08	12340	1	E	1	E	1	E	1	E
	Sala	15,21	11125	1	E	1	E	1	E	1	E
	Cozinha										
P7/C2* -0,37 LO	Quarto 1	6,96	12761	1	E	1	E				
	Quarto 2	7,08	12767	1	E	1	E	1	E	1	E
	Sala	15,21	11739	1	E	1	E	1	E	1	E
	Cozinha										
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	14500	1	E	1	E				
	Quarto 2	7,08	14443	1	E	1	E	1	E	1	E
	Sala	15,21	12771	1	E	1	E	1	E	1	E
	Cozinha										
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	14503	1	E	1	E				
	Quarto 2	7,08	14427	1	E	1	E	1	E	1	E
	Sala	15,21	12995	1	E	1	E	1	E	1	E
	Cozinha										

4.3.3.7 Zona Bioclimática 7: Cuiabá-MT

Conforme a Tabela 84 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos resultam num mesmo equivalente numérico para todos os tipos, excetuando-se apenas para Sala e Cozinha do tipo P7/C2*-0,37 NS. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que todos os tipos, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência para resfriamento e consumo relativo para aquecimento para “C”. Entretanto os níveis permanecem os mesmos, pois os níveis de classificação obtidos antes da verificação dos pré-requisitos são todos menores “C”.

Há uma relevante variação nos graus hora e no consumo relativo. Para os graus hora, observa-se que o menor consumo está nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido por P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS, e P5/C3 LO.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos, em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação para P7/C2*-0,37 NS, seguido igualmente pelos demais tipos.

Tabela 84 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Cuiabá-MT, Zona Bioclimática 7

				Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos			
Tipo	Ambiente	Área	GH _R	EqNum		EqNum		EqNum	Nível	EqNum		EqNum	
				Env	Nível	Env	Nível			Env _{Resfr}	Nível	Env _{Resfr}	Nível
				Amb _{Resf.}		Amb _{Resfr.}		= EqNumE nv		= EqNumE nv			
P7/C2* -0,37 NS	Quarto 1	6,96	27566	2	D	2	D	2,52	C	2,52	C		
	Quarto 2	7,08	27541	2	D	2	D						
	Sala	15,21	24495	3	C	3	C						
	Cozinha												
P7/C2* -0,37 LO	Quarto 1	6,96	28273	2	D	2	D	2	D	2	D		
	Quarto 2	7,08	28279	2	D	2	D						
	Sala	15,21	24833	2	D	2	D						
	Cozinha												
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	29178	2	D	2	D	2	D	2	D		
	Quarto 2	7,08	29172	2	D	2	D						
	Sala	15,21	25870	2	D	2	D						
	Cozinha												
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	29494	2	D	2	D	2	D	2	D		
	Quarto 2	7,08	29441	2	D	2	D						
	Sala	15,21	25811	2	D	2	D						
	Cozinha												

4.3.3.8 Zona Bioclimática 8: Salvador-BA

Conforme a Tabela 85 a seguir, os resultados relacionados aos graus-hora para resfriamento antes da verificação dos pré-requisitos demonstra o acúmulo dos maiores níveis de eficiência nos ambientes do tipo P7/C2*-0,37 NS e P5/C3 NS seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, e P5/C3 LO. Após a verificação dos pré-requisitos tem-se que todos os tipos, nos quartos, não cumprem o pré-requisito de ventilação natural, o que acarreta em redução da eficiência para resfriamento e consumo relativo para aquecimento para “C”.

Observa-se que não há variação do equivalente numérico antes e após a verificação dos pré-requisitos, em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso.

Ao se considerar equivalente numérico e nível de eficiência, tem-se antes e após a verificação dos pré-requisitos a melhor situação igualmente para os tipos P7/C2*-0,37 NS e P5/C3 NS, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, e P5/C3 LO.

Tabela 85 – Classificação pelo Método de Simulação da UH em Salvador-BA, Zona Bioclimática 8

Tipo	Ambiente	Área	GH _R	Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos		Antes da Verificação dos Pré-Requisitos		Após Verificação dos Pré-Requisitos	
				EqNum Env Amb _{Resf.}	Nível	EqNum Env Amb _{Resfr.}	Nível	EqNum = Env _{Resfr} EqNumE nv	Nível	EqNum = Env _{Resfr} EqNumE nv	Nível
P7/C2* -0,37 NS	Quarto 1	6,96	12958	2	D	2	D	2,52	C	2,52	C
	Quarto 2	7,08	12857	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	9626	3	C	3	C				
P7/C2* -0,37 LO	Quarto 1	6,96	14157	2	D	2	D	2	D	2	D
	Quarto 2	7,08	14161	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	12810	2	D	2	D				
P5/C3 NS	Quarto 1	6,96	14368	2	D	2	D	2,52	C	2,52	C
	Quarto 2	7,08	14114	2	D	2	D				
	Sala Cozinha	15,21	10619	3	C	3	C				
P5/C3 LO	Quarto 1	6,96	14982	1	E	1	E	1,52	D	1,52	D
	Quarto 2	7,08	15023	1	E	1	E				
	Sala Cozinha	15,21	13729	2	D	2	D				

4.3.3.9 Síntese da Avaliação do Estudo de Caso pelo Método de Simulação do RTQ-R

Para uma análise global do nível de classificação da envoltória, antes e após a verificação dos pré-requisitos, obtidos pelos grupos de envoltória em cada zona bioclimática, apresentam-se a Tabela 86 e 87 a seguir.

Tabela 86 – Classificação do Equivalente Numérico Antes da Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método de Simulação do RTQ-R

Zona	1	2	3	4	6	7	8
Grupo							
P7/C2*-0,37 NS	E	D	D	E	E	C	C
P7/C2*-0,37 LO	E	D	D	E	E	D	D
P5/C3 NS	E	D	E	E	E	D	C
P5/C3 LO	E	D	E	E	E	D	D

Tabela 87 – Classificação do Equivalente Numérico Após Verificação dos Pré-Requisitos segundo Método de Simulação do RTQ-R

Zona	1	2	3	4	6	7	8
Grupo							
P7/C2*-0,37 NS	E	D	D	E	E	C	C
P7/C2*-0,37 LO	E	D	D	E	E	D	D
P5/C3 NS	E	D	E	E	E	D	C
P5/C3 LO	E	D	E	E	E	D	D

Observa-se que não houve redução do nível de eficiência da envoltória da UH após a verificação dos pré-requisitos. Tem-se também que o nível de classificação máximo obtido foi o “C”, somente para P7/C2*-0,37 NS quando na zona bioclimática 7 e 8. Observa-se também que os níveis de eficiência das zonas bioclimáticas – zonas 1, 2, 3 e 4 –, nas quais é avaliado o consumo relativo para aquecimento tende a ser maior do que nas demais que se avalia somente os graus-hora de resfriamento. Logo, tem-se um melhor desempenho da UH, quando nessas condições de envoltória e orientação solar, nas zonas mais frias. Observa-se também que o nível de classificação máximo obtido em todas as zonas é o “C”.

Além do exposto pelas tabelas anteriores, avalia-se o comportamento dos grupos de envoltória independentemente de zona bioclimática, considerando-se apenas os níveis de classificação acumulados em cada um.

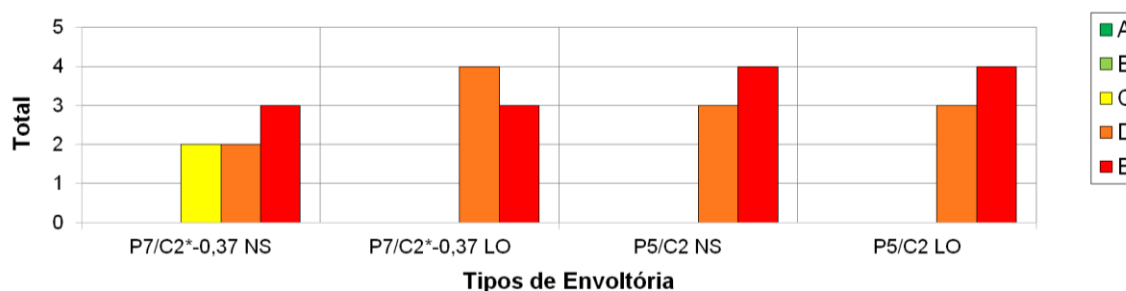


Figura 35 – Método de Simulação do RTQ-R – Gráfico Somatório dos Níveis de Classificação da Envoltória para cada Grupo de Envoltória Antes e Após a Verificação dos Pré-Requisitos

O gráfico da Figura 35 anterior apresenta um síntese do comportamento dos grupos de envoltória antes e após a verificação dos pré-requisitos, visto que não há variação nos níveis de eficiência entre as etapas. De um total de 28 classificações realizadas ao longo das oito zonas bioclimáticas antes e após a verificação dos pré-requisitos, tem-se 2 para o nível “C”, 12 para o nível “D” e 14 para o nível “E”. Observa-se que o nível máximo de classificação obtido foi o “C”, somente para o grupo P7/C2*-0,37 NS. Todos os grupos, acumulam o nível mais baixo, o “E”, Sendo os grupos P5/C3 NS e P5/C3 LO os que acumulam 4 níveis “E”, maior quantidade entre os quatro grupos. Apesar de notório, os níveis de eficiência reduzidos em todos os quatro tipos selecionados para avaliação da envoltória, pode-se dizer o que o grupo P7/C2*-0,37 NS é o que confere melhor desempenho a envoltória da UH, sendo seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO e igualmente por P5/C3 NS e P5/C3 LO.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo aborda as principais conclusões em torno dos resultados obtidos no trabalho, seguidas das limitações e sugestões para trabalhos que futuramente contemplem estudos acerca deste tema.

5.1 Considerações Iniciais

Ao longo deste trabalho almejou-se diagnosticar e avançar na questão da produção de habitação de interesse social no Brasil, que correspondem a significativa parcela dos investimentos do governo para se combater o déficit habitacional. Neste processo de produção observa-se que um mesmo modelo de habitação é edificado repetidas vezes ao longo do país.

O incentivo para o desenvolvimento da pesquisa se alicerça na compreensão do comportamento de um mesmo modelo de habitação, quando edificado repetidas vezes ao longo de todo o Brasil, utilizando os principais instrumentos regulamentadores para classificação de desempenho térmico vigentes no país.

A partir da revisão bibliográfica e das justificativas apontadas, percebeu-se a necessidade de analisar o comportamento das habitações de interesse social da maneira como são produzidas, tamanha é a proporção dos programas e recursos que o governo destina para suprir a carência de habitações no país. O método aplicado definiu um modelo e os sistemas construtivos tipicamente empregados na sua construção, que teve seu desempenho térmico avaliado em três etapas: por meio do cumprimento de parâmetros básicos indicados nos instrumentos regulamentadores, como também pelos métodos prescritivos e de simulação prescritos no RTQ-R (BRASIL, 2012a).

5.2 Conclusões

5.2.1 Avaliação do Estudo de Caso pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e Pré Requisitos da Envolvória de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Absortância Solar das Superfícies do RTQ-R

Ao se avaliar os sistemas construtivos que tipicamente caracterizam as habitações de interesse social no país, segundo os parâmetros e critérios de desempenho prescritos nos instrumentos regulamentadores, verificou-se para os grupos de paredes que em todas as zonas bioclimáticas, os sistemas construtivos com bloco cerâmico, grupos P4, P6 e P7 acumularam os maiores números de aprovações. Os grupos que têm argamassa interna e externa, P6 e P7, são os que mais acumulam aprovação. Sendo o grupo P7, que apresenta maiores dimensões do que o P4, o único aprovado em todas as zonas bioclimáticas, tanto quando a cor das paredes externas é clara e escura. Por outro lado, o menor acúmulo de aprovações foi nos grupos que apresentam concreto em sua composição, grupos P1, P2 e P5. Sendo o grupo P5, que é composto unicamente pelo concreto moldado em forma de parede, reprovado em todas as zonas bioclimáticas para paredes externas claras como também escuras. Sendo as paredes de concreto, amplamente utilizadas na construção de habitações, comprova-se por este fato que não há qualquer relação entre o que é feito e os instrumentos regulamentadores para eficiência energética de edificações que o próprio governo subsidia.

Quanto a cor externa das paredes, houve significativa redução de aprovações para os mesmos sistemas construtivos e zona bioclimáticas quando apresentam cor escura na parede externa. Não sendo observados para quaisquer zonas bioclimáticas maiores aprovações de paredes escuras do que claras. Denotando-se assim que a maior radiação absorvida por cores mais escuras, independente da composição do sistema de parede, aumenta significativamente o acúmulo de calor no sistema e conseqüentemente maior transferência entre o meio interno e externo.

Para os sistemas construtivos de cobertura, tem-se que em todas as zonas bioclimáticas os grupos que apresentam telha cerâmica em sua composição, grupos C1 e C2 em todas as variações de absortância, o maior acúmulo de aprovações. Sendo majoritária a aprovação para o grupo C2-0,37, que possui forro de gesso e a menor absortância para a telha cerâmica dentre as três avaliadas. O menor acúmulo está nos grupos que têm telha concreto ou fibrocimento em sua composição, grupos C3 e C4, C5. Sendo majoritária a reprovação do grupo C3, que tem seu forro em PVC.

Por outro lado, tem-se a aprovação de todos os grupos em todas as zonas bioclimáticas quando na presença de lâmina de alumínio. Assim recomenda-se que esse elemento seja incorporado as edificações em todas as zonas bioclimáticas, visto que é um componente de fácil aquisição e instalação, favorece o desempenho térmico de qualquer sistema de cobertura, pelo fato de funcionar como uma subcobertura isolante, por constituir assim uma barreira à transferência de radiação do meio externo para o meio interno.

Tanto para o sistema de paredes quanto cobertura, diagnosticou ser comum que a presença de material cerâmico favorece em maiores níveis de desempenho, bem como cores mais claras junto às superfícies externas.

5.2.2 Avaliação do Estudo de Caso pelo RTQ-R – Método Prescritivo e Método de Simulação

Na aplicação do método prescritivo do RTQ-R para avaliação das envoltórias que apresentaram maiores e menores números de aprovações na primeira etapa, obteve-se níveis de eficiência reduzidos nos quatro tipos de envoltória em todas as zonas bioclimáticas. Não sendo verificados níveis de eficiência para o equivalente numérico da envoltória superior que “C” tanto antes como após a verificação dos pré-requisitos. Ao se considerar as classificações obtidas independente da zona bioclimática, o nível de classificação predominante é o “D”, que totaliza em 15 antes da verificação dos pré-requisitos e 17 após.

Porém, mesmo com essa grande amostragem de níveis de reduzidos de eficiência, observou-se que os resultados de eficiência notados acompanham o notado na primeira etapa de avaliações. De modo geral, o tipo de envoltória que apresentou os maiores equivalentes numéricos e níveis antes e após a verificação dos pré-requisitos foi a do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO. Essa situação, antes e após a verificação dos pré-requisitos, foi exceção nas zonas bioclimáticas 1, 7 e 8. Observou-se também que há certa homogeneidade nos níveis de eficiência, e conseqüentemente no equivalente numérico de uma mesma zona bioclimática. Mas que ainda foi possível relatar pela variação do equivalente numérico que a orientação das fachadas de aberturas Norte-Sul, apesar de geralmente não representar aumento no nível de eficiência, favorece um maior equivalente numérico que é compreendida como um sensível aumento de eficiência. Essa situação só não se aplica às zonas bioclimáticas 1, 2 e 7, que tem orientação

das fachadas de abertura Leste-Oeste como mais favorável a esse aumento de equivalente numérico.

Através da obtenção dos equivalentes numéricos antes e após os pré-requisitos, verificou-se que a influência do cumprimento ou não cumprimento dos mesmos para redução da eficiência se dá somente no âmbito dos equivalentes numéricos para resfriamento e aquecimento dos ambientes. Para o equivalente numérico da envoltória, é notada pouca variação somente no equivalente numérico, que não é suficiente para reduzir o nível de eficiência, exceto para os tipos P5/C3 NS e P5/C3 LO quando em Santa Maria. Isso deve-se ao fato de que obteve-se majoritariamente níveis de eficiência inferiores a “C”, que já são menores que o máximo prescrito quando um pré-requisito não é cumprido.

Assim, como no método prescritivo na aplicação do método de simulação, obtiveram-se níveis de eficiência reduzidos nos quatro tipos de envoltória em todas as zonas bioclimáticas. Não sendo verificados níveis de eficiência para o equivalente numérico da envoltória superior que “C”, tanto antes como após a verificação dos pré-requisitos. Ao se considerar as classificações obtidas independente da zona bioclimática, o nível de classificação predominante é o “E”, que totaliza em 14 antes e após a verificação dos pré-requisitos.

Observou-se que os resultados de eficiência notados acompanham o notado na primeira etapa de avaliações. De modo geral, o tipo de envoltória que acumulou apresentou os maiores equivalentes numéricos e níveis foi a do tipo P7/C2*-0,37 NS, seguido pelos tipos P7/C2*-0,37 LO, P5/C3 NS e P5/C3 LO. Há homogeneidade nos níveis de eficiência, e conseqüentemente no equivalente numérico de uma mesma zona bioclimática. Mas que ainda foi possível relatar pela variação do equivalente numérico que a orientação das fachadas de aberturas Norte-Sul, apesar de geralmente não representar aumento no nível de eficiência, favorece um maior equivalente numérico que é compreendida como um sensível aumento de eficiência. Essa situação só não se aplica às zonas bioclimáticas 1 e 6, que apresentam o mesmo equivalente numérico para os quatro tipos de envoltórias.

Através da obtenção dos equivalentes numéricos antes e após os pré-requisitos, verificou-se que a influência do cumprimento ou não cumprimento dos mesmos para redução da eficiência se dá somente no âmbito dos equivalentes numéricos para resfriamento e aquecimento dos ambientes. Para o equivalente numérico da envoltória, é notada pouca variação somente no equivalente numérico, que não é suficiente para reduzir o nível de eficiência. Que se deve ao fato dos níveis de eficiência serem majoritariamente inferiores a “C”.

Pela comparação entre o método prescritivo e de simulação, observa-se que os níveis de eficiência da envoltória tendem a serem reduzidos no método de simulação. Somente na zona bioclimática 8, que houve aumento de um nível de eficiência em todos os tipos de envoltória analisados. Acredita-se que, possivelmente, essa redução de eficiência foi influenciada pelo fato de que algumas características da geometria, ventilação e sombreamento de aberturas serem mais apuradas na simulação do que no método prescritivo. Isto demonstra que a partir do método de simulação, que é uma aproximação da realidade, é possível avaliar-se a influência de características mais peculiares do projeto e a influência do usuário no desempenho edificação seja por seu uso ou equipamentos que são empregados nas habitações por ele.

Há uma disparidade no consumo relativo para aquecimento notado entre os dois métodos, que se deve ao sistema de condicionamento de ar empregado nas simulações, a bomba de calor. Esse sistema, apesar de indicado no Relatório Técnico da Base de Simulações para o RTQ-R (SORGATO, 2011), não é aplicado em edificações residenciais no Brasil, pelo fato das variações de temperatura no inverno e calor não serem suficientemente distantes da linha de conforto térmico, que justifique o emprego de um sistema de tamanha eficiência e alto consumo energético.

Pelo exposto, considera-se que os objetivos deste trabalho foram alcançados, através da aplicação de um método que avalia o comportamento e qualidade das habitações de interesse social por meio de parâmetros de desempenho térmico. Espera-se que este trabalho contribua com informações e que seja considerado como subsidio para os planos e programas de ações governamentais ao definir as estratégias projetuais e construtivas dos conjuntos habitacionais que venham a ser implantados. Bem como, a consideração de que os pontos aqui apontados demonstram que não há consonância entre as edificações produzidas pelo governo e os instrumentos regulamentadores que ele próprio subsidia, de forma a se consolidar no campo das edificações um viés comum entre o que se é proposto na teoria e realizado na prática. Além de ser uma maneira que contribuirá significativamente na demanda da matriz energética do país, visto que as edificações residenciais são responsáveis por considerável parcela deste consumo.

5.3 Considerações Finais

Seguem algumas limitações diagnosticadas na realização do trabalho e sugestões para futuros trabalhos.

5.3.1 Limitações para realização do Trabalho

Algumas limitações foram diagnosticadas ao longo deste trabalho, em que basicamente se referem a impossibilidade de se avaliar outros critérios de desempenho e sistemas que interferem na eficiência energética da edificação, tais como o desempenho lumínico e o sistema de aquecimento de água. Visto que o método prescritivo e de simulação do RTQ-R empregados para classificação da envoltória são efetivados a partir da aplicação de um vasto e complexo conjunto de variáveis e parâmetros, além do próprio tempo demandado pelo *EnergyPlus* para simular e conseqüentemente fornecer os dados de saída solicitados. O trabalho foi limitado em relação:

- A avaliação de um único modelo típico de habitação de interesse social produzida no país.
- A avaliação pelo método prescritivo e de simulação do RTQ-R de somente duas composições de envoltórias, de um total de sete sistemas construtivos de parede e cinco de cobertura que foram diagnosticados como amplamente utilizados em todo o país.
- A avaliação pelo método prescritivo e de simulação do RTQ-R por somente duas orientações solares para implantação da UH.

5.3.2 Sugestões para trabalhos futuros

Através das verificações e análises abordadas pelo trabalho, sugere-se alguns aspectos a serem abordados e apurados em outros trabalhos futuros que possam vir a se realizar:

- Sugere-se estudar o impacto no nível de eficiência do RTQ-R a partir de variações na geometria e demais orientações solares para implantação da unidade habitacional.

- Investigar padrões para alteração do RTQ-R em relação a temperatura de termostato adotadas na simulação, que é única para todas as zonas bioclimáticas.
- Avaliar o custo real de produção da unidade habitacional em cada cidade representativa da zona bioclimática, para o tipo que apresentou maior nível de eficiência e o que apresentou menor.
- Simular a unidade habitacional, com os quartos apresentando janelas que atendam os pré-requisitos de ventilação.
- Simular a unidade habitacional com janelas que sejam compostas por venezianas, como previsto para a NBR 15.575 (ABNT, 2008).
- Verificar o impacto no nível de classificação da UH pelo método prescritivo e de simulação do RTQ-R (BRASIL, 2012a) ao se alterar variáveis passíveis de serem modificadas para melhoria da classificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE 74-1988: *Method of Measuring Solar-Optical Properties of Materials*. Atlanta, ASHRAE 1988.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR – CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. ASHRAE Standart 140 – 2004: Standart Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, 2004 *apud* BRASIL. *Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)*. Requisitos Técnicos da Qualidade para o nível de Eficiência Energética Edificações – RTQ-R. Portaria nº 18, 16 jan. 2012^a

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR – CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. ASHRAE Handbook of Fundamentals. Atlanta, 2009 *apud* BRASIL. *Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)*. Requisitos Técnicos da Qualidade para o nível de Eficiência Energética Edificações – RTQ-R. Portaria nº 18, 16 jan. 2012^a

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: *Desempenho térmico de edificações – Parte 1 a 5*. Rio de Janeiro: ABNT 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: *Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 1 a 5*. Rio de Janeiro: ABNT 2008

AZEVEDO, Sérgio. Desafios da Habitação Popular no Brasil: políticas recentes e tendências. In: CARDOSO, Antônio Lúcio (Org) *Habitação social nas metrópoles brasileiras: uma avaliação das políticas habitacionais em Belém, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo no final do século XX*, Porto Alegre: ANTAC 2007. Coleção Habitare. p.12-41.

BARBIRATO, Giana Melo; SOUZA, Lea Cristina Lucas de; TORRES, Simone Carnaúba. *Clima e Cidade: a abordagem climática como subsidio para estudos urbanos*. UFAL. Maceió: Edufal, 2007. 164p.

BARBOSA, M.J.; LAMBERTS, R. *Avaliação térmica de edifícios: subsídios para a normalização brasileira*. Relatório Interno. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção. UFSC, 1993. 50p.

BONDUKI, Nabil Georges. Origens da Habitação Social no Brasil. In: *Habitação na Cidade Industrial*, Edição especial de Análise Social 127, 3ª série, Vol. XXIX, Lisboa (Portugal), 1994. p.711-732.

BRASIL. *Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001*. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, 2001a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm>. Acesso em: 21/04/2012a

_____. *Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001*. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, 2001b. Disponível em: <<http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/23/2001/4059.htm>>. Acesso em: 21/04/2012b

_____. *Política Nacional de Habitação*. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Brasília, 2004. 34p.

_____. Projeto de Lei 6096, de set. 2005. *Dispõe sobre a obrigatoriedade de previsão para uso de aquecedores solares de água em projetos de construção de habitações populares, e, autoriza o Poder Executivo a criar Políticas Públicas e Programas de Incentivo para implantação e uso desses equipamentos em instalações prediais*. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=304106> . Acesso em: 10/12/2012

_____. *Plano Nacional de Energia 2030*. Ministério de Minas e Energia. Brasília: v12, 2007. 224p.

_____. *Avanços e Desafios: Política Nacional de Habitação*. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Brasília, 2010. 96p.

_____. *Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)*. Requisitos Técnicos da Qualidade para o nível de Eficiência Energética Edificações – RTQ-R. Portaria nº 18, 16 jan. 2012a

_____. Ministério das Cidades. *Programa Minha Casa Minha Vida – PMMC*. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1131&Itemid=200. Acesso em: 18/04/2012b

_____. Programa de Aceleração do Crescimento – PAC. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/pac> Acesso em: 20/04/2012c

_____. Plano Nacional de Habitação – PLANHAB. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/secretaria-de-habitacao/planhab> Acesso em: 20/04/2012d

BRUYNE, Paul de. *Dinâmica da Pesquisa em Ciências Sociais: Os Pólos da Prática Metodológica*. 2.ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora, 1982. 251p.

CAIXA. *Selo Azul. Boas Práticas para Habitação mais sustentável*. São Paulo: Páginas e Letras, 2010. 203p.

CAIXA. Programa Minha Casa Minha Vida / FAR – Especificações Mínimas para Construções de Casas. Disponível em http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programas_habitacao/pmcmv/documentos_download.asp. Acesso em 20/04/2012

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. *Análise da Refletância de Cores de Tintas através da Técnica Espectrofotométrica*. Dissertação. Campinas: FEC/UNICAMP, 2002)

CLARK, Joe. *Energy simulation in Building Design*. Oxford. Butterworth-Heinemann, 2001.

DOE. *Departmento of Energy*. Disponível em: www.energy.gov Acesso em: 18/04/2012a

DOE. *EnergyPlus Energy Simulation Software*. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>. Acesso em 16/12/2012b

DOE. *EnergyPlus Energy Simulation Software*. Acesso em 23/12/2012 Disponível em: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=3_south_america_wmo_region_3/country=BRA/cname=Brazil. Acesso em 26/12/2012c

EDWARDS, Brian. *O Guia Básico para a Sustentabilidade*. Barcelona: Gustavo Gili, 2005. 226p.

EIA, 2012. *Energy Information Administration*. Disponível em: <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/world.cfm> Acesso em 12/12/2012

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Silvio Burrattino; ORNSTEIN, Sheila Walbe. *Conceito de Qualidade no Projeto de Edifícios*. In: *Qualidade no Projeto de Edifícios*. São Carlos: Rima Editora, ANTAC, 2010.

FERNANDES, Cássia do Carmo Pires; SILVEIRA, Suely de Fátima Ramos da. *Avaliação de Resultados da Política Nacional de Habitação: Um Estudo da Eficiência das Unidades da Federação*. Artigo – Programa de Pós Graduação em Administração, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Déficit habitacional do Brasil 2007*. Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações, 2009.

GUTIERREZ, Grace Cristina Roel. *Relatório de Ensaio LABCON: Ensaio de Refletância amostras MUMA*. Belo Horizonte: Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência no Ambiente Construído. UFMG, 2011.

GUIMARÃES, Érika Neves. *Habitação Social em Montes Claros: Aspectos e Abrangência das Políticas Públicas*. 2007. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Social, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2007. 110p.

IBGE, 2012. *Países*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/paisesat/> Acesso em: 02/04/2012a.

IBGE, 2012. *Censo 2010 – Primeiros Resultados*. http://www.censo2010.ibge.gov.br/primeiros_dados_divulgados/index.php. Acesso em: 17/04/2012b

INMETRO. *Histórico PBE*. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/pbe/historico.php>. Acesso em: 21/04/2012.

ISO. International Organization for Standardization. *ISO 9845-1:1992 Solar energy – Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions – Part 1: Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1,5*. 1992.

LABCON. *Máscaras e Ângulos de Proteção Solar*. Disponível em: http://www.arquitetura.ufmg.br/labcon/?pag=texto&id_ref=32. Acesso em: 28/12/2012.

LABEEE, 2012. *Laboratório de Eficiência Energética em Edificações*. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/planilhas_e_cat_alogos. Acesso em 28/12/2012a.

LABEEE, 2012. *Laboratório de Eficiência Energética em Edificações*. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>. Acesso em 29/12/2012b.

LABEEE. [Email], 31 jan. 2013a, Florianópolis [para] MORENO, Ana Cecília Rodrigues, Belo Horizonte. *Solicitação de Informação sobre Tabelas de Classificação do Método de Simulação*.

LABEEE, 2013. *Laboratório de Eficiência Energética em Edificações*. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/residencial/ence>. Acesso em: 15/10/2013b

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. *Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios*. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1992.134p.

OLGYAY, Victor; OLGAY, Aladar. *Design with climates: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton: 1963. 190p.

PROCELINFO. *Histórico Procel*. Disponível em www.procelinfo.com.br. Acesso em: 21 de abril de 2012a

PROCELINFO. *Tabelas de Classificação para o Método de Simulação*. Disponível em: www.procelinfo.com.br. Acesso em: 26/12/2012b

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA DESENVOLVIMENTO – PNUD. *Relatório de Desenvolvimento Humano – RDH 2009*. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/rdh>. Acesso em: 24/04/2012.

QUINTO, Sandra Cristina Bertoni Serna. [Email], 28 nov. 2012, Brasília [para] MORENO, Ana Cecília Rodrigues, Belo Horizonte. *Solicitação de Informação sobre sistema construtivos típicos do PMCMV.*

RIVERO, Roberto. *Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural.* Porto Alegre: D.C Luzzatto, 1986. 240p.

RORIZ, Maurício. *Uma proposta de revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro.* Disponível em http://www.roriz.eng.br/zoneamento_10.html Acesso em: 10 de abril de 2012.

RYBCZYNSKI, Witold. *Casa : Pequena História de Uma Idéia.* Rio de Janeiro: Record, 1996.266p.

SORGATO, Márcio José. *Relatório Técnico da Base de Simulações para o RTQ-R.* 2011. 55p. Relatório Técnico - Eletrobrás / Procel. Florianópolis, 2011. 55p.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Método Prescritivo – Cálculo Variável Somb

O cálculo da variável “Somb” foi realizado através de método de cálculo prescrito pelo RTQ-R (BRASIL, 2012a). Refere-se ao sombreamento de cada abertura da UH em seu respectivo ambiente de permanência prolongada. Para obtenção do valor, é necessário basicamente: classificação das aberturas; verificação dos ângulos de proteção solar em projeto nas fachadas; verificação dos ângulos recomendados, verificação dos ângulos adotados; obtenção do “Somb_{abertura}” e por fim a obtenção do “Somb” em todos os ambientes da UH.

- **Classificação das aberturas**

O objetivo desta verificação é descobrir se as aberturas de cada ambiente da UH, são consideradas grandes ou pequenas, para assim consultar os ângulos recomendados pelas cartas solares, disponibilizadas no ANEXO E: “Cartas Solares” (LABCON, 2012). Tem-se que se a relação entre área de piso e janela for maior que 25% serão grandes, e se menor serão pequenas. Esta relação é independente da orientação solar e zona bioclimática, portanto aplica-se em todas as quatro condições de avaliação do estudo de caso. Tem-se:

Tabela 88 – Classificação das Aberturas

Ambiente	Área de Piso (m²)	Área de Abertura (m²)	Área de Abertura / Área de Piso (%)	Classificação da Abertura
Quarto 1	6,96	1,20	17,24	Pequena
Quarto 2	7,08	1,20	16,95	Pequena
Sala	11,01	1,80	16,34	Pequena
Cozinha	4,12	1,80	43,68	Grande

- Verificação dos ângulos de proteção solar em projeto

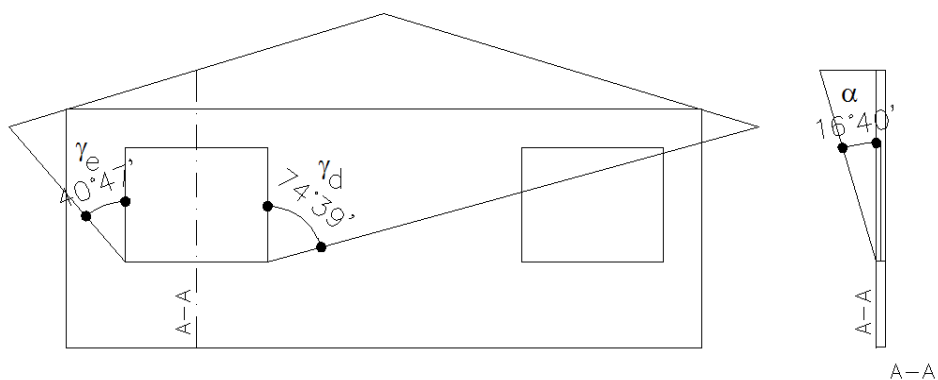


Figura 36 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Cozinha – sem escala

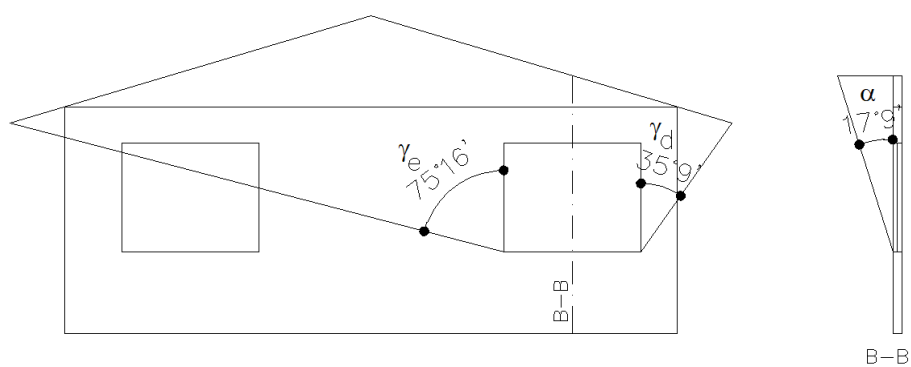


Figura 37 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Sala– sem escala

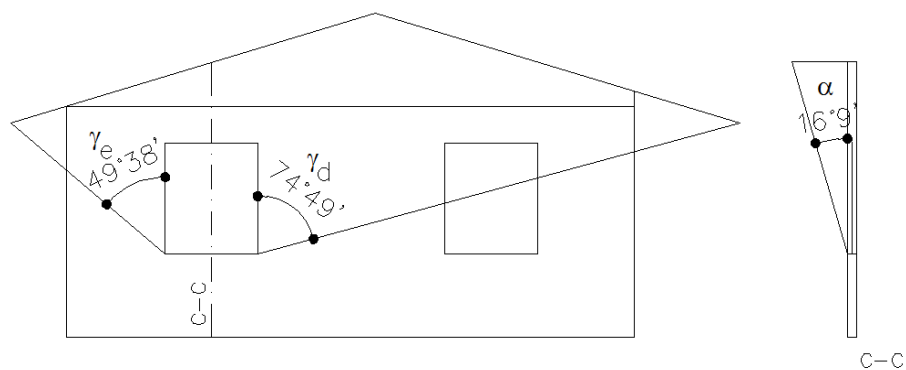


Figura 38 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Quarto 2 – sem escala

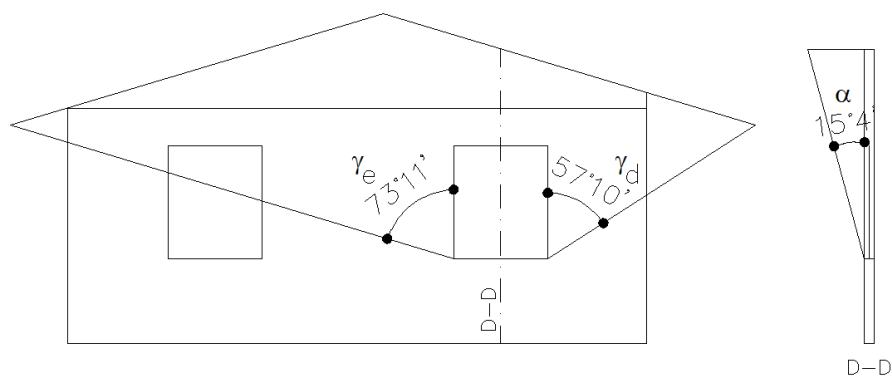


Figura 39 – Ângulo de Proteção Solar para Abertura Quarto 1 – sem escala

- Verificação dos ângulos recomendados e dos ângulos adotados

A Tabela 89 e Tabela 90 a seguir apresentam os ângulos de proteção solar, a serem inseridas para cálculo do “ $Somb_{abertura}$ ”. Esta variável se refere à cada abertura da UH, sendo depois aplicada para obtenção do “Somb”. Os ângulos recomendados foram obtidos nas cartas solares de cada cidade, que apresenta os ângulos mínimos de proteção solar para as aberturas, conforme a orientação solar. As cartas solares estão disponibilizadas no ANEXO E: “Cartas Solares” (LABCON, 2012). Enquanto os ângulos adotados se referem aos ângulos considerados para aplicação na equação de ponderação, visto que o RTQ-R (BRASIL, 2012a) prescreve que quando o ângulo de projeto for maior que o recomendado, considera-se o valor máximo do ângulo recomendado.

- Verificação do “ $Somb_{abertura}$ ” e “Somb”

A Tabela 91 e Tabela 92 a seguir apresenta os resultados obtidos para “ $Somb_{abertura}$ ” e “Somb”. O “ $Somb_{abertura}$ ” é o resultado da ponderação entre ângulos de proteção em projeto e os ângulos de proteção recomendados nas cartas solares. O “Somb” é o resultado final, que será aplicado nas equações de cálculo de graus-hora de resfriamento e consumo relativo para aquecimento.

Tabela 89 – Ângulos de Proteção Solar para Orientação das Fachadas de Aberturas Norte Sul

Zona - Cidade	Ambiente	Ângulos Recomendados (^o)					Ângulos Adotados (^o)				
		α	γ_d	γ_e	β_d	β_e	α	γ_d	γ_e	β_d	β_e
1-Curitiba	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Santa Maria	Quarto 1	20	0	65	0	0	15,4	0	65	0	0
	Quarto 2	20	0	65	0	0	16,9	0	65	0	0
	Sala	0	35	0	20	0	0	35	0	0	0
	Cozinha	0	35	0	20	0	0	35	0	0	0
3-Florianópolis	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-Brasília	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cozinha	20	65	0	0	0	0	16,4	65	0	0
5-Santos	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-Campo Grande	Quarto 1	45	0	0	0	25	15,4	0	0	0	0
	Quarto 2	45	0	0	0	25	16,9	0	0	0	0
	Sala	10	0	0	15	0	10	0	0	0	0
	Cozinha	10	0	10	25	0	10	0	10	0	0
7-Cuiabá	Quarto 1	45	25	0	0	30	15,4	25	0	0	0
	Quarto 2	45	25	0	0	30	16,9	17,9	0	0	0
	Sala	10	0	20	25	0	10	0	20	0	0
	Cozinha	10	0	40	25	0	10	0	40	0	0
8-Salvador	Quarto 1	20	0	55	0	0	15,4	0	55	0	0
	Quarto 2	20	0	55	0	0	16,9	0	55	0	0
	Sala	15	50	0	0	0	15	50	0	0	0
	Cozinha	10 ^o	0	10	20	0	10	0	10	0	0

Tabela 90 – Ângulos de Proteção Solar para Orientação das Fachadas de Aberturas Leste Oeste

		Ângulos Recomendados (°)					Ângulos Adotados (°)				
Zona - Cidade	Ambiente	α	γ_d	γ_e	β_d	β_e	α	γ_d	γ_e	β_d	β_e
1-Curitiba	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cozinha	75	30	30	0	0	16,4	30	30	0	0
2-Santa Maria	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	75	30	30	0	0	16,9	30	30	0	0
	Cozinha	75	30	30	0	0	16,4	30	30	0	0
3-Florianópolis	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cozinha	75	30	30	0	0	16,4	30	30	0	0
4-Brasília	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	75	30	30	0	0	16,9	30	30	0	0
	Cozinha	75	30	30	0	0	16,4	30	30	0	0
5-Santos	Quarto 1	70	30	30	0	0	15,4	30	30	0	0
	Quarto 2	70	30	30	0	0	16,9	17,9	30	0	0
	Sala	75	30	30	0	0	16,9	30	30	0	0
	Cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-Campo Grande	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	75	50	40	0	0	16,9	50	40	0	0
	Cozinha	75	60	40	0	0	16,4	60	40	0	0
7-Cuiabá	Quarto 1	25	10	40	0	0	15,4	10	40	0	0
	Quarto 2	25	10	40	0	0	16,9	10	40	0	0
	Sala	75	50	40	0	0	16,9	50	40	0	0
	Cozinha	75	50	40	0	0	16,4	50	40	0	0
8-Salvador	Quarto 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quarto 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sala	75	30	35	0	0	16,9	30	35	0	0
	Cozinha	75	30	35	0	0	16,4	30	35	0	0

Tabela 91 – Resultados Orientação das Fachadas de Aberturas Norte Sul

Zona - Cidade	Ambiente	Somb_{abertura}	Somb
1-Curitiba	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0	0
	Cozinha	0	0
2-Santa Maria	Quarto 1	0,94	0,5
	Quarto 2	0,96	0,5
	Sala	0,64	0,42
	Cozinha	0,64	
3-Florianópolis	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0	0
	Cozinha	0	
4-Brasília	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0	0,17
	Cozinha	0,5	
5-Santos	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0	0
	Cozinha	0	
6-Campo Grande	Quarto 1	0,22	0,15
	Quarto 2	0,24	0,16
	Sala	0,40	0,27
	Cozinha	0,44	
7-Cuiabá	Quarto 1	0,40	0,27
	Quarto 2	0,35	0,23
	Sala	0,54	0,39
	Cozinha	0,67	
8-Salvador	Quarto 1	0,93	0,5
	Quarto 2	0,96	0,5
	Sala	1	0,5
	Cozinha	0,5	

Tabela 92 – Resultados Orientação das Fachadas de Aberturas Leste-Oeste

Zona - Cidade	Ambiente	Somb_{abertura}	Somb
1-Curitiba	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0	0,10
	Cozinha	0,56	
2-Santa Maria	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0,57	0,38
	Cozinha	0,57	
3-Florianópolis	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0	0,10
	Cozinha	0,57	
4-Brasília	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0,57	0,38
	Cozinha	0,57	
5-Santos	Quarto 1	0,58	0,39
	Quarto 2	0,50	0,33
	Sala	0,57	0,41
	Cozinha	0	
6-Campo Grande	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0,64	0,44
	Cozinha	0,66	
7-Cuiabá	Quarto 1	0,87	0,5
	Quarto 2	0,89	0,5
	Sala	0,65	0,43
	Cozinha	0,65	
8-Salvador	Quarto 1	0	0
	Quarto 2	0	0
	Sala	0,58	0,38
	Cozinha	0,58	

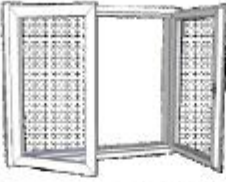
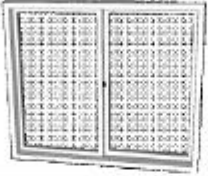

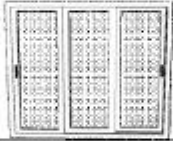



ANEXOS

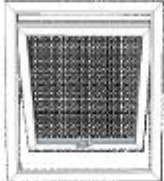






ANEXO A: Programa Minha Casa Minha Vida / FAR – Especificações Mínimas para Construções de Casas


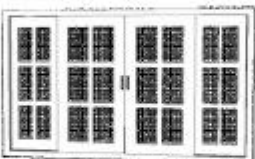

Projeto	Casa com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço (externa) / banheiro.
DIMENSÕES DOS CÔMODOS (Estas especificações não estabelecem área mínima de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes)	
Dormitório casal	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
Dormitório duas pessoas	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações mínimo de 0,50 m.
Cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,60 m. Quantidade mínima: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
Sala de estar/refeições	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m).
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Área útil (área interna sem contar áreas de paredes)	32,00 m ²
Pé direito mínimo	Observar a orientação municipal vigente ou adotar as dimensões mínimas previstas na Norma de Desempenho quando o município não regulamentar o assunto.
Cobertura	Em telha cerâmica/concreto com forro ou de fibrocimento (espessura mínima de 5mm) com laje, sobre estrutura de madeira ou metálica.
Revestimento Interno	Massa única, gesso (exceto banheiros, cozinhas ou áreas de serviço) ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Externo	Massa única ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Áreas Molhadas	Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço.
Revestimento áreas comuns	Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura.
Portas e Ferragens	Portas internas em madeira. Admite-se porta metálica no acesso à unidade. Portas externas de 0,80m x 2,10m. Portas dos banheiros e dos quartos com largura de 0,80m para o caso de unidades adaptadas para portadores de necessidades especiais.
Janelas	Completa, de alumínio para regiões litorâneas (ou meios agressivos) e de aço para demais regiões.
Pisos	Cerâmica esmaltada em toda a unidade, com rodapé.
Ampliação da UH	Os projetos deverão prever a ampliação das casas.
PINTURAS	
Paredes internas	Tinta PVA.
Paredes áreas molhadas	Tinta acrílica.
Paredes externas	Tinta acrílica ou textura impermeável.
Tetos	Tinta PVA.
Esquadrias	Em esquadrias de aço, esmalte sobre fundo preparador. Em esquadrias de madeira, esmalte ou verniz.
LOUÇAS E METAIS	
Lavatório	Louça sem coluna e torneira metálica cromada.
Vaso Sanitário	Louça com caixa de descarga acoplada.
Tanque	Capacidade mínima de 20 litros, de concreto pré-moldado, PVC, granilite ou mármore sintético com torneira metálica cromada.
Pia cozinha	Bancada de 1,20 m x 0,50 m com cuba de granilite ou mármore sintético, torneira metálica cromada.
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS / TELEFÔNICAS	
Número de pontos de tomadas elétricas	2 na sala, 4 na cozinha, 2 na área de serviço, 2 em cada dormitório, 1 tomada no banheiro e mais 1 tomada para chuveiro elétrico.
Número de pontos diversos	1 ponto de telefone, 1 ponto de antena e 1 ponto de interfone (em condomínio)
Número de circuitos	Prever circuitos independentes para chuveiro (dimensionado para a potência usual do mercado local), tomadas e iluminação.
Interfone	Instalar sistema de porteiro eletrônico (em condomínio).

Casa* (Para contratação com valor máximo de aquisição da unidade de acordo com o item 7.2.1 do Anexo I da Portaria N° 465, de 03 de outubro de 2011)	
DIVERSOS	
Reservatório	Caixa d'água de 500 litros ou de maior capacidade quando exigido pela concessionária local. Para reservatório elevado de água potável, em condomínio, prever instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea.
Vagas	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal.
Cercamento do condomínio	Alambrado com baldrame e altura mínima de 1,80 m no entorno do condomínio.
Proteção da alvenaria externa	Em concreto com largura de 0,50 m ao redor da edificação.
Calçadas para circulação interna no condomínio	Largura mínima de 0,90 m.
Máquina de Lavar	Prever solução para máquina de lavar roupas (ponto elétrico, hidráulica e de esgoto).
Equipamento de lazer / uso comunitário	Obrigatório para empreendimentos em condomínio, com 60 UH ou mais, devendo prever recursos de, no mínimo, 1% da soma dos custos de infraestrutura e edificações. Considerado o valor destinado para este item, serão produzidos os equipamentos a seguir especificados obrigatoriamente nesta ordem: centro comunitário; espaço descoberto para lazer/recreação infantil; e quadra de esportes. Em condomínio, obrigatória a execução de depósito de lixo e local para armazenamento de correspondência.
TECNOLOGIAS INOVADORAS	
	Aceitáveis as tecnologias inovadoras testadas e aprovadas conforme a Norma de Desempenho - NBR-15.575 e homologadas pelo SINAT ou que comprovarem desempenho satisfatório junto à CAIXA.
SUSTENTABILIDADE	
	Medição individualizada de água e gás (ou sistema de botijão individualizado).
INFRAESTRUTURA	
	Pavimentação definitiva, calçadas, guias, sarjetas e sistema de drenagem.
	Sistema de abastecimento de água.
	Solução de esgotamento sanitário.
	Energia elétrica e iluminação pública.
ACESSIBILIDADE E ADAPTAÇÃO	
Áreas de uso comum	Deverá ser garantida a rota acessível em todas as áreas públicas e de uso comum no empreendimento. Orientações disponíveis na Cartilha de Acessibilidade a Edificações e Espaços e Equipamentos Urbanos, elaborada pela CAIXA.
Unidades adaptadas	Disponibilizar unidades adaptadas ao uso por pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida e idosos, de acordo com a demanda, com kits específicos devidamente definidos. Na ausência de legislação municipal ou estadual que estabeleça regra específica, disponibilizar no mínimo 3% das UH.

ANEXO B: RTQ-R – Tabela de Desconto das Esquadrias

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para iluminação natural	% abertura para ventilação natural
1	abrir 90° (ou de giro) 1 ou 2 folhas		90	90
2	de correr (ou deslizante) 2 folhas		80	45
3	de correr (ou deslizante) 3 folhas sendo 2 venezianas		45	45
4	de correr (ou deslizante) de 3 folhas móveis		75	60
5	de correr (ou deslizante) 4 folhas (2 fixas e 2 móveis)		70	40
6	Basculante		65	$70 (i=45^\circ) / 90 (i=90^\circ)$
7	Basculante sem esquadria		80	80

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para iluminação natural	% abertura para ventilação natural
8	Maxim-ar (abertura 90°)		80	80
9	Tombar		90	60 (i=45°) / 90 (i=90°)
10	Oscilobatente (Tombar e abrir)		90	90
11	Cortina de vidro		95	95
12	Guilhotina tripla (2 folhas móveis e 1 fixa)		75	60
13	Guilhotina dupla (2 folhas móveis)		80	40
14	de correr (ou deslizante) com 2 folhas e persiana integrada		75	40

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para iluminação natural	% abertura para ventilação natural
15	tipo camarão		90	90
16	Pintado		60	40
17	Pivotante		90	90

Observação: os percentuais de abertura para iluminação e ventilação de janelas diferentes das constantes na tabela devem ser calculados desconsiderando os caixilhos.

ANEXO C: RTQ-R – Método Prescritivo (UH): Cálculo do Indicador de Graus-Hora para Resfriamento e Cálculo do Consumo Relativo para Aquecimento

C.1 – VARIÁVEIS

As seguintes variáveis são utilizadas para o cálculo dos indicadores de graus-hora e consumo relativo para a determinação do equivalente numérico de cada Zona Bioclimática:

Ab_L : variável binária que define a existência de abertura voltada para o Leste. Se o ambiente possuir abertura para Leste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Ab_N : variável binária que define a existência de abertura voltada para o Norte. Se o ambiente possuir abertura para Norte o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Ab_O : variável binária que define a existência de abertura voltada para o Oeste. Se o ambiente possuir abertura para Oeste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Ab_S : variável binária que define a existência de abertura voltada para o Sul. Se o ambiente possuir abertura para Sul o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

AAb_L (m^2): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Leste; AAb_N (m^2): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Norte;

AAb_O (m^2): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Oeste; AAb_S (m^2): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Sul; AP_{ambL} (m^2): área de parede externa do ambiente voltada para o Leste;

AP_{ambN} (m^2): área de parede externa do ambiente voltada para o Norte; AP_{ambO} (m^2): área de parede externa do ambiente voltada para o Oeste; AP_{ambS} (m^2): área de parede externa do ambiente voltada para o Sul;

A_{parInt} (m^2): área das paredes internas, excluindo as aberturas e as paredes externas;

AU_{amb} (m^2): área útil do ambiente analisado;

α_{cob} (adimensional): absorvância da superfície externa da cobertura. O valor deve

situar-se entre 0,10 e 0,90 ou 0 (zero) quando a cobertura do ambiente não estiver voltada para o exterior;

α_{par} (adimensional): absorvância externa das paredes externas. O valor deve situar-se entre 0,10 e 0,90;

C_{altura} : coeficiente de altura, calculado pela razão entre o pé-direito e a área útil do ambiente;

cob: variável que define se o ambiente possui fechamento superior voltada para o exterior (cobertura). Se o fechamento superior do ambiente estiver voltada para o exterior o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero). Para ambientes com parte do fechamento superior voltado para o exterior e parte coberta, a variável “cob” será:

- cob = 0 para fechamento superior de 0 a 25% voltada para o exterior,
- cob = 0,5 para fechamento superior de 25,1 a 75% voltada para o exterior;
- cob = 1 para fechamento superior de 75,1 a 100% voltada para o exterior.

Observação: caso a cobertura do ambiente possuir abertura zenital de mais de 2% da área da cobertura, a avaliação deve ser feita pelo método de simulação ou o ambiente receberá nível E (EqNum = 1) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento (EqNumEnvAmb_{Resf}), para aquecimento (EqNumEnvAmb_A) e para refrigeração (EqNumEnvAmb_{Refrig}).

CT_{alta} [kJ/(m²K)]: variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica alta, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. Para este RTQ é considerada capacidade térmica alta valores acima de 250 kJ/m²K. Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica alta o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

CT_{baixa} [kJ/(m²K)]: variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica baixa, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. Para este RTQ é considerada capacidade térmica baixa valores a seguir de 50 kJ/m²K. Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica baixa o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Observação: Caso a capacidade térmica dos fechamentos seja um valor entre 50 kJ/m²K e 250 kJ/m²K deve-se adotar valor 0 (zero) tanto para CT_{baixa} como

para CT_{alta} . Em nenhuma circunstância pode-se adotar o valor 1 (um) para CT_{baixa} e CT_{alta} simultaneamente.

CT_{cob} [kJ/(m²K)]: capacidade térmica da cobertura. Deve ser calculada considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente. Se a cobertura do ambiente não estiver voltada para o exterior o valor deve ser 1 (um);

CT_{par} [kJ/(m²K)]: média ponderada da capacidade térmica das paredes externas e internas do ambiente pelas respectivas áreas;

F_{vent} (adimensional): fator das aberturas para ventilação: valor adimensional proporcional à abertura para ventilação em relação a abertura do vão. Os valores variam de 0 (zero) a 1 (um). Por exemplo, se a abertura para ventilação for igual à abertura do vão, o valor deve ser 1 (um); se a abertura estiver totalmente obstruída, o valor deve ser 0 (zero); se a abertura possibilitar metade da área da abertura para ventilação, deve ser 0,5.

isol: variável binária que representa a existência de isolamento nas paredes externas e coberturas. São consideradas isoladas paredes externas e coberturas que apresentem isolamento térmico e transmitância térmica menor ou igual a 1,00 W/(m²K);

P_{ambL} (m²): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Leste. Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Leste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

P_{ambN} (m²): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Norte. Se o ambiente parede externa voltada para o Norte o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

P_{ambO} (m²): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Oeste. Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Oeste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

P_{ambS} (m²): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Sul. Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Sul o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

PD (m): pé-direito do ambiente analisado;

pil: variável binária que define o contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis. Se o ambiente estiver sobre pilotis o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero). Para ambientes que possuem parte do piso sobre pilotis, a variável "pil" será:

- pil = 0 para ambientes com 0 a 25% da área sobre pilotis,
- pil = 0,5 para ambientes com 25,1 a 75% da área sobre pilotis;
- pil = 1 para ambientes com 75,1 a 100% da área sobre pilotis.

solo: variável binária que define o contato do piso do ambiente com o solo (laje de terrapleno). Se o piso estiver em contato com o solo o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero) . Para ambientes que possuem parte do piso em contato com o solo, a variável “solo” será:

- solo = 0 para ambientes com 0 a 25% da área em contato com o solo,
- solo = 0,5 para ambientes com 25,1 a 75% da área em contato com o solo;
- solo = 1 para ambientes com 75,1 a 100% da área em contato com o solo.

SomA_{parext}: somatório das áreas de parede externa do ambiente ($AP_{ambN} + AP_{ambS} + AP_{ambL} + AP_{ambO}$);

- somb: variável que define a presença de dispositivos de proteção solar externos às aberturas. Os valores possíveis são: somb = 0 (zero), quando não houver dispositivos de proteção solar;
- somb = 1 (um), quando houver venezianas que cubram 100% da abertura quando fechada;
- $0 < \text{somb} \leq 0,5$ (de zero a zero vírgula cinco), para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, o percentual de sombreamento deve ser calculado de acordo com o método proposto no Anexo I;
- somb = 0,2 (zero vírgula dois) para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, desde que os ângulos de sombreamento alpha (α) e gama (γ) atendam aos limites de ângulo mínimos para Norte, Sul, Leste e Oeste estabelecidos pelas seguintes equações:
 - o Limite para α ou γ Norte = $23,5^\circ + \text{Lat}$
 - o Limite para α ou γ Sul = $23,5^\circ + \text{Lat}$
 - o Limite para α ou γ Leste e Oeste = 45° Sendo:

Lat - valor absoluto da Latitude do local (valores negativos para o hemisfério Sul);

α - ângulo de altitude solar a normal da fachada que limita a proteção solar;

γ - ângulo da altura solar perpendicular a normal da fachada que limita as laterais da proteção solar.

Observação: No caso de dormitórios, o dispositivo de sombreamento deve permitir escurecimento em todas as Zonas Bioclimáticas e ventilação nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8 para que “somb” seja igual a 1 (um).

U_{cob} [W/(m²K)]: transmitância térmica da cobertura. Deve ser calculada considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente. Se a cobertura do ambiente não estiver voltada para o exterior o valor deve ser 0 (zero);

U_{par} [W/(m²K)]: transmitância térmica das paredes externas. Deve ser calculada considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente;

U_{vid} [W/(m²K)]: transmitância térmica do vidro;

vid: variável binária que indica a existência de vidro duplo no ambiente. Se o ambiente possuir vidro duplo o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

volume (m³): volume do ambiente, obtido através da multiplicação entre o pé-direito e a área útil do ambiente.

C.2 – EQUAÇÕES

Zona Bioclimática 1 (exemplo: cidade de Curitiba-PR)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.11, utilizando as constantes da Tabela 3.3.

$$GH_R = (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times PD/AU_{amb}) + (d \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + [e \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (f \times somb) + (g \times CT_{cob}) + (h \times \alpha_{cob}) + (i \times AAb_O \times (1-somb)) + (j \times isol) + (k \times solo) + (l \times Ab_S) + [m \times (U_{par} \times \alpha_{par}/CT_{par}) \times SomA_{par}] + (n \times F_{vent}) + (o \times CT_{par}) + (p \times pil) + (q \times cob \times AU_{amb}) + (r \times vid) + (s \times cob) + (t \times Ab_O) + (u \times AAb_N \times somb) + (v \times AU_{amb}) + (w \times PD) + (x \times solo \times AU_{amb}) + (y \times AAb_L \times F_{vent}) + (z \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) + (aa \times AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ab \times AP_{ambL} \times U_{par}) + (ac \times AAb_S \times somb) + (ad \times AAb_O \times somb) + (ae \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (af \times \alpha_{par}) + (ag \times CT_{alta}) + (ah \times U_{par}) + (ai \times AAb_S \times F_{vent}) + (aj \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ak \times AP_{ambO} \times U_{par}) + (al \times P_{ambN}) + (am \times Ab_N)$$

Equação
3.11 –
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB1

Tabela 3.3: Constantes da Equação 3.11

a	94,0522	k	-54,3782	u	5,4197	ae	0,4732
b	123,0188	l	-13,7824	v	-0,8241	af	15,3256
c	164,3781	m	0,2637	w	6,9951	ag	16,2345
d	2,6353	n	-35,9380	x	0,4141	ah	-12,2883
e	3,0564	o	-0,0441	y	5,4487	ai	2,6390
f	-66,6721	p	-19,2971	z	-0,1569	aj	1,7745
g	-0,0607	q	-0,9075	aa	2,4596	ak	-0,7678
h	56,9221	r	-16,1623	ab	-1,0187	al	22,1077
i	9,1358	s	50,8387	ac	2,2785	am	-15,7841
j	-32,8413	t	21,8479	ad	2,9537		

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.12, utilizando as constantes da Tabela 3.4.

$$\begin{aligned}
 C_A = & [(a) + (PD \cdot AU_{amb} \cdot b) + (pil \cdot AU_{amb} \cdot c) + (isol \cdot d) + (A_{parInt} \cdot CT_{par} \cdot \\
 & e) + (solo \cdot AU_{amb} \cdot f) + ((U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{parext} \cdot g) + (cob \cdot AU_{amb} \cdot \\
 & h) + (AAbs \cdot U_{vid} \cdot i) + (U_{cob} \cdot A_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb} \cdot j) + (\alpha_{par} \cdot k) + (AAbL \cdot \\
 & U_{vid} \cdot l) + (U_{par} \cdot m) + (AP_{ambS} \cdot n) + (F_{vent} \cdot o) + (CT_{baixa} \cdot p) + (A_{parInt} \cdot q) + \\
 & (SomA_{parext} \cdot CT_{par} \cdot r) + (vid \cdot s) + ((U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb} \cdot t) + \\
 & (SomA_{parext} \cdot u) + (AP_{ambN} \cdot \alpha_{par} \cdot v) + (PD \cdot w) + (somb \cdot x) + (AP_{ambS} \cdot \\
 & \alpha_{par} \cdot y) + (U_{cob} \cdot z) + (CT_{cob} \cdot aa) + (CT_{par} \cdot ab) + (AAbs \cdot ac) + (AAbN \cdot \\
 & F_{vent} \cdot ad) + (AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot ae) + (A_{pambS} \cdot U_{par} \cdot af) + (AAbO \cdot F_{vent} \cdot ag) + \\
 & (cob \cdot ah) + (\alpha_{cob} \cdot ai) + (AAbO \cdot U_{vid} \cdot aj) + (AAbN \cdot U_{vid} \cdot ak) + (AP_{ambO} \cdot \\
 & \alpha_{par} \cdot al) + (AP_{ambL} \cdot \alpha_{par} \cdot am) + (AP_{ambN} \cdot an) + (AAbL \cdot F_{vent} \cdot ao) + \\
 & (AAbs \cdot F_{vent} \cdot ap) + (solo \cdot aq) + (pil \cdot ar) + (AAbL \cdot as) + (AAbO \cdot (1- \\
 & somb) \cdot at) + (AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot au) + (AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot av) + (AAbO \\
 & \cdot aw) + (AAbO \cdot somb \cdot ax) + (PambS \cdot ay) + (AAbN \cdot (1-somb) \cdot az) \\
 & + (AAbN \cdot somb \cdot ba) + (AAbN \cdot bb)] / (AU_{amb} \cdot 1000)
 \end{aligned}$$

Equação
3.12
– consumo
relativo para
aquecimento
da ZB1

Tabela 3.4: Constantes da Equação 3.12

a	298.699,563	o	79.769,314	ac	20.177,453	ap	-47.868,104
b	620,640	p	63.010,576	ad	-43.565,157	aq	30.810,932
c	8.314,496	q	6.372,943	ae	3.414,205	ar	27.238,852
d	-198.260,208	r	-3,505	af	3.099,252	as	16.614,694
e	-1,194	s	3.558,661	ag	-48.984,907	at	-16.143,487
f	5.881,999	t	986,593	ah	147.203,116	au	-3.226,219
g	923,941	u	17.709,262	ai	-136.860,726	av	-2.820,982
h	3.090,563	v	-1.889,736	aj	3.541,891	aw	17.484,409
i	4.325,616	w	-75.954,953	ak	3.326,543	ax	-20.536,510
j	-1,728	x	26.362,996	al	-9.946,801	ay	-17.090,252
k	-86.128,150	y	-1.593,427	am	-9.318,630	az	-14.060,875
l	3.777,324	z	4.000,912	an	-9.418,871	ba	-21.052,274
m	-57.706,666	aa	-44,865	ao	-53.392,697	bb	11.212,923
n	-5.503,373	ab	70,681				

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.5 e da Tabela 3.6, respectivamente.

Tabela 3.5: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 1

Eficiência	EqNumEnvAmb_{Resfr}	Condição
A	5	$GH_R \leq 143$
B	4	$143 < GH_R \leq 287$
C	3	$287 < GH_R \leq 430$
D	2	$430 < GH_R \leq 574$
E	1	$GH_R > 574$

Tabela 3.6: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 1

Eficiência	EqNumEnvAmb_A	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 16,700$
B	4	$16,700 < C_A \leq 33,400$
C	3	$33,400 < C_A \leq 50,099$
D	2	$50,099 < C_A \leq 66,799$
E	1	$C_A > 66,799$

Zona Bioclimática 2 (exemplo: cidade de Santa Maria-RS)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.13, utilizando as constantes da Tabela 3.7.

$$\begin{aligned}
 GH_R = & (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times solo \times AU_{amb}) + (d \times somb) + (e \times U_{cob}) + \\
 & (f \times \alpha_{par}) + (g \times U_{par}) + (h \times PD/AU_{amb}) + (i \times CT_{alta}) + (j \times Ab_S) + (k \times \\
 & \alpha_{cob}) + (l \times solo) + (m \times F_{vent}) + (n \times CT_{cob}) + (o \times SomA_{par}) + (p \times AU_{amb}) \\
 & + (q \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (r \times vid) + (s \times AAb_O \times (1-somb)) + (t \\
 & \times AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (u \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (v \times pil) + (w \times AAb_L \\
 & \times (1-somb)) + (x \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + [y \times (U_{par} \times \alpha_{par}/CT_{par}) \times \\
 & SomA_{par}] + (z \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (aa \times P_{ambN}) + (ab \times Ab_N) + (ac \times \\
 & AP_{ambN}) + (ad \times cob \times AU_{amb}) + (ae \times AAb_N \times F_{vent}) + (af \times AP_{ambN} \times U_{par}) \\
 & + [ag \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (ah \times AAb_L \times somb) + (ai \times AAb_O) \\
 & + (aj \times PD) + (ak \times AAb_S \times somb) + (al \times AAb_N \times somb) + (am \times A_{parInt}) + \\
 & (an \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) + (ao \times AAb_S) + (ap \times AP_{ambS} \times U_{par}) + (aq \times AAb_S \times \\
 & F_{vent}) + (ar \times isol) + (as \times A_{parInt} \times CT_{par}) + (at \times P_{ambO}) + (au \times AP_{ambO}) + \\
 & (av \times Ab_O)
 \end{aligned}$$

Equação
3.13 –
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB2

Tabela 3.7: Constantes da Equação 3.13

a	6000,8491	m	-1460,7816	y	-4,0776	ak	109,2535
b	2386,2991	n	-0,5852	z	40,8156	al	63,5351
c	-14,3895	o	17,1399	aa	1631,2619	am	6,2899
d	-2377,3152	p	-17,4787	ab	-965,5409	an	-74,6509
e	-134,9247	q	64,3714	ac	-21,6288	ao	-89,8677
f	1905,8260	r	-433,2762	ad	-11,3058	ap	-14,2651
g	374,3660	s	61,6169	ae	43,1130	aq	66,7633
h	5560,6203	t	44,0963	af	-44,4243	ar	-348,4968
i	-934,7427	u	108,6003	ag	7,8959	as	-0,0022
j	-714,8608	v	-314,5094	ah	80,4137	at	1010,6465
k	2112,5740	w	84,7338	ai	63,1816	au	-58,4028
l	-1614,9760	x	36,2855	aj	-269,4569	av	-441,3903

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.14, utilizando as constantes da Tabela 3.8.

$$\begin{aligned}
C_A = & [(a) + (PD \cdot AU_{amb} \cdot b) + (CT_{baixa} \cdot c) + (pil \cdot AU_{amb} \cdot d) + (isol \cdot e) \\
& + (PambS \cdot f) + (A_{parInt} \cdot CT_{par} \cdot g) + ((U_{par} \cdot \alpha_{par} / CT_{par}) \cdot SomA_{parext} \cdot h) \\
& + (\alpha_{par} \cdot i) + ((U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb} \cdot j) + (AAbN \cdot F_{vent} \cdot k) + (solo \cdot \\
& AU_{amb} \cdot l) + (cob \cdot AU_{amb} \cdot m) + (U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb} \cdot n) + (AU_{amb} \cdot o) + \\
& (AAbS \cdot U_{vid} \cdot p) + (U_{par} \cdot q) + (AAbL \cdot U_{vid} \cdot r) + (AP_{ambS} \cdot s) + (SomA_{parext} \cdot \\
& CT_{par} \cdot t) + (A_{parInt} \cdot u) + (AP_{ambN} \cdot \alpha_{par} \cdot v) + (vid \cdot w) + (CT_{cob} \cdot x) + (cob \cdot y) + \\
& (CT_{par} \cdot z) + (\alpha_{cob} \cdot aa) + (AP_{ambS} \cdot \alpha_{par} \cdot ab) + (AAbS \cdot ac) + (A_{pambN} \cdot U_{par} \cdot \\
& ad) + (A_{pambS} \cdot U_{par} \cdot ae) + (pil \cdot af) + (PD / AU_{amb} \cdot ag) + (AAbO \cdot F_{vent} \cdot ah) + \\
& (AAbO \cdot U_{vid} \cdot ai) + (solo \cdot aj) + (somb \cdot ak) + (SomA_{parext} \cdot al) + (AAbN \cdot U_{vid} \cdot \\
& am) + (AAbN \cdot an) \\
& + (AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot ao) + (AAbL \cdot F_{vent} \cdot ap) + (AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot aq) + \\
& (AP_{ambN} \cdot ar) + (CT_{alta} \cdot as) + (AAbO \cdot at) + (AP_{ambL} \cdot \alpha_{par} \cdot au) \\
& + (AP_{ambO} \cdot \alpha_{par} \cdot av) + (AAbS \cdot somb \cdot aw) + (AAbS \cdot (1-somb) \cdot ax)] / \\
& (AU_{amb} \cdot 1000)
\end{aligned}$$

Equação
3.14
- consumo
relativo para
aquecimento
da ZB2

Tabela 3.8: Constantes da Equação 3.14

a	241.750,739	n	-1,135	aa	-63.182,966	am	1.579,388
b	2.596,578	o	-4.948,355	ab	-914,099	an	-7.565,449
c	48.773,966	p	2.298,395	ac	5.547,583	ao	-1.763,732
d	4.579,321	q	-30.991,823	ad	2.189,335	ap	-7.381,679
e	-107.685,313	r	1.937,799	ae	1.814,481	aq	-2.164,848
f	-9.454,813	s	-1.316,292	af	20.607,874	ar	-4.623,174
g	-1,083	t	-2,632	ag	-298.542,715	as	-7.636,798
h	549,605	u	594,611	ah	-10.004,110	at	-2.621,933
i	-55.376,626	v	-1.296,994	ai	1.830,807	au	-3.795,605
j	677,786	w	1.383,905	aj	11.788,638	av	-3.772,944
k	-9.966,523	x	-31,241	ak	7.671,479	aw	-7.024,229
l	1.940,457	y	77.335,684	al	5.175,141	ax	-3.591,401
m	2.200,750	z	59,266				

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.9 e da Tabela 3.10, respectivamente.

Tabela 3.9: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 2

Eficiência	EqNumEnvAmb_{Resfr}	Condição
A	5	$GH_R \leq 2.310$
B	4	$2.310 < GH_R \leq 4.396$
C	3	$4.396 < GH_R \leq 6.481$
D	2	$6.481 < GH_R \leq 8.567$
E	1	$GH_R > 8.567$

Tabela 3.10: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 2

Eficiência	EqNumEnvAmb_A	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 15,591$
B	4	$15,591 < C_A \leq 31,182$
C	3	$31,182 < C_A \leq 46,772$
D	2	$46,772 < C_A \leq 62,363$
E	1	$C_A > 62,363$

Zona Bioclimática 3 (exemplo: cidade de Florianópolis-SC)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.15, utilizando as constantes da Tabela 3.11.

$$\begin{aligned}
 GH_R = & (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times \alpha_{cob}) + (d \times somb) + (e \times solo \times AU_{amb}) + \\
 & (f \times \alpha_{par}) + (g \times PD/AU_{amb}) + (h \times CT_{cob}) + (i \times Ab_S) \\
 & + (j \times AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (k \times A_{parInt} \times CT_{par}) + (l \times solo) \\
 & + (m \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (n \times F_{vent}) + (o \times AU_{amb}) + (p \times \\
 SomA_{par}) & + (q \times AAb_O \times (1-somb)) + (r \times AAb_L \times F_{vent}) + (s \times CT_{par}) \\
 & + (t \times AAb_S \times (1-somb)) + (u \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (v \times pil) \\
 & + (w \times P_{ambO}) + (x \times AAb_N \times somb) + (y \times Ab_N) + (z \times P_{ambN}) \\
 & + (aa \times AP_{ambN}) + [ab \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (ac \times cob \times AU_{amb}) \\
 & + (ad \times CT_{alta}) + (ae \times U_{cob}) + (af \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ag \times P_{ambL}) + \\
 & (ah \times A_{parInt}) + (ai \times PD \times AU_{amb}) + (aj \times P_{ambS}) + (ak \times AAb_S \times F_{vent}) + (al \\
 & \times AAb_O \times F_{vent}) + (am \times AAb_N \times F_{vent}) + (an \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ao \\
 & \times AP_{ambS}) + (ap \times AAb_N \times (1-somb))
 \end{aligned}$$

Equação
3.15 –
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB3

Tabela 3.11: Constantes da Equação 3.15

a	836,4188	l	-605,5557	w	399,0021	ah	16,2740
b	1002,2853	m	25,1879	x	2,4466	ai	-20,4181
c	1248,7615	n	-830,6742	y	-379,5777	aj	126,6339
d	-1042,8507	o	34,1620	z	738,1763	ak	51,1530
e	-7,9675	p	-3,3292	aa	-4,2304	al	55,4249
f	1007,6786	q	16,9856	ab	5,5988	am	79,2095
g	2324,8467	r	70,1758	ac	-6,1829	an	15,3351
h	-0,3032	s	-0,0426	ad	-200,9447	ao	26,0925
i	-77,7838	t	-54,1796	ae	-103,1092	ap	-34,7777
j	26,3363	u	14,1195	af	3,8400		
k	-0,0016	v	-114,4985	ag	431,9407		

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.16, utilizando as constantes da Tabela 3.12.

$$\begin{aligned}
 C_A = & [(a) + (b \times CT_{par}) + (c \times AU_{amb}) + (d \times P_{ambS}) + (e \times CT_{baixa}) + (f \times \\
 solo) & + (g \times pil) + (h \times U_{cob}) + (i \times \alpha_{par}) + (j \times CT_{cob}) + (k \times SomA_{par}) + (l \\
 \times AAb_S) & + (m \times Ab_N) + [n \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (o \times CT_{alta}) + \\
 (p \times U_{par}) & + (q \times F_{vent}) + (r \times cob) + (s \times \alpha_{cob}) + (t \times PD) + (u \times \\
 SomA_{parExt} & \times CT_{par}) + (v \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) + (w \times AP_{ambS} \times \alpha_{par}) + (x \times \\
 PD/AU_{amb}) &]/1000
 \end{aligned}$$

Equação
3.16
– consumo
relativo
para
aquecimento
da ZB3

Tabela 3.12: Constantes da Equação 3.16

a	6981,8136	g	2479,9604	m	-543,4286	s	-3315,0119
b	0,3717	h	394,0458	n	14,0555	t	1262,6737
c	-122,4306	i	-2521,9122	o	-1583,9814	u	-0,0219
d	1557,3444	j	-1,2280	p	990,0915	v	-75,9370
e	2109,4866	k	65,4370	q	-1111,1099	w	-80,3345
f	2802,3931	l	131,7352	r	4323,9241	x	-15281,1938

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.13 e da Tabela 3.14, respectivamente.

Tabela 3.13: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 3

Eficiência	EqNumEnvAmb_{Resfr}	Condição
A	5	$GH_R \leq 822$
B	4	$822 < GH_R \leq 1.643$
C	3	$1.643 < GH_R \leq 2.465$
D	2	$2.465 < GH_R \leq 3.286$
E	1	$GH_R > 3.286$

Tabela 3.14: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 3

Eficiência	EqNumEnvAmb_A	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 6,429$
B	4	$6,429 < C_A \leq 12,858$
C	3	$12,858 < C_A \leq 19,287$
D	2	$19,287 < C_A \leq 25,716$
E	1	$C_A > 25,716$

Zona Bioclimática 4 (exemplo: cidade de Brasília-DF)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.17, utilizando as constantes da Tabela 3.15.

$$\begin{aligned}
 GH_R = & (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times \alpha_{cob}) + (d \times somb) + (e \times CT_{cob}) + \\
 & (f \times PD/AU_{amb}) + (g \times \alpha_{par}) + (h \times solo) + (i \times AAb_S \times (1-somb)) + \\
 & (j \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + [k \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] \\
 & + (l \times pil) + (m \times A_{parInt} \times CT_{par}) + (n \times AAb_O \times (1-somb)) + (o \times \\
 & Ab_S) + (p \times F_{vent}) + (q \times SomA_{par}) + (r \times AU_{amb}) + (s \times CT_{par}) + (t \times \\
 & cob \times AU_{amb}) + (u \times Ab_N) + (v \times P_{ambN}) + (w \times AP_{ambN}) + (x \times \\
 & AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (y \times P_{ambO}) + (z \times AAb_L) + (aa \times cob) + (ab \\
 & \times U_{cob}) + (ac \times AAb_S \times F_{vent}) + (ad \times P_{ambS}) + (ae \times P_{ambL}) + (af \times \\
 & A_{parInt}) + (ag \times PD \times AU_{amb}) + (ah \times solo \times AU_{amb}) + [ai \times (U_{par} \times \\
 & \alpha_{par}/CT_{par}) \times SomA_{par}] + (aj \times U_{par}) + (ak \times CT_{alta}) + (al \times AAb_N \times \\
 & somb) + (am \times AP_{ambS}) + (an \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ao \times AAb_L \\
 & \times (1-somb))
 \end{aligned}$$

Equação
3.17
– indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB4

Tabela 3.15: Constantes da Equação 3.17

a	641,1879	l	-193,7316	w	15,4759	ah	1,7323
b	748,0024	m	0,0004	x	17,4512	ai	0,8130
c	548,8264	n	33,3844	y	452,3534	aj	-177,0105
d	-766,6239	o	-67,8611	z	15,6908	ak	101,9694
e	-0,4332	p	-428,7391	aa	738,0624	al	16,6898
f	1518,1021	q	-10,4357	ab	-302,0291	am	26,9753
g	445,9668	r	15,6972	ac	38,3885	an	8,3558
h	-445,7625	s	-0,3578	ad	60,5649	ao	-13,3692
i	-56,0964	t	-13,1833	ae	289,4002		
j	29,0510	u	-214,2001	af	9,1604		

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.18, utilizando as constantes da Tabela 3.16.

$$C_A = [(a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times AU_{amb}) + (d \times somb) + (e \times AP_{ambS} \times U_{par}) + [f \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (g \times pil) + (h \times \alpha_{par}) + (i \times cob \times AU_{amb}) + (j \times CT_{alta}) + (k \times F_{vent}) + (l \times CT_{cob}) + (m \times cob) + (n \times \alpha_{cob}) + (o \times AAb_S) + (p \times Ab_N) + (q \times SomA_{par}) + (r \times solo) + (s \times U_{par}) + (t \times P_{ambN}) + (u \times U_{cob}) + (v \times SomA_{parExt} \times CT_{par}) + (w \times P_{ambS}) + (x \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (y \times PD) + (z \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (aa \times PD \times AU_{amb})]/1000$$

Equação
3.18 –
consumo
relativo para
aquecimento
da ZB4

Tabela 3.16: Constantes da Equação 3.18

a	-384,1715	h	-2161,0869	o	40,9503	v	-0,0169
b	1948,7618	i	12,1332	p	-272,8337	w	851,6260
c	223,8195	j	-267,3459	q	49,0402	x	-34,3625
d	849,5126	k	-1788,6294	r	434,3085	y	1636,1082
e	2,6903	l	-1,0283	s	591,0911	z	-29,7849
f	19,6424	m	4447,7162	t	-120,6000	aa	-104,0720
g	1478,9254	n	-3292,0955	u	-742,1948		

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.17 e da Tabela 3.18, respectivamente.

Tabela 3.17: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 4

Eficiência	EqNumEnvAmb _{Resfr}	Condição
A	5	$GH_R \leq 727$
B	4	$727 < GH_R \leq 1.453$
C	3	$1.453 < GH_R \leq 2.180$
D	2	$2.180 < GH_R \leq 2.906$
E	1	$GH_R > 2.906$

Tabela 3.18: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 4

Eficiência	EqNumEnvAmb _A	Condição (kWh/m ² .ano)
A	5	$C_A \leq 5,838$
B	4	$5,838 < C_A \leq 11,675$
C	3	$11,675 < C_A \leq 17,513$
D	2	$17,513 < C_A \leq 23,350$
E	1	$C_A > 23,350$

Zona Bioclimática 6 (exemplo: cidade de Campo Grande-MS)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GHR) é obtido através da Equação 3.19, utilizando as constantes da Tabela 3.19.

$$\begin{aligned}
 GHR = & (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times \alpha_{cob}) + (d \times somb) + (e \times solo \times AU_{amb}) \\
 & + (f \times \alpha_{par}) + (g \times CT_{alta}) + (h \times PD/AU_{amb}) + (i \times Ab_S) + (j \times SomaA_{par}) + \\
 & (k \times solo) + (l \times CT_{cob}) + (m \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (n \times P_{ambL}) \\
 & + (o \times AAb_S \times (1-somb)) + (p \times AU_{amb}) + (q \times F_{vent}) + [r \times (U_{cob} \times \\
 & \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (s \times A_{parInt}) + (t \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (u \times \\
 & P_{ambO}) + (v \times P_{ambN}) + (w \times AP_{ambS} \times U_{par}) + (x \times AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + \\
 & (y \times AAb_L \times F_{vent}) + (z \times P_{ambS}) \\
 & + (aa \times A_{parInt} \times CT_{par}) + (ab \times AAb_O \times (1-somb)) + (ac \times AAb_N \times F_{vent}) \\
 & + (ad \times Ab_N) + (ae \times PD \times AU_{amb}) + (af \times AAb_S \times F_{vent}) \\
 & + (ag \times AAb_O \times F_{vent}) + (ah \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ai \times CT_{par}) \\
 & + (aj \times AAb_N) + (ak \times AAb_O) + (al \times AAb_S) + (am \times PD) + (an \times AAb_L) \\
 & + (ao \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) + (ap \times AP_{ambN} \times U_{par}) + (aq \times AP_{ambN}) + (ar \times \\
 & AP_{ambO}) + (as \times Ab_O)
 \end{aligned}$$

Equação
3.19
– indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB6

Tabela 3.19: Constantes da Equação 3.19

a	2761,0810	m	49,7464	y	353,0820	ak	-158,3389
b	3125,5139	n	1146,8746	z	825,5822	al	-141,7571
c	3942,2575	o	-199,9633	aa	-0,0078	am	614,7558
d	-3602,9301	p	85,3725	ab	49,9509	an	-80,6792
e	-28,7788	q	-2857,6711	ac	431,5161	ao	-636,1284
f	4083,2765	r	16,0537	ad	-1237,0229	ap	-205,4987
g	-1291,1085	s	28,1849	ae	-46,9272	aq	375,6431
h	2391,4019	t	340,8291	af	338,6679	ar	-67,2184
i	-513,1325	u	2184,3602	ag	383,4189	as	-708,5751
j	-0,4197	v	2581,4199	ah	43,0640		
k	-2285,2793	w	15,9464	ai	0,4015		
l	-1,0075	x	61,7515	aj	-156,2399		

O equivalente numérico da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.20.

Tabela 3.20: Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zona Bioclimática 6

Eficiência	EqNumEnvAmb	Condição
A	5	$GH_R \leq 2.745$
B	4	$2.745 < GH_R \leq 5.489$
C	3	$5.489 < GH_R \leq 8.234$
D	2	$8.234 < GH_R \leq 10.978$
E	1	$GH_R > 10.978$

Zona Bioclimática 7 (exemplo: cidade de Cuiabá-MT)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.20, utilizando as constantes da Tabela 3.21.

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \times \text{somb}) + (c \times \alpha_{\text{cob}}) + (d \times CT_{\text{baixa}}) + (e \times \alpha_{\text{par}}) \\
& + (f \times \text{solo} \times AU_{\text{amb}}) + (g \times Ab_S) + (h \times \text{SomA}_{\text{par}}) + (i \times CT_{\text{alta}}) + (j \times \text{solo}) \\
& + (k \times \text{pil} \times AU_{\text{amb}}) + (l \times AAb_S \times (1 - \text{somb})) + (m \times AP_{\text{ambL}} \times U_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) \\
& + (n \times U_{\text{cob}} \times \alpha_{\text{cob}} \times \text{cob} \times AU_{\text{amb}}) + (o \times CT_{\text{cob}}) + (p \times PD/AU_{\text{amb}}) + (q \times \\
& AP_{\text{ambS}}) + (r \times F_{\text{vent}}) + (s \times A_{\text{parInt}} \times CT_{\text{par}}) + (t \times Ab_N) + (u \times P_{\text{ambN}}) + (v \times \\
& AP_{\text{ambO}} \times U_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (w \times U_{\text{cob}}) + (x \times AP_{\text{ambN}}) + (y \times AAb_N \times F_{\text{vent}}) + \\
& (z \times AAb_N) + (aa \times AP_{\text{ambN}} \times U_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + [ab \times (U_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}/CT_{\text{par}}) \times \\
& \text{SomA}_{\text{par}}] + (ac \times P_{\text{ambL}}) + (ad \times P_{\text{ambO}}) + (ae \times A_{\text{parInt}}) + (af \times PD) + (ag \\
& \times AAb_O \times \text{somb}) + (ah \times \text{cob} \times AU_{\text{amb}}) + (ai \times \text{cob}) + (aj \times AP_{\text{ambO}} \times \\
& \alpha_{\text{par}}) + (ak \times CT_{\text{par}}) + (al \times \text{SomA}_{\text{parExt}} \times CT_{\text{par}}) + (am \times AP_{\text{ambO}} \times U_{\text{par}}) + \\
& (an \times AP_{\text{ambL}})
\end{aligned}$$

Equação
3.20
– indicador
de graus-
hora para
resfriamento
da ZB7

Tabela 3.21: Constantes da Equação 3.20

a	16195,9377	k	-25,3375	u	3647,3308	ae	27,0537
b	-6292,1885	l	-298,4915	v	469,8836	af	-693,2786
c	5145,0087	m	94,7187	w	-1341,2948	ag	-99,1571
d	3727,9138	n	110,3609	x	-586,4147	ah	-30,1558
e	8932,3248	o	-0,8985	y	416,5898	ai	1673,3297
f	-52,7262	p	9610,9011	z	-182,6811	aj	-868,5381
g	72,7154	q	-434,0247	aa	63,2490	ak	1,0065
h	520,0973	r	-2302,3773	ab	-5,1944	al	-0,0226
i	-1648,3363	s	-0,0119	ac	2421,0221	am	-279,5554
j	-2738,0873	t	-1806,5932	ad	3114,1878	an	-540,0451

O equivalente numérico da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.22.

Tabela 3.22: Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zona Bioclimática 7

Eficiência	EqNumEnvAmb	Condição
A	5	$GH_R \leq 12.566$
B	4	$12.566 < GH_R \leq 18.622$
C	3	$18.622 < GH_R \leq 24.679$
D	2	$24.679 < GH_R \leq 30.735$
E	1	$GH_R > 30.735$

Zonas Bioclimáticas 5 e 8 (exemplo: cidade de Salvador-BA)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.21, utilizando as constantes da Tabela 3.23.

$$\begin{aligned} \text{GH}_R = & (a) + (b \times \text{somb}) + (c \times \alpha_{\text{cob}}) + (d \times \alpha_{\text{par}}) + (e \times \text{CT}_{\text{baixa}}) + (f \times \\ & \text{P}_{\text{ambO}}) + (g \times \text{solo} \times \text{AU}_{\text{amb}}) + (h \times \text{AP}_{\text{ambL}} \times \text{U}_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (i \times \text{P}_{\text{ambN}}) + \\ & (j \times \text{pil} \times \text{AU}_{\text{amb}}) + (k \times \text{AAb}_O \times (1-\text{somb})) + (l \times \text{F}_{\text{vent}}) \\ & + (m \times \text{AAb}_S \times (1-\text{somb})) + (n \times \text{U}_{\text{cob}} \times \alpha_{\text{cob}} \times \text{cob} \times \text{AU}_{\text{amb}}) + (o \times \text{cob} \\ & \times \text{AU}_{\text{amb}}) + (p \times \text{Ab}_N) + (q \times \text{AP}_{\text{ambN}}) + (r \times \text{AP}_{\text{ambS}}) \\ & + (s \times \text{P}_{\text{ambL}}) + (t \times \text{AP}_{\text{ambN}} \times \text{U}_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (u \times \text{Ab}_L) + (v \times \text{PD}/\text{AU}_{\text{amb}}) + \\ & (w \times \text{solo}) + (x \times \text{SomA}_{\text{par}}) + (y \times \text{AP}_{\text{ambO}} \times \text{U}_{\text{par}} \times \alpha_{\text{par}}) + (z \times \text{CT}_{\text{cob}}) + \\ & (\text{aa} \times \text{CT}_{\text{alta}}) + (\text{ab} \times \text{U}_{\text{cob}}) + (\text{ac} \times \text{AP}_{\text{ambL}} \times \alpha_{\text{par}}) + (\text{ad} \times \text{P}_{\text{ambS}}) + (\text{ae} \times \\ & \text{pil}) + (\text{af} \times \text{AAb}_L \times (1-\text{somb})) + (\text{ag} \times \text{AAb}_N \times \text{somb}) + (\text{ah} \times \text{PD} \times \\ & \text{AU}_{\text{amb}}) + (\text{ai} \times \text{A}_{\text{parInt}}) + (\text{aj} \times \text{AU}_{\text{amb}}) + (\text{ak} \times \text{AAb}_N \times \text{F}_{\text{vent}}) + (\text{al} \times \text{AAb}_S \\ & \times \text{F}_{\text{vent}}) + (\text{am} \times \text{AAb}_L \times \text{F}_{\text{vent}}) + (\text{an} \times \text{Ab}_S) \end{aligned}$$

Equação
3.21 –
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB8

Tabela 3.23: Constantes da Equação 3.21

a	4957,7051	k	267,5110	u	-1089,0840	ae	-398,7255
b	-4358,3120	l	-1923,1450	v	4861,2191	af	66,4689
c	3875,5023	m	-135,5828	w	-703,1389	ag	-40,6794
d	4833,6329	n	76,0281	x	-3,4004	ah	-78,9077
e	2649,1399	o	-21,8897	y	55,4737	ai	59,9755
f	2224,2664	p	-1503,2234	z	-0,3847	aj	152,9115
g	-19,6341	q	-31,3561	aa	338,3054	ak	98,2787
h	40,0109	r	106,7381	ab	-556,2222	al	112,5051
i	3128,2421	s	1524,3703	ac	91,9860	am	93,0504
j	-15,3035	t	41,4009	ad	340,0819	an	-586,4518

O equivalente numérico da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.24.









Tabela 3.24: Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zonas Bioclimáticas 5 e 8








Eficiência	EqNumEnvAmb	Condição
A	5	$GH_R \leq 5.209$
B	4	$5.209 < GH_R \leq 8.365$
C	3	$8.365 < GH_R \leq 11.520$
D	2	$11.520 < GH_R \leq 14.676$
E	1	$GH_R > 14.676$

ANEXO D: Selo Casa Azul – Tipologias Construtivas de Parede e Cobertura

D.1 – TIPOLOGIAS DE PAREDES

Tabela 4: Tipologias – paredes

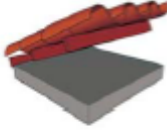
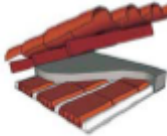
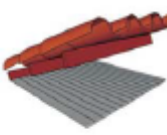
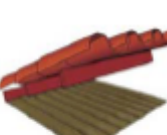
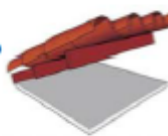
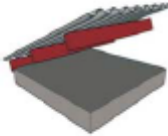
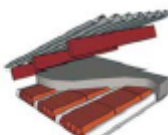
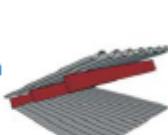
Parede tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas	Parede tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas																																								
a		Argamassa interna (2,5cm) Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	e		Gesso interno (2,0cm) Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.86</td> <td>2.03</td> <td>0.2</td> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>9.2</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.86	2.03	0.2	2.3			0.4	4.6			0.8	9.2			<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.7</td> <td>235</td> <td>0.2</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>8.6</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.7	235	0.2	2.2			0.4	4.3			0.8	8.6
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
2.86	2.03	0.2	2.3																																										
		0.4	4.6																																										
		0.8	9.2																																										
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
2.7	235	0.2	2.2																																										
		0.4	4.3																																										
		0.8	8.6																																										
b		Gesso interno (2,0cm) Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	f		Sem revestimento interno Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.8</td> <td>174</td> <td>0.2</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>9.0</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.8	174	0.2	2.2			0.4	4.5			0.8	9.0			<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.95</td> <td>214</td> <td>0.2</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.7</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>9.4</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.95	214	0.2	2.4			0.4	4.7			0.8	9.4
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
2.8	174	0.2	2.2																																										
		0.4	4.5																																										
		0.8	9.0																																										
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
2.95	214	0.2	2.4																																										
		0.4	4.7																																										
		0.8	9.4																																										
c		Sem revestimento interno Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	g		Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.09</td> <td>157</td> <td>0.2</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>9.0</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.09	157	0.2	2.5			0.4	4.9			0.8	9.0			<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.59</td> <td>145</td> <td>0.2</td> <td>2.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>8.3</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.59	145	0.2	2.1			0.4	4.1			0.8	8.3
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
3.09	157	0.2	2.5																																										
		0.4	4.9																																										
		0.8	9.0																																										
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
2.59	145	0.2	2.1																																										
		0.4	4.1																																										
		0.8	8.3																																										
d		Argamassa interna (2,5cm) Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	h		Gesso interno (2,0cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.76</td> <td>265</td> <td>0.2</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>8.8</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.76	265	0.2	2.2			0.4	4.4			0.8	8.8			<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.55</td> <td>115</td> <td>0.2</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>8.2</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.55	115	0.2	2.0			0.4	4.1			0.8	8.2
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
2.76	265	0.2	2.2																																										
		0.4	4.4																																										
		0.8	8.8																																										
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
2.55	115	0.2	2.0																																										
		0.4	4.1																																										
		0.8	8.2																																										

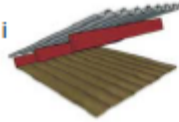
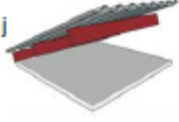

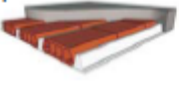
Parede tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas																		
i		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.96</td> <td>100</td> <td>0.2</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>8.9</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]	2.96	100	0.2	2.2			0.4	4.5		
U	CT	α	FCS																	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]																	
2.96	100	0.2	2.2																	
		0.4	4.5																	
		0.8	8.9																	
j		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm) Sem revestimento externo																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.12</td> <td>41</td> <td>0.2</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>10.0</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]	3.12	41	0.2	2.5			0.4	5.0		
U	CT	α	FCS																	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]																	
3.12	41	0.2	2.5																	
		0.4	5.0																	
		0.8	10.0																	
k		Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.98</td> <td>156</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>6.3</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]	1.98	156	0.2	1.6			0.4	3.2		
U	CT	α	FCS																	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]																	
1.98	156	0.2	1.6																	
		0.4	3.2																	
		0.8	6.3																	
l		Gesso interno (2,0cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.89</td> <td>122</td> <td>0.2</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>6.1</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]	1.89	122	0.2	1.5			0.4	3.0		
U	CT	α	FCS																	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]																	
1.89	122	0.2	1.5																	
		0.4	3.0																	
		0.8	6.1																	
m		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (14,0 x 14,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.09</td> <td>103</td> <td>0.2</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>6.7</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]	2.09	103	0.2	1.7			0.4	3.3		
U	CT	α	FCS																	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]																	
2.09	103	0.2	1.7																	
		0.4	3.3																	
		0.8	6.7																	
n		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (14,0 x 9,0 x 24,0cm) Sem revestimento externo																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.49</td> <td>55</td> <td>0.2</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>8.0</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]	2.49	55	0.2	2.0			0.4	4.0		
U	CT	α	FCS																	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]																	
2.49	55	0.2	2.0																	
		0.4	4.0																	
		0.8	8.0																	
o		Sem revestimento interno Tijolo maciço (10,0 x 6,0 x 22,0cm) Sem revestimento externo																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.7</td> <td>149</td> <td>0.2</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>5.9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>11.8</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]	3.7	149	0.2	3.0			0.4	5.9		
U	CT	α	FCS																	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	[-]	[-]																	
3.7	149	0.2	3.0																	
		0.4	5.9																	
		0.8	11.8																	

Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LabEEE/UFSC.

D.2 – TIPOLOGIAS DE COBERTURA

Tabela 5: Tipologias – coberturas

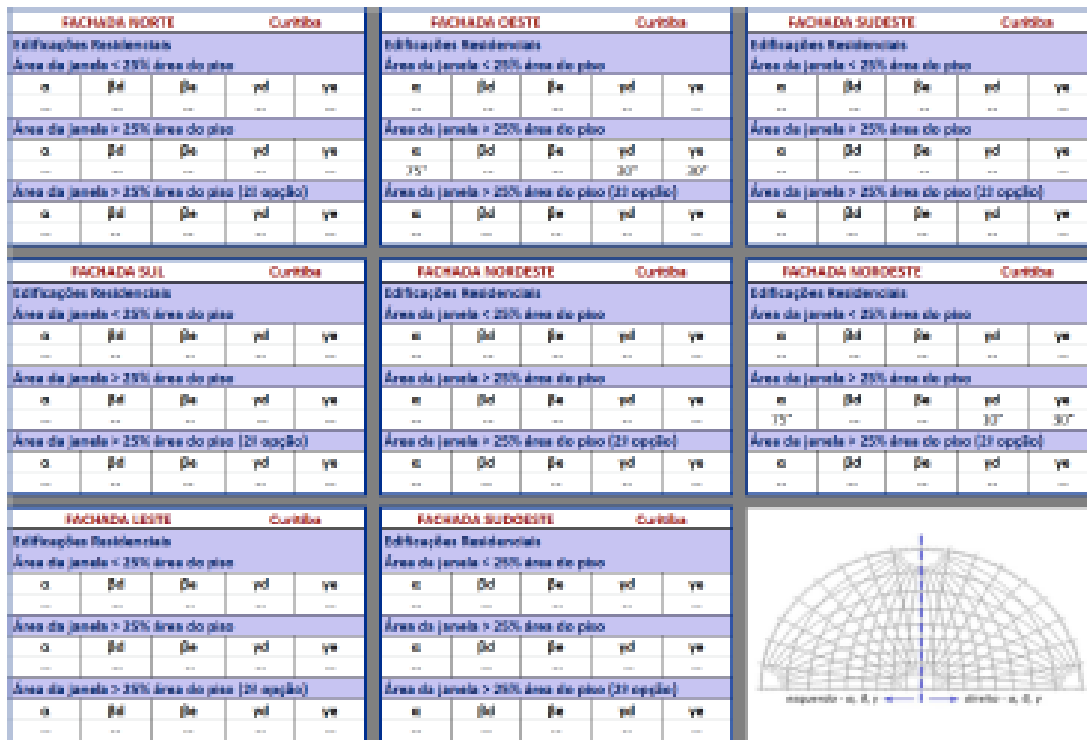
Cobertura tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas														
a		Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">2.05</td> <td rowspan="3">238.5</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.6</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.05	238.5	0.2	1.6	0.4	3.3
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
2.05	238.5	0.2	1.6													
		0.4	3.3													
		0.8	6.6													
b		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha cerâmica														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.92</td> <td rowspan="3">113</td> <td>0.2</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.1</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.92	113	0.2	1.5	0.4	3.1
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.92	113	0.2	1.5													
		0.4	3.1													
		0.8	6.1													
c		Forro PVC (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.75</td> <td rowspan="3">21.4</td> <td>0.2</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>2.8</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>5.6</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.75	21.4	0.2	1.4	0.4	2.8
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.75	21.4	0.2	1.4													
		0.4	2.8													
		0.8	5.6													
d		Forro madeira (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">2.02</td> <td rowspan="3">26.4</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.4</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.02	26.4	0.2	1.6	0.4	3.2
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
2.02	26.4	0.2	1.6													
		0.4	3.2													
		0.8	6.4													
e		Forro gesso (3,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica (1cm)														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.93</td> <td rowspan="3">37.3</td> <td>0.2</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.24</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.93	37.3	0.2	1.5	0.4	3.1
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.93	37.3	0.2	1.5													
		0.4	3.1													
		0.8	6.24													
f		Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">2.06</td> <td rowspan="3">232.8</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.6</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.06	232.8	0.2	1.6	0.4	3.3
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
2.06	232.8	0.2	1.6													
		0.4	3.3													
		0.8	6.6													
g		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.93</td> <td rowspan="3">106</td> <td>0.2</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.2</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.93	106	0.2	1.5	0.4	3.1
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.93	106	0.2	1.5													
		0.4	3.1													
		0.8	6.2													
h		Forro PVC (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.76</td> <td rowspan="3">15.8</td> <td>0.2</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>2.8</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>5.6</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.76	15.8	0.2	1.4	0.4	2.8
U	CT	α	FCS													
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.76	15.8	0.2	1.4													
		0.4	2.8													
		0.8	5.6													

Cobertura tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas																
i		Forro madeira (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">2.02</td> <td rowspan="3">20.8</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.4</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	2.02	20.8	0.2	1.6	0.4	3.2	0.8	6.4
		U	CT	α	FCS													
		[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
2.02	20.8	0.2	1.6															
		0.4	3.2															
		0.8	6.4															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.94</td> <td rowspan="3">31.7</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.2</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.94	31.7	0.2	1.6	0.4	3.1	0.8	6.2	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
1.94	31.7	0.2	1.6															
		0.4	3.1															
		0.8	6.2															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">3.73</td> <td rowspan="3">220</td> <td>0.2</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>11.9</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.73	220	0.2	3.0	0.4	6.0	0.8	11.9	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
3.73	220	0.2	3.0															
		0.4	6.0															
		0.8	11.9															
j		Forro gesso (3,0 cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.94</td> <td rowspan="3">31.7</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.2</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.94	31.7	0.2	1.6	0.4	3.1	0.8	6.2
		U	CT	α	FCS													
		[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.94	31.7	0.2	1.6															
		0.4	3.1															
		0.8	6.2															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">3.73</td> <td rowspan="3">220</td> <td>0.2</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>11.9</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.73	220	0.2	3.0	0.4	6.0	0.8	11.9	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
3.73	220	0.2	3.0															
		0.4	6.0															
		0.8	11.9															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">3.33</td> <td rowspan="3">96</td> <td>0.2</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>5.3</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>10.7</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.33	96	0.2	2.7	0.4	5.3	0.8	10.7	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
3.33	96	0.2	2.7															
		0.4	5.3															
		0.8	10.7															
k		Laje maciça (10,0cm) Sem telhamento																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.94</td> <td rowspan="3">31.7</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.2</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.94	31.7	0.2	1.6	0.4	3.1	0.8	6.2
		U	CT	α	FCS													
		[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.94	31.7	0.2	1.6															
		0.4	3.1															
		0.8	6.2															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">3.73</td> <td rowspan="3">220</td> <td>0.2</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>11.9</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.73	220	0.2	3.0	0.4	6.0	0.8	11.9	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
3.73	220	0.2	3.0															
		0.4	6.0															
		0.8	11.9															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">3.33</td> <td rowspan="3">96</td> <td>0.2</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>5.3</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>10.7</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.33	96	0.2	2.7	0.4	5.3	0.8	10.7	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
3.33	96	0.2	2.7															
		0.4	5.3															
		0.8	10.7															
l		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Sem telhamento																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1.94</td> <td rowspan="3">31.7</td> <td>0.2</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>6.2</td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	1.94	31.7	0.2	1.6	0.4	3.1	0.8	6.2
		U	CT	α	FCS													
		[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]													
1.94	31.7	0.2	1.6															
		0.4	3.1															
		0.8	6.2															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">3.73</td> <td rowspan="3">220</td> <td>0.2</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>11.9</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.73	220	0.2	3.0	0.4	6.0	0.8	11.9	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
3.73	220	0.2	3.0															
		0.4	6.0															
		0.8	11.9															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">3.33</td> <td rowspan="3">96</td> <td>0.2</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>5.3</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>10.7</td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	3.33	96	0.2	2.7	0.4	5.3	0.8	10.7	
U	CT	α	FCS															
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]															
3.33	96	0.2	2.7															
		0.4	5.3															
		0.8	10.7															

Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LabEEE/UFSC.

ANEXO E: Cartas Solares

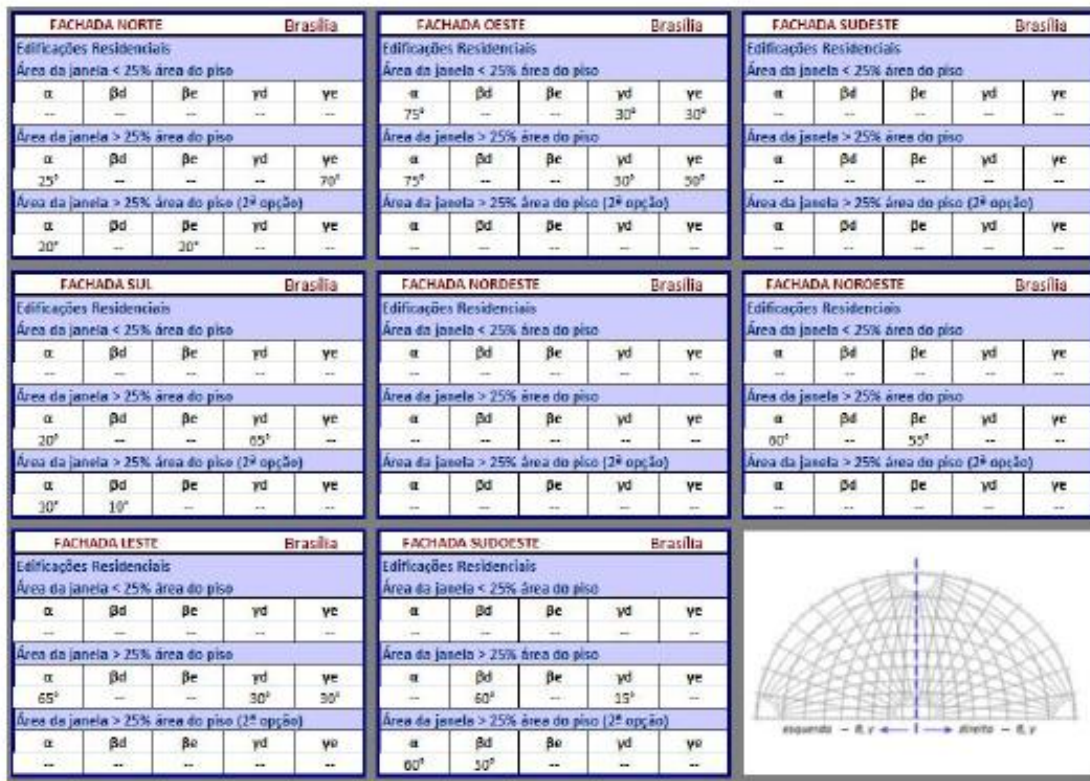
E.1 – Carta Solar Curitiba – PR



E.3 – Carta Solar Florianópolis - SC

FACHADA NORTE Florianópolis		FACHADA OESTE Florianópolis		FACHADA SUDESTE Florianópolis	
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais		Edificações Residenciais	
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso	
α	βd	βo	γd	γo	
--	--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso	
α	βd	βo	γd	γo	
--	--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)	
α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--	--
FACHADA SUL Florianópolis		FACHADA NORDESTE Florianópolis		FACHADA NOROESTE Florianópolis	
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais		Edificações Residenciais	
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso	
α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso	
α	βd	βo	γd	γo	
--	--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)	
α	βd	βo	γd	γe	
--	--	--	--	--	--
FACHADA LESTE Florianópolis		FACHADA SUDOESTE Florianópolis			
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso			
α	βd	βo	γd		
--	--	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso			
α	βd	βo	γd	γo	
--	--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)			
α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--	--

E.4 – Carta Solar Brasília - DF



E.5 – Carta Solar Santos - SP

FACHADA NORTE Santos						FACHADA OESTE Santos						FACHADA SUDESTE Santos					
Edificações Residenciais						Edificações Residenciais						Edificações Residenciais					
Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso					
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--		75°	--	--	30°	30°		--	--	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso					
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)					
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	
FACHADA SUL Santos						FACHADA NORDESTE Santos						FACHADA NOROESTE Santos					
Edificações Residenciais						Edificações Residenciais						Edificações Residenciais					
Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso					
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--		65°	--	--	30°	10°		70°	--	--	10°	30°	
Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso					
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)					
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe	
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	
FACHADA LESTE Santos						FACHADA SUDESTE Santos											
Edificações Residenciais						Edificações Residenciais											
Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso											
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe							
70°	--	--	30°	30°		--	--	--	--	--							
Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso											
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe							
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--							
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)											
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe							
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--							

E.6 – Carta Solar Campo Grande - MS

FACHADA NORTE Campo Grande		FACHADA OESTE Campo Grande		FACHADA SUDESTE Campo Grande	
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais		Edificações Residenciais	
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso	
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
45°	--	25°	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso	
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
50°	--	25°	10°	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)	
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
--	--	--	--	--	--
FACHADA SUL Campo Grande		FACHADA NORDESTE Campo Grande		FACHADA NOROESTE Campo Grande	
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais		Edificações Residenciais	
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso	
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
10°	15°	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso	
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
10°	25°	--	--	10°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)	
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
--	--	--	--	--	--
FACHADA LESTE Campo Grande		FACHADA SUDOESTE Campo Grande			
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_d		
--	--	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
75°	--	--	30°	30°	
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)			
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
--	--	--	--	--	
FACHADA SUDESTE Campo Grande		FACHADA SUDOESTE Campo Grande			
Edificações Residenciais		Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso		Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
75°	--	--	50°	40°	
Área da janela > 25% área do piso		Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
75°	--	--	60°	40°	
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)		Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)			
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	
--	--	--	--	--	

E.7 – Carta Solar Cuiabá - MT

FACHADA NORTE		Cuiabá		FACHADA OESTE		Cuiabá		FACHADA SUDESTE		Cuiabá	
Edificações Residenciais											
Área da janela < 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
45°	--	30°	25°	--	75°	--	--	50°	40°	15°	--
Área da janela > 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
45°	--	30°	40°	--	75°	--	--	50°	40°	30°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Edificações Residenciais											
Área da janela < 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
10°	25°	--	--	20°	40°	--	--	15°	55°	65°	--
Área da janela > 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
10°	25°	--	--	40°	45°	--	--	30°	55°	65°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Edificações Residenciais											
Área da janela < 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
25°	--	--	10°	40°	20°	65°	--	--	10°	20°	65°
Área da janela > 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
65°	--	--	30°	40°	20°	65°	--	--	10°	20°	65°
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

FACHADA SUL		Cuiabá		FACHADA NORDESTE		Cuiabá		FACHADA NOROESTE		Cuiabá	
Edificações Residenciais											
Área da janela < 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
10°	25°	--	--	20°	40°	--	--	15°	55°	65°	--
Área da janela > 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
10°	25°	--	--	40°	45°	--	--	30°	55°	65°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Edificações Residenciais											
Área da janela < 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
25°	--	--	10°	40°	20°	65°	--	--	10°	20°	65°
Área da janela > 25% área do piso											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
65°	--	--	30°	40°	20°	65°	--	--	10°	20°	65°
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)											
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

FACHADA LESTE		Cuiabá		FACHADA SUDESTE		Cuiabá	
Edificações Residenciais							
Área da janela < 25% área do piso							
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e
25°	--	--	10°	40°	20°	65°	--
Área da janela > 25% área do piso							
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e
65°	--	--	30°	40°	20°	65°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)							
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e
--	--	--	--	--	--	--	--

esquerda - E, y direita - E, y

E.8 – Carta Solar Salvador - BA

FACHADA NORTE Salvador						FACHADA OESTE Salvador						FACHADA SUDESTE Salvador						
Edificações Residenciais						Edificações Residenciais						Edificações Residenciais						
Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso						
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		
20°	--	--	--	55°		75°	--	--	30°	35°		--	--	--	--	--	--	
Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso						
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		
30°	--	--	10°	75°		75°	--	--	30°	35°		10°	--	--	10°	10°		
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		
30°	--	25°	10°	--		--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--	
FACHADA SUL Salvador						FACHADA NORDESTE Salvador						FACHADA NOROESTE Salvador						
Edificações Residenciais						Edificações Residenciais						Edificações Residenciais						
Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso						
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		
15°	--	--	50°	--		--	--	--	--	--		50°	--	--	--	50°		
Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso						
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		
10°	20°	--	--	10°		20°	--	--	10°	20°		60°	--	65°	10°	--		
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe		
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--	
FACHADA LESTE Salvador						FACHADA SUDESTE Salvador												
Edificações Residenciais						Edificações Residenciais												
Área da janela < 25% área do piso						Área da janela < 25% área do piso												
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe								
--	--	--	--	--		50°	--	--	50°	--								
Área da janela > 25% área do piso						Área da janela > 25% área do piso												
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe								
75°	--	--	30°	40°		40°	65°	--	--	10°								
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)						Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)												
α	βd	βe	γd	γe		α	βd	βe	γd	γe								
--	--	--	--	--		--	--	--	--	--								