

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**A INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO E DA ABSORTÂNCIA DA
ENVOLTÓRIA NO DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE MACEIÓ-AL.**

Raffaela Germano de Lima

Maceió
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

Raffaela Germano de Lima

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**A INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO E DA ABSORTÂNCIA DA
ENVOLTÓRIA NO DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DE
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE MACEIÓ-AL.**

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a Gianna Melo Barbirato

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- L732i Lima, Raffaella Germano de.
A influência do sombreamento e da absorção da envoltória no desempenho termoenergético de edifícios residenciais na cidade de Maceió-AL / Raffaella Germano de Lima, 2010.
235 f. : il. color.
- Orientadora: Gianna Melo Barbirato.
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2010.
- Bibliografia: f. 171-177.
Apêndices: f. 178-234.
Anexos. f. 235
1. Arquitetura – Desempenho termoenergético. 2. Arquitetura – Edifícios residenciais – Maceió (AL). 2. Arquitetura – Absorção. I. Título.

CDU: 728.1(813.5)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

Raffaela Germano de Lima

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em: 12 de maio de 2010.

BANCA EXAMINADORA:



Prof.^a Dr.^a GIANNA MELO BARBIRATO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



Prof.^a Dr.^a MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



Prof. Dr. LEONARDO SALAZAR BITTENCOURT
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL



Prof. Dr. RICARDO CARVALHO CABUS
Centro de Tecnologia – UFAL

À Deus minha fortaleza e refúgio e minha mãe exemplo de perseverança!!!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar todos os meus caminhos e permitir mais esta vitória.

À minha querida mãe, pelo apoio, amor incondicional e por acreditar em mim sempre.

Aos meus irmãos, Lucas e Gustavo, por fazerem parte da minha vida.

Ao Carlinhos, meu amor e amigo, pelo companheirismo e presença constante nos momentos de alegria e tristeza de minha vida.

À orientadora Gianna, pela paciência, dedicação e ensinamentos transmitidos.

Ao professor Leonardo Bittencourt, pela atenção muitas vezes despendida.

À professora Juliana Oliveira, pela ajuda e conselhos nas várias fases desse trabalho.

Aos professores doutores Ricardo Cabús e Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, por examinarem e colaborarem para a finalização deste trabalho.

À Daísy Damásio, minha amiga e companheira da saga *Energyplus*, com quem sempre contei nos momentos mais difíceis da execução desse trabalho. Conseguimos Daí!

Às companheiras de mestrado e novas amigas, Camila Antunes Francianny Prudente, Cynthia Fortes e Amanda Fontes, pela presença constante e momentos de descontração durante todo o mestrado.

Aos pesquisadores e arquitetos Alexandre Sacramento e Isabela Passos, pelo apoio em todos os momentos recorridos.

A toda equipe do Grupo de Estudo em Conforto Ambiental – GECA, pela troca de experiência e aprendizado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPEAL), pelo auxílio através da bolsa de estudo.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

LIMA, Raffaella Germano de. **A influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho termoenergético de edifícios residenciais na cidade de Maceió - AL.** 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFAL, Maceió.

Uma edificação construída de acordo com as características climáticas de onde está inserida é condição importante para a obtenção do conforto térmico e economia energética. Todavia, observa-se que no âmbito da produção habitacional brasileira há a predominância de modelos arquitetônicos padronizados em todo o país, sem distinção quanto às diversidades climáticas locais, produzindo-se muitas vezes ambientes com ausência de conforto térmico. Fatores como a disposição do arranjo construtivo, a dimensão e exposição solar das aberturas envidraçadas e as propriedades dos materiais construtivos que compõem a envoltória são pontos definidores para um melhor desempenho termoenergético de um edifício. Sendo assim, o presente trabalho avaliou a influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho térmico e consumo energético em edifícios residenciais multifamiliares localizados em Maceió – AL, tendo como objeto de estudo um modelo que representa a tipologia típica de edifício vertical desenvolvido pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR. A metodologia fundamentou-se em análises paramétricas visando à comparação entre o modelo de referência e alguns parâmetros propostos (dispositivo de proteção solar, o entorno e a absorvância das paredes externas), através de simulações computacionais utilizando o programa *EnergyPlus 4.0* (Energyplus, 2009). Para o alcance dos objetivos propostos foi variado um parâmetro por vez, preservando-se as demais características do modelo de referência. Os resultados obtidos indicaram que a utilização de protetor solar e o aproveitamento da morfologia do arranjo construtivo contribuíram para um melhor desempenho termoenergético do edifício. A consideração da predominância da cor clara na textura das paredes externas também foi um aspecto considerado positivo para a obtenção de resultados térmicos favoráveis e que se recomenda que seja mantida nos programas habitacionais para a cidade de Maceió, pois também implicou redução no consumo energético.

Palavras - chave: Desempenho termoenergético; Edifícios residenciais; Sombreamento; Absorvância.

ABSTRACT

LIMA, Raffaella Germano de. **The influence of the envelope' shading and of the absorptance to the thermalenergetic performance of housing buildings on Maceio – AL.** 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFAL, Maceió.

A building constructed according to the climatic characteristics in where it is inserted is important condition to reach thermal comfort and energy saving. However, into the brasilian's housing production predomine standardized architecture models all over the country, wich does not distinct the different local climates, producing, many times, environments without thermal comfort. Factors as the building arrangement, the glazed opening's dimensions, its exposition to the sun and the thermal properties of the construction materials that compound the buildings envelope are points that define a better thermalenergetic performance. Therefore, this work evaluated the influence of the envelope' shading and absorptance to the thermal performance and the energetic consumption of multiple housing buildings situated in Meceió – AL having as studing object a model that represents a tipical vertial building tipology developed by PAR – Programa de Arrendamento Residencial (*Housing Leasehold Program*). The methodology is based on parametric analisis in order to compare the reference model to some proposed parameters (solar protection devices, the surroundings and the external walls' absorptance), using computer simulation by the *EnergyPlus 4.0* software (Energyplus, 2009). To reach the proposed aims there werw vary a parameter by turn, maintaining the other several characteristics of the reference model. The results indicated that the use of solar protection devices and the profit of the building arragement morphology contributed to a better thermal and energetic performance of the building. The predominance of light colors on the external walls was a positive aspect to get fortunate thermal results, thus, is recomendad that this characteristic be kept on the city housing programs of Maceio, because it contributed to the energy consumption reduction.

Keywords: ThermalEnergetic performance; housing buildings; shading; absorptance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Consumo energético mundial – 1980 – 2030, histórico e projeções.....	16
Figura 2: Distribuição do consumo final de energia elétrica no Brasil.	18
Figura 3: Hábitos de consumo no setor residencial na região Nordeste.....	20
Figura 4: Sobreposição das zonas de conforto proposta por Givoni (1992) e Araújo (1996) e o polígono de conforto definido por Araújo (2008) – “região em estudo”.	30
Figura 5: Formas de aporte da radiação solar na varanda: a- direta; b- refletida; c- absorvida e reemitida.....	34
Figura 6: Edifícios do programa PAR. a), b) Maceió-AL; c) Gravataí – RS; d) Belo Horizonte –MG (presença de varandas).	35
Figura 7: Eficiência do brise horizontal em relação à altura solar.	36
Figura 8: Prateleira de luz.	37
Figura 9: Eficiência do brise vertical.	37
Figura 10: Uso de protetores verticais em fachadas: a) Biblioteca da UFAL; b) Centro de Cultura Judaica - São Paulo - SP - Roberto Loeb.	38
Figura 11: Brise misto na Universidade Federal de Alagoas - UFAL.	39
Figura 12: a) Máscara de sombreamento; b) Proteções horizontais diferentes com a mesma máscara.	40
Figura 13: Algumas certificações vigentes no planeta.	49
Figura 14: Esquema de obtenção do Índice de Desempenho Ambiental (EPI).	50
Figura 15: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	56
Figura 16: Modelo das ENCEs parciais e geral de acordo com os requisitos avaliados.	62
Figura 17: Modelo do arranjo construtivo a ser avaliado.	70
Figura 18: Planta baixa do pavimento tipo.	71
Figura 19: Planta baixa apartamento.	71
Figura 20: Divisão das quatro zonas térmicas para simulação computacional.	74
Figura 21: Representação das 16 zonas térmicas.	75
Figura 22: Terminação analisada.	76
Figura 23: Máscara de sombra do protetor adotado.	84
Figura 24: Cores e tipos das tintas aplicadas sobre as amostras rugosas (Amarelo Antigo e branco) /Absortâncias totais para amostras lisas e rugosas.	85
Figura 25: Esquema das simulações computacionais realizadas - 1ª e 2ª etapa.....	87
Figura 26: Esquema de localização das zonas térmicas.	88
Figura 27: Sombreamento do arranjo construtivo em 16 fevereiro (7h) – Arranjo completo e edifício ampliado.	89
Figura 28: Sombreamento do arranjo construtivo em 16 fevereiro (8h) – Arranjo completo e edifício ampliado.	90
Figura 29: Sombreamento do arranjo construtivo em 16 fevereiro (15h) – Arranjo completo e edifício ampliado.	91
Figura 30: Sombreamento do arranjo construtivo em 16 fevereiro (17h) – Arranjo completo e edifício ampliado.	92

Figura 31: Sombreamento do arranjo construtivo em 23 de agosto (7h) – Arranjo completo e edifício ampliado.....	93
Figura 32: Sombreamento do arranjo construtivo em 23 de agosto (8h) – Arranjo completo e edifício ampliado.....	94
Figura 33: Sombreamento do arranjo construtivo em 23 de agosto (15h) – Arranjo completo e edifício ampliado.....	95
Figura 34: Sombreamento do arranjo construtivo em 23 de agosto (17h) – Arranjo completo e edifício ampliado.....	96
Figura 35: Absortâncias (%) por faixa do espectro, medidas em espectrofotômetro e ajustadas ao espectro solar padrão.....	151

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	100
Gráfico 2: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	100
Gráfico 3: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	101
Gráfico 4: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	101
Gráfico 5: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, taxa infiltração calculada (m ³ /s).	103
Gráfico 6: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão, taxa infiltração calculada (m ³ /s).	103
Gráfico 7: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração calculada (m ³ /s).	104
Gráfico 8: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração calculada (m ³ /s).	104
Gráfico 9: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	108
Gráfico 10: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	109
Gráfico 11: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	109
Gráfico 12: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	110
Gráfico 13: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração calculada (m ³ /s).	110
Gráfico 14: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração calculada (m ³ /s).	111
Gráfico 15: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração calculada (m ³ /s).	111
Gráfico 16: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração calculada (m ³ /s).	112
Gráfico 17: Transmitância solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão.	115
Gráfico 18: Transmitância solar (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão.	115
Gráfico 19: Transmitância solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno.	116
Gráfico 20: Transmitância solar (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno.	116
Gráfico 21: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	120
Gráfico 22: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	121
Gráfico 23: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	121

Gráfico 24: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	122
Gráfico 25: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).	123
Gráfico 26: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).	124
Gráfico 27: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).	124
Gráfico 28: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).	125
Gráfico 29: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	128
Gráfico 30: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de verão, para 1 ren/h.	129
Gráfico 31: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1 ren/h.	129
Gráfico 32: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	130
Gráfico 33: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para taxa de fluxo de ar calculada (m³/s).	130
Gráfico 34: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de verão, para taxa de fluxo de ar calculada (m³/s).	131
Gráfico 35: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa de fluxo de ar calculada (m³/s).	131
Gráfico 36: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno, para taxa de fluxo de ar calculada (m³/s).	132
Gráfico 37: Transmissão solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão.	135
Gráfico 38: Transmissão solar (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de verão.	135
Gráfico 39: Transmissão solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno.	136
Gráfico 40: Transmissão solar (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno.	136
Gráfico 41: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	139
Gráfico 42: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edifício absorvência das paredes externas 0,63– Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	140
Gráfico 43: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	140
Gráfico 44: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C) Edifício absorvência das paredes externas 0,63 – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.	141
Gráfico 45: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração de ar calculado (m³/s).	141
Gráfico 46: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edifício absorvência das paredes externas 0,63– Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração de ar calculado (m³/s).	142
Gráfico 47: Temperatura média do ar no interior das zonas(°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).	142
Gráfico 48: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edifício absorvência das paredes externas 0,63 – Dia típico de projeto de inverno, para taxa. infiltração de ar calculada (m³/s).	143

Gráfico 49: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	146
Gráfico 50: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W) Edifício absorvância externa 0,63 – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.	147
Gráfico 51: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1 ren/h.	147
Gráfico 52: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edifício absorvância externa 0,63 – Dia típico de projeto de inverno, para 1 ren/h.	148
Gráfico 53: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para taxa de fluxo de ar calculada (m ³ /s).	148
Gráfico 54: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edifício absorvância externa 0,63 – Dia típico de projeto de verão, para taxa de fluxo de ar calculada (m ³ /s).....	149
Gráfico 55: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa de fluxo de ar calculada (m ³ /s).	149
Gráfico 56: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edifício absorvância externa 0,63 – Dia típico de projeto de inverno, para taxa de fluxo de ar calculada (m ³ /s).....	150
Gráfico 57: Transmissão solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão.....	152
Gráfico 58: Transmissão solar (W). Edifício absorvância externa 0,63 – Dia típico de projeto de verão.	152
Gráfico 59: Transmissão solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno.	153
Gráfico 60: Transmissão solar (W). Edifício absorvância externa 0,63 – Dia típico de projeto de inverno.	153
Gráfico 61: Proporção do consumo energético anual do edifício de referência com o uso do ar condicionado.....	156
Gráfico 62: Comparação entre parâmetros avaliados e o consumo energético.	163

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
OBJETIVOS	23
• OBJETIVO GERAL	23
• OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
• ESTRUTURA DO TRABALHO	23
1. REVISÃO DOCUMENTAL.....	25
1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS	25
1.1.1 Arquitetura bioclimática e a eficiência energética	25
1.1.2 Perfil climático e estratégias bioclimáticas para edificações na cidade de Maceió -AL.....	27
1.1.3 Dispositivos de proteção solar	31
1.1.3.1 Tipos de dispositivos de proteção solar.....	32
1.1.3.2 Métodos de projetos de dispositivos de proteção solar	40
1.1.4 O Estado da Arte nas pesquisas sobre desempenho termoenergético em edifícios residenciais.	42
1.1.5 Normas e ferramentas de desempenho térmico e energético de edificações residenciais.....	47
1.1.5.1 A experiência do Reino Unido	49
1.1.5.2 A experiência norte – americana	51
1.1.5.3 A experiência portuguesa	53
1.1.5.4 A experiência brasileira	54
2. METODOLOGIA	65
2.1 LEVANTAMENTO DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS VERTICAIS PRODUZIDOS PELO PROGRAMA DE ARRENDAMENTO RESIDENCIAL – PAR EM MACEIÓ – AL.....	66
2.2 LEVANTAMENTO DOCUMENTAL.....	69
2.3 PESQUISA DE CAMPO E ELABORAÇÃO DO MODELO TÍPICO	69
2.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	72
2.5 PARÂMETROS DE ENTRADA	77
2.5.1 Caracterização dos materiais das superfícies.....	77
2.5.2 Taxas de infiltração do ar	78
2.5.3 Padrão de ocupação e uso.....	80
2.5.4 Atividade.....	82
2.5.5 Temperatura do solo	82

2.6 CONDIÇÕES VARIÁVEIS.....	83
2.6.1 Dispositivo de proteção solar	83
2.6.2 Arranjo construtivo	84
2.6.3 Absortâncias dos materiais.....	84
2.6.4 Ar condicionado	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	88
3.1 SOMBREAMENTO DO ARRANJO CONSTRUTIVO	89
3.1.1 Dia típico de verão.....	89
3.1.2 Dia típico de inverno.....	93
3.2 DESEMPENHO TÉRMICO	98
3.2.1 Edifício de referência x Edifício com protetor solar	98
3.2.1.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C).....	98
3.2.1.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)	107
3.2.1.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)	114
3.2.1.4 Síntese das análises Edifício de referência x Edifício com protetor solar	118
3.2.2 Edifício de referência x Edifício sem entorno	120
3.2.2.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C).....	120
3.2.2.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)	128
3.2.2.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)	134
3.2.2.4 Síntese das análises Edifício de referência x Edifício sem entorno	138
3.2.3 Edifício de referência x Edifício com absorvância de 0,63	139
3.2.3.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C).....	139
3.2.3.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)	146
3.2.3.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)	152
3.2.3.4 Síntese das análises Edifício de referência x Edifício com absorvância de 0,63	155
3.3 CONSUMO ENERGÉTICO.....	156
3.3.1 Edifício de referência x Edifício com protetor solar	156
3.3.2 Edifício de referência x Edifício sem entorno	159
3.3.3 Edifício de referência x Edifício com absorvância externa 0,63.....	161
4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	171
APÊNDICE A: LISTAGEM DOS EMPREENDIMENTOS DE TIPOLOGIA VERTICAL DO PROGRAMA DE ARRENDAMENTO RESIDENCIAL – PAR (1999-2008):	178
APÊNDICE B: FICHA DOS EMPREENDIMENTOS DO PROGRAMA DE ARRENDAMENTO RESIDENCIAL – PAR (2005 – 2008).....	179
APÊNDICE C: CARTAS BIOCLIMÁTICAS REFERENTES ÀS DIVERSAS SITUAÇÕES SIMULADAS.....	187

ANEXO A	235
----------------------	------------

INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, apoiada sobre uma forte dependência do uso de matrizes energéticas não renováveis, possibilitou ao homem efetuar avanços tecnológicos nos diversos setores, e na construção civil não foi diferente. Técnicas e materiais construtivos foram e ainda vêm sendo desenvolvidos a todo o momento e a circulação de produtos e mercadorias passou a ser cada vez mais veloz. Tal fato tem possibilitado ao projetista uma maior liberdade de criação, bem como permitido desconsiderar aspectos antes julgados imprescindíveis, como a adaptação dos edifícios às condições locais.

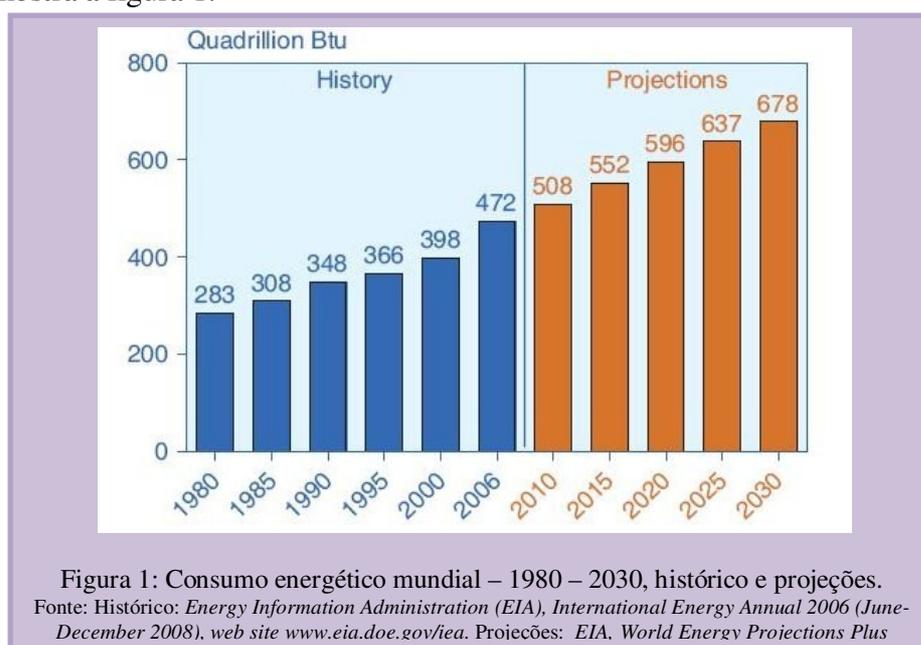
O abandono do uso de materiais regionais nos projetos de edifícios e a utilização de mecanismos passivos de resfriamento ou aquecimento abrem espaço a soluções arquitetônicas internacionalizadas e ao uso indiscriminado de sistemas artificiais de resfriamento e aquecimento das edificações, representando um baixo desempenho termoenergético.

Na América Latina, a preocupação da adaptação da arquitetura ao clima foi perdendo espaço durante os períodos que sucederam o colonial (RORIZ; NAVARRO, 2005; SATTLER, 2007). O uso de estratégias adaptadas ao clima local capazes de aproveitar de maneira adequada a ventilação, iluminação natural, sombreamento e radiação solar passa a ser deixado de lado, dando lugar ao uso crescente de equipamentos mecânicos, devido em grande parte à abundância de energia elétrica barata disponível (LEÃO JUNIOR, 2008).

Essas novas formas de produção e consumo, o modelo de desenvolvimento econômico e o crescimento populacional mundial representaram uma crescente demanda por energia, e o seu uso intensivo e sem controle nos diversos setores (industrial, residencial, comércio e serviço) determinou o surgimento de crises sentidas globalmente.

A “crise do petróleo”¹, em fins de 1973, e a intensificação das discussões sobre o aquecimento global e mudanças climáticas, causados pelo aumento da emissão de gases poluentes na atmosfera e a consequente redução da camada de ozônio, foram fatores determinantes para a mudança de postura de muitos países, que passaram a analisar mais criteriosamente as relações entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente. Surge assim um novo discurso objetivando a mudança dos velhos paradigmas de projeto arquitetônico em direção a uma arquitetura sustentável (ROAF, 2006).

Mas, apesar das primeiras discussões sobre as questões envolvendo desenvolvimento e meio ambiente, dados indicam que o consumo energético mundial vem aumentando ano após ano, como mostra a figura 1.



Em 2001, uma forte crise no setor energético abalou o Brasil, obrigando o governo a elaborar às pressas um plano de racionamento de energia para conter a crise do abastecimento elétrico no país, no qual foram incluídas metas de redução do consumo de energia elétrica em

¹ Período de desenfreado crescimento do preço do barril do petróleo no mercado mundial, devido a vários conflitos envolvendo os países membros da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) e Israel, determinando uma forte recessão e endividamento mundial. (SCHIPPER; MEYERS, 2005).

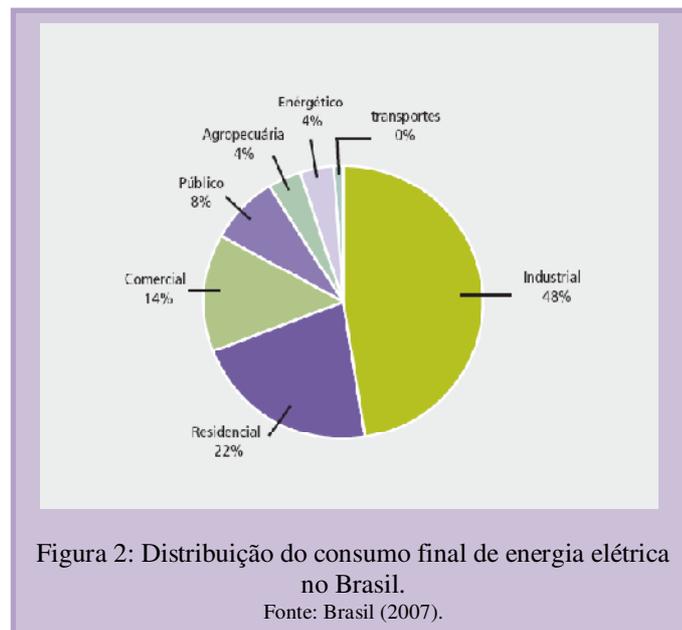
todos os setores da sociedade brasileira (ECO & AÇÃO, 2008). Tais ações representaram em significativo impacto econômico, aumento do desemprego, além da privação do consumo de energia para a população.

Tolmasquim (2000) atribui a causa da crise energética de 2001 à falta de investimentos em geração e transmissão de energia no país. Naquele período isso foi atribuído à meta do governo em reduzir o déficit público, e teve como conseqüências, por um lado, a diminuição de lucro com tais investimentos, e por outro, o descompasso entre o crescimento do consumo de energia e a demanda disponibilizada, o que levou à necessidade de racionamento de energia.

Diante dos graves impactos ambientais causados pela instalação de novas usinas e todos os agravantes decorrentes, como questões sociais, além da necessidade de investimentos vultosos do Governo, observa-se hoje que a alternativa mais viável para solucionar a questão energética consiste em otimizar o uso de energia em todos os setores, através da utilização de sistemas mais eficientes.

O investimento em campanhas e processos que visem à eficiência energética é um meio economicamente mais viável do que se investir em fornecimento de energia, pois com a redução dos gastos públicos no setor energético, maiores investimentos poderiam ser feitos em outros setores, beneficiando a sociedade e as próprias concessionárias de distribuição de energia elétrica (GELLER, 2003).

Dados recentes (BRASIL, 2007) mostram que, do total de consumo de energia do Brasil, o setor residencial responde por cerca de 22%, perdendo apenas para o setor industrial, que responde por 48% do consumo total, ao passo que o setor comercial e de serviços respondem por 14% e 8%, respectivamente, como mostra a figura 2.



Ao se comparar a estrutura de uma indústria e seus inúmeros equipamentos e funcionários com uma residência, pode-se constatar que, proporcionalmente, a residência tem demandado um consumo de energia muito alto. Por outro lado, apesar da constatação do alto consumo de energia do setor residencial, pesquisas indicam ser este um segmento de grandes possibilidades de conservação de energia, na medida em que se desenvolvam ações conjuntas entre sociedade e Governo.

O Governo Federal vem elaborando uma série de ações visando ao planejamento em longo prazo do setor energético do Brasil. Como um resultado desses esforços tem-se o Programa Nacional de Energia – PNE, composto de estudos que fornecem insumos para a formulação de políticas energéticas integradas aos recursos disponíveis (BRASIL, 2007). Entre as ações deste Programa têm-se as relacionadas à eficiência energética, nas quais são identificados equipamentos potenciais para conservação de energia, como observado na tabela 1.

Tabela 1: Potencial de economia de energia no setor residencial (Gwh).

	F.M.	C.P.	A.D.	Refrig.	Ilumin.	Outras	Total
	227,2		785,8	3.592,10	8.990,70		13.595,70
Economia	9,60%		12,50%	14,30%	47,70%		17,30%

Fonte: Brasil (2007) a partir do BEN 2005, EPE, 2006, BEU 2005 e MME 2005.

Legenda:

F.M. – força motriz (computadores, telecomunicações e equipamentos eletrônicos de controle);

C.P. – calor de processo (energia usada em aquecedores de água);

A.D.- Aquecimento direto (energia usada em fornos de microondas);

Refrig. – refrigeradores (energia consumida em geladeiras);

Ilumin. – Iluminação (iluminação de interiores e externa).

Para a conservação de energia, a adoção de padrões mínimos de eficiência em produtos como refrigeradores, lâmpadas, condicionadores de ar etc. é alternativa que pode resultar numa economia de 20 a 30% de energia para seu funcionamento (GELLER, 2003).

Além das cargas térmicas internas provenientes de equipamentos, o consumo energético das edificações depende do comportamento térmico de sua envoltória, pois as cargas térmicas externas transmitidas pela envoltória ao ambiente interno exercem uma forte influência na necessidade de condicionamento de ar no edifício. Os ganhos térmicos advindos de superfícies envidraçadas, os elementos opacos que compõem as fachadas e a cobertura determinam fortemente os ganhos de calor ao interior dos ambientes, a depender das características termo-físicas dos materiais constituintes e das características climáticas do ambiente no qual será inserida a edificação.

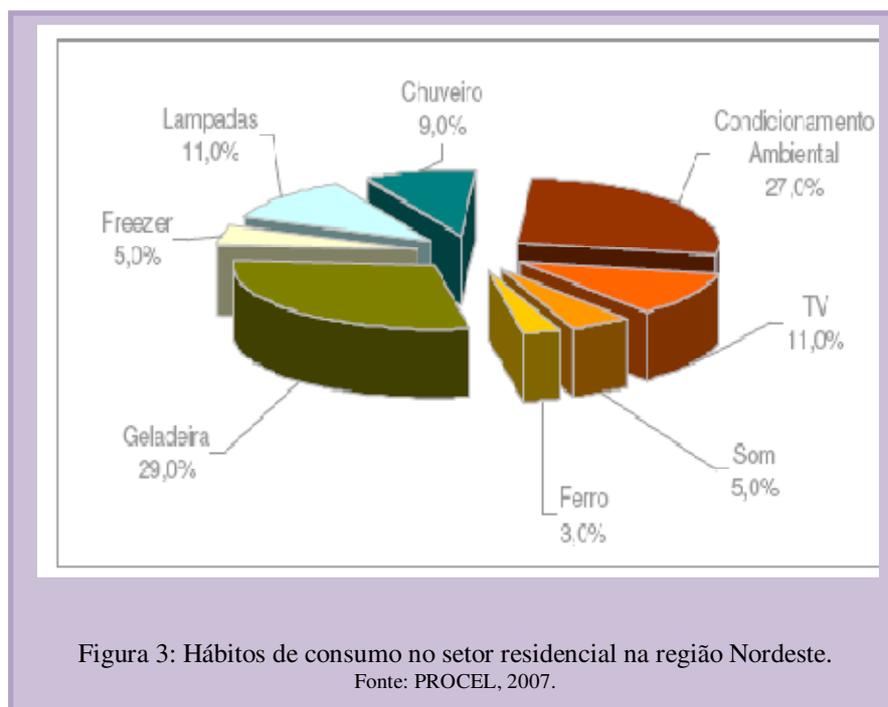
Para Dutra, Lamberts e Pereira (1995), os principais ganhos de calor na envoltória de um edifício são provenientes da radiação solar, e em edifícios verticais são as janelas os elementos construtivos responsáveis pela maior parte dessa transmissão, influenciando no desempenho e dimensionamento dos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar que deverão ser instalados no ambiente.

Sabe-se ainda que as janelas e demais aberturas também desempenham um significativo papel de proporcionar qualidade de vida e conforto às edificações, já que são

responsáveis pela passagem de iluminação natural e de ar para o interior dos ambientes, e ainda permitem, através de sua transparência, o contato visual dos ocupantes da edificação com o meio externo.

Neste contexto, o problema que se apresenta é quanto à exposição à radiação solar de janelas envidraçadas e superfícies opacas dos edifícios, que contribuem para o baixo desempenho termoenergético das edificações em climas quentes.

O baixo desempenho térmico dos edifícios tem sido um dos fatores responsáveis pela crescente demanda de energia, devido principalmente ao uso de equipamentos de condicionadores de ar. Esse consumo varia de acordo com cada região do país. No Nordeste esse equipamento é responsável por cerca de 27% do consumo final no setor residencial, perdendo apenas para o consumo energético das geladeiras, conforme mostra a figura 3.



Diante da necessidade e da demanda nos últimos anos por soluções arquitetônicas ditas mais sustentáveis, com melhor desempenho termoenergético, normas e incentivos vêm sendo criados:

A Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 (BRASIL, 2001.b), referente à Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, é considerada a primeira iniciativa legal objetivando a eficiência energética no Brasil e tem estimulado uma série de ações que visam estabelecer parâmetros de eficiência energética em edificações.

A Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações, NBR 15220:2005 (ABNT, 2005), estabelece métodos de cálculos de propriedades térmicas de elementos das edificações; tipos de medições de resistência térmica; além de estabelecer um zoneamento bioclimático para o Brasil, apontando recomendações e estratégias construtivas para edificações unifamiliares de interesse social, de acordo com cada zona determinada.

A Norma Brasileira de Desempenho de Edificações - NBR15575 Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (ABNT, 2008), publicada em 12/5/2008, tem um prazo de dois anos para entrar em vigor. Ela define o desempenho mínimo obrigatório para alguns sistemas das edificações ao longo de uma vida útil mínima obrigatória.

O Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C (BRASIL, 2009), desenvolvido pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE em parceria com diversas instituições e aprovado em março de 2009, consiste em um instrumento que contempla algumas propriedades físicas dos materiais, componentes construtivos e requisitos técnicos mínimos necessários para se obter uma classificação do nível de eficiência energética de edificações.

A Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, documento também desenvolvido pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, segue a mesma linha do RTQ-C e também do Projeto “Tecnologias para a construção habitacional mais sustentável”². Até a presente data encontra-se na sua versão para testes pelo GT edificações (Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações).

No Brasil, atualmente, o processo construtivo da produção de edifícios habitacionais vem passando por esforços contínuos de melhoramento da qualidade produtiva, mediante o desenvolvimento de inovações tecnológicas e de planos organizacionais (ABIKO; ORNSTEIN, 2002). Porém, o objetivo principal de tais mudanças é alcançar o menor custo e tempo de produção.

No tocante ao conforto ambiental, poucos ainda são os esforços empreendidos. Desconsideram-se as diversidades culturais, climáticas e tecnológicas das regiões e os critérios de aproveitamento da ventilação natural e da insolação, entre outros (TORRES, 2006).

Diante da problemática exposta, a presente dissertação pretende contribuir com as discussões relacionadas à influência de parâmetros construtivos no desempenho termoenergético de edifícios verticais residenciais.

² Projeto desenvolvido a partir do convênio entre a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP e a Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo - FUSP, resultante da Chamada Pública MCT/FVA – Habitare – 02 / 2004. Possui patrocínio de diversas empresas. O foco deste projeto está nos conjuntos habitacionais unifamiliares de interesse social e na construção autogerida, objetivando desenvolver soluções sustentáveis, adequadas à realidade brasileira (HABITAÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL, 2009).

OBJETIVOS

A pesquisa tem os seguintes objetivos:

- **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho térmico e consumo energético em edifícios residenciais multifamiliares localizados em Maceió – AL, de modo a suscitar informações que auxiliem na concepção e especificação de projetos de habitação de interesse social mais eficientes ao desempenho termoenergético.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Analisar as condições térmicas internas e o consumo energético em edifícios residenciais desenvolvidos pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR, na cidade de Maceió – AL, a partir de um modelo de referência;
- b) Avaliar o impacto decorrente do uso de dispositivos de proteção solar nas áreas envidraçadas, da desconsideração do entorno imediato e da diferente absorvância das paredes externas no desempenho termoenergético, em edifícios residenciais desenvolvidos pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR, na cidade de Maceió – AL.

- **ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho está estruturado em quatro capítulos que consistem em: Revisão documental; Metodologia; Resultados e discussões e Considerações Finais.

No primeiro capítulo, encontram-se as bases conceituais sobre o tema em estudo, abordando a eficiência energética na arquitetura e a sua relação com o bioclimatismo; os

instrumentos internacionais e nacionais vigentes para a melhoria do desempenho das edificações; e diversos tipos de dispositivos de proteção solar e sua eficiência, de acordo com a orientação do edifício.

O segundo capítulo consiste na apresentação dos procedimentos metodológicos utilizados para se atingir os objetivos da dissertação.

O terceiro capítulo compreende os resultados e discussões encontrados a partir dos dados gerados pelas simulações computacionais.

Por fim, no quarto capítulo são desenvolvidas as considerações finais, realizadas de acordo com os resultados encontrados e as avaliações desenvolvidas, onde foram elaborados quadros visando sintetizar tais informações.

1. REVISÃO DOCUMENTAL

1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS

Eficiência energética nas edificações pode ser entendida como a capacidade de se realizar diversidades de trabalhos no ambiente, utilizando a menor quantidade de energia possível. Relaciona-se à economia de despesas com energia, à melhoria da qualidade de distribuição energética no ambiente e ao menor impacto ambiental (GHISI, 1997).

Fatores como as características técnicas construtivas dos edifícios e a sua orientação, a eficiência dos equipamentos utilizados, o número de pessoas que utilizarão o ambiente e seus padrões de uso de energia e o uso ou não de climatização artificial, configuram-se como variáveis de grande importância para a determinação do consumo energético nos edifícios.

A não observância de tais fatores pode representar grandes perdas ou ganhos térmicos, a exemplo, em regiões de clima quente-úmido, do uso excessivo de fachadas envidraçadas, desprovidas de dispositivos de proteção solar e sem nenhum critério de orientação, que podem gerar desconforto térmico. Em tais situações, recorre-se frequentemente à utilização de condicionamentos artificiais de resfriamento, levando ao alto consumo energético.

1.1.1 Arquitetura bioclimática e a eficiência energética

A História mostra a relação do homem em construir suas edificações associadas ao clima, baseado em conhecimentos empíricos e no uso de materiais de origem local.

Vitruvius, no século I d.C., na sua obra clássica “Dez Livros de Arquitetura”, já fazia menção à arquitetura regional, defendendo que o arranjo dos edifícios deveria ser norteado pela orientação e clima de maneira a obter melhores condições de habitabilidade do edifício e da cidade (BITTENCOURT, 2006).

Ao longo da história, muitos estudos foram desenvolvidos de forma a investigar as relações entre o homem e as condições climáticas para determinadas localidades, denominados bioclimatologia, porém até então sem estabelecer uma ligação direta com a arquitetura (YOSHIDA, 2006).

A preocupação com o entrelaçamento da arquitetura às condições climáticas resultou na criação do conceito “projeto bioclimático”, que compreende projetar edifícios adequados ao clima no qual serão inseridos.

Os irmãos Olgay foram os primeiros a utilizar o termo “arquitetura bioclimática”, e em sua obra desenvolveram método que propõe projetar, aproveitando ao máximo, as potencialidades do clima do local onde a edificação seria inserida, bem como minimizar os seus aspectos negativos.

Sabe-se que o processo de crescimento e desenvolvimento das cidades é alicerçado nos recursos naturais e matrizes energéticas, cuja escassez vem forçando o homem a mudança de paradigmas, à procura por alternativas mais sustentáveis.

Neste contexto, a arquitetura com princípios bioclimáticos torna-se uma grande alternativa para ambientes construídos com caráter de sustentabilidade, principalmente quando se prioriza a utilização de sistemas passivos de condicionamento de ar e o aproveitamento de formas de energia naturalmente disponíveis e limpas (SATTLER, 2007).

Correa (2001) enfatiza que é um erro pensar que a arquitetura do futuro será representada por arranha-céus feitos de alumínio, ferro e muito vidro. O que se delineia para a vanguarda da arquitetura, já verificado ativamente em países como os EUA e os da Europa (e de forma espaçada, em países como o Brasil), é a retomada dos materiais naturais, é a procura

por estratégias para poupar água e luz, o respeito à natureza e ao entorno onde se insere e, sobretudo, a promoção do conforto sem esquecer os valores estéticos.

Em meio à preocupação energética mundial, torna-se iminente que o arquiteto e demais profissionais da área adotem, sempre que possível, estratégias passivas, associando técnicas construtivas com o uso de novas tecnologias que promovam a sustentabilidade dos edifícios.

1.1.2 Perfil climático e estratégias bioclimáticas para edificações na cidade de Maceió - AL

A cidade de Maceió é a capital do estado de Alagoas e está localizada na região Nordeste do Brasil, na mesorregião Leste do Estado, à latitude 9°40' ao sul do Equador e longitude 35°42' a oeste do meridiano de Greenwich.

Climaticamente, Maceió é caracterizada como de clima quente e úmido, devido à sua baixa latitude, que predispõe à radiação solar intensa ao longo do ano e proximidade de grandes massas de água – o Oceano Atlântico e o complexo lagunar Mundaú-Manguaba –, o que lhe confere alta taxa de umidade relativa do ar, com média de 78,3% (BRASIL, 1992).

Desta forma, a cidade apresenta temperatura média anual de 24,8°C, com pequena variação anual de 2,8°C e média pluviométrica anual de 2.167,70mm; 60% desta precipitação anual ocorre entre os meses de abril e julho. Além disso, apresenta céu típico parcialmente nublado, o que produz grande quantidade de radiação difusa e intensa luminosidade (CABÚS, 2002), conforme mostra o quadro 1.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Temp. Média (°C)	26,2	26,3	25,3	25,9	25,1	24,3	23,7	23,5	23,9	24,1	24,4	24,8	24,8
Temp. Máxima (°C)	30,2	30,4	30,2	29,6	28,5	27,6	27,0	27,1	27,8	29,0	29,9	30,0	28,9
Temp. Mínima (°C)	22,4	22,6	22,7	22,5	22,0	21,3	20,5	20,2	20,7	21,2	21,6	22,0	21,6
Temp. Máxima Absoluta (°C)	38,0 – 13/82	34,4 – 04/89	35,0 – 14/82	33,4 – 01/84	32,6 – 04/87	33,2 – xx/77	31,8 – 31/87	30,7 – 10/87	32,0 – 02/83	34,1 – 30/74	34,1	34,2 – 31/88	38,0 – 13/01/82
Temp. Mínima Absoluta (°C)	18,8 – 13/84	19,1 – 25/76	17,4 – 24/79	17,8 – 29/82	18,0 – 28/81	11,3 – 16/80	16,0 – 15/76	15,9 – 17/76	16,0 – 04/81	17,4 – 03/74	18,2 – 22/78	17,9 – 01/74	11,3 – 16/06/80
Precip. Total (mm)	74,8	111,0	191,0	312,6	340,7	298,3	325,1	179,0	148,4	72,7	51,9	62,1	2167,7
Precip. – Altura Máx em 24h (mm)	100,1 – 31/66	152,2 – 20/85	200,5 – 03/79	407,6 – 28/79	149,7 – 02/77	137,4 – 27/77	185,6 – 12/89	91,3 – 26/68	109,3 – 29/78	90,3 – 16/77	140,4 – 22/86	89,2 – 21/89	407,6 – 28/04/79
Umidade Relativa (%)	75,4	76,6	78,3	81,5	82,6	79,6	82,1	79,5	77,2	76,0	74,7	75,8	78,3
Insoleção total (horas e décimos)	254,2	225,7	203,0	179,4	191,8	178,6	176,0	205,2	204,6	252,4	274,7	264,2	2609,7
Nebulosidade (0-10)	5,9	6,0	6,3	6,8	6,8	6,8	6,8	6,3	6,2	5,5	5,5	5,6	6,2

Quadro 1: Comportamento médio dos principais parâmetros meteorológicos de Maceió - Normais Climatológicas (1961-1990).

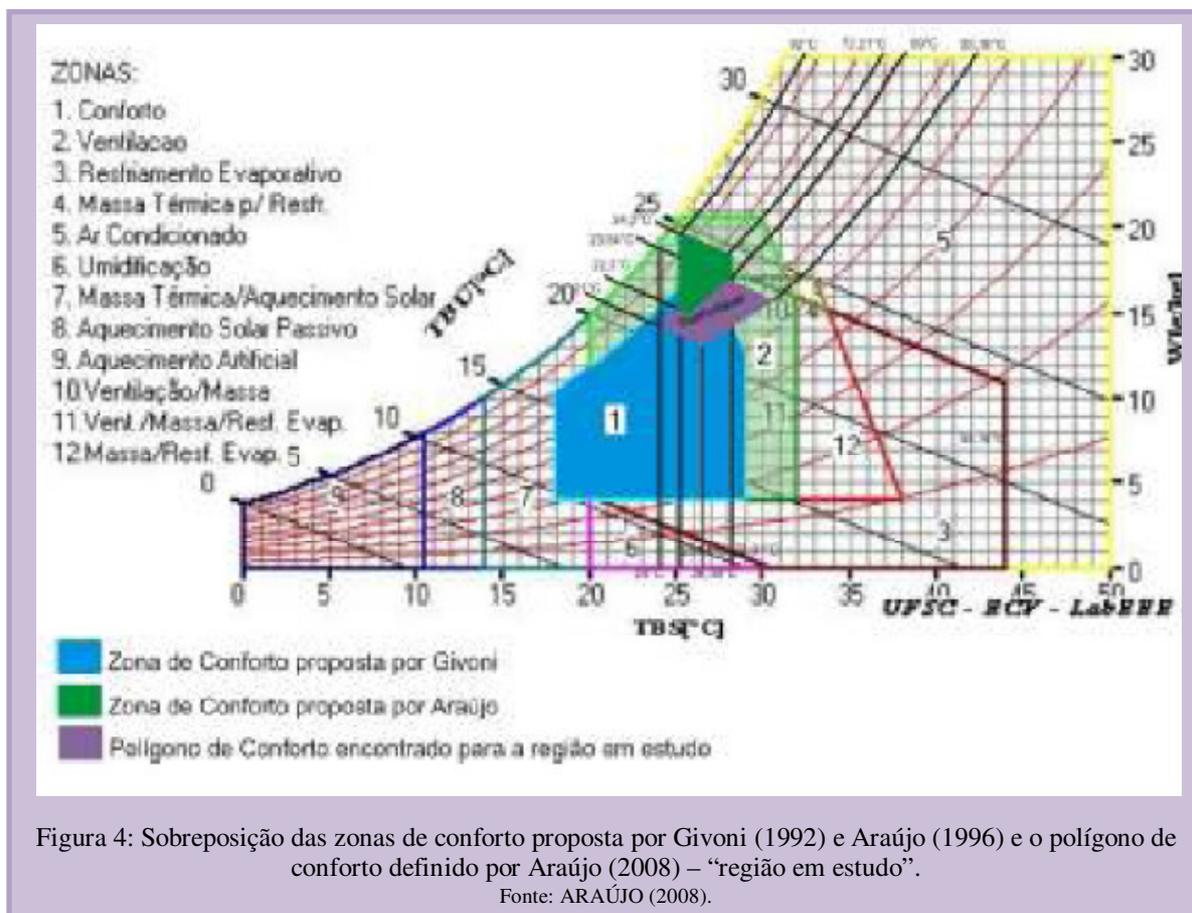
Fonte: BRASIL (1992).

Segundo dados do INMET, trabalhados por Passos, (2009): climaticamente, Maceió apresenta basicamente duas estações, uma marcada por altas temperaturas e pouca

pluviosidade, de outubro a janeiro; e outra estação chuvosa, de alta precipitação e temperaturas mais baixas em relação à anterior, de abril a julho. A cidade possui influência dos ventos alísios sudeste e nordeste como dominantes, sendo os de nordeste mais atuantes nos meses mais quentes, e os de sudeste atuantes o ano inteiro, com velocidade média mensal que varia entre 2,2m/s e 4,0m/s e apresentando valores absolutos mais intensos de 10m/s na direção nordeste. Tal condição evidencia a ventilação natural como um potencial a ser explorado na busca de melhores desempenhos térmicos nas edificações.

Em regiões de clima quente e úmido, como é o caso da cidade de Maceió, potencializar a ventilação natural, associada à proteção solar é uma estratégia bioclimática para projetos eficientes e que possibilita o alcance do conforto térmico dos usuários por meios passivos.

Sobre conforto térmico em espaços internos, Araújo (2008) avaliou os resultados da aplicação de diversos índices de conforto para a cidade de Maceió, delimitando um polígono de conforto para a região, comparando-o com a zona de conforto proposta por Araújo (1996) para o Nordeste brasileiro. Constatou zonas de conforto diferenciadas devido a aspectos como: valores mais altos para temperatura de bulbo seco e úmido, assim como para a umidade relativa do ar. Observou ainda que as duas zonas apresentam as mesmas recomendações para o alcance do conforto de seus usuários, através da ventilação natural ou artificial, e ainda que tais estudos apresentam limites de conforto inferiores ao proposto por Givoni (1992), conforme figura 4.



Araújo (2008) reafirma a importância da ventilação natural e a influência da velocidade do ar para a obtenção do conforto térmico em edificações escolares situadas em regiões de clima quente e úmido.

Além da ventilação natural, o sombreamento da envoltória, e mais especificamente das aberturas, é estratégia fundamental para minimizar os ganhos térmicos por insolação em regiões de clima quente e úmido. Além disso, deve-se optar por elementos leves e refletivos para compor a envoltória, porém tendo sempre a preocupação em proteger os elementos de vedações (elementos opacos e translúcidos), a fim de impedir a transmissão de calor, proveniente da radiação solar, para o ambiente interno.

Assim como as paredes opacas, as coberturas também devem ser de elementos leves e refletivos para os climas quentes e úmidos. A NBR 15220 - 3:2005 (ABNT, 2005) estabelece

limites de transmitância térmica para paredes e coberturas de habitações unifamiliares de interesse social. Caso o limite para cobertura esteja acima do recomendado, devem-se prever aberturas para ventilação desta por meio de no mínimo dois beirais opostos, o que evidencia a importância do sombreamento e da ventilação.

O uso de vegetação no entorno da envoltória pode promover sombreamento, porém não se deve permitir que esta sirva de barreira para a circulação do vento. A mesma preocupação deve-se ter com o arranjo construtivo nos lotes urbanos, que devem estar dispostos de forma a possibilitar a ventilação entre os edifícios e a ventilação cruzada nos ambientes internos.

1.1.3 Dispositivos de proteção solar

O uso de dispositivos de proteção solar como os brises, em regiões de clima quente, propicia vantagens significativas ao ambiente interno, como a redução da carga térmica proveniente da radiação solar, melhores condições de temperatura interna e conseqüentemente economia de energia para resfriamento, além de melhor controle da incidência de luz natural de ofuscamentos e contrastes excessivos. Além disso, a diversidade de composição desses elementos pode contribuir para o enriquecimento da linguagem arquitetônica (OLGYAY,2002).

Dentre os protetores solares disponíveis no mercado, os dispositivos articuláveis são os que proporcionam os melhores resultados para proteção solar, devido à possibilidade de adaptá-los à posição do sol, o que contribui para a definição de um mecanismo eficiente de proteção solar (OLGYAY,2002). Entretanto, os protetores fixos apresentam maior facilidade de instalação e manutenção; além de mais econômicos, são eficientes na proteção dos menores ângulos solares, típicos das fachadas norte no hemisfério sul (BITTENCOURT, 2000).

Os dispositivos de proteção solar podem desempenhar excelente papel tanto na proteção de aberturas envidraçadas e transparentes como também nas paredes e coberturas opacas.

Porém, os vidros simples são os materiais que mais necessitam de tratamento contra a insolação, por possuírem pequena capacidade de refletância da porção de energia térmica recebida, ao passo que a energia transmitida ao interior dos ambientes pode chegar a cerca de 90% da radiação total recebida (PARICIO, 1999).

Olgay (2002) enfatiza que o nível de proteção solar de superfícies envidraçadas depende da localização da barreira protetora, sendo mais eficiente quando esta barreira se localiza na parte exterior da superfície envidraçada, gerando um aumento de eficácia de cerca de 35%.

Assim, uma proteção solar bem dimensionada e disposta na fachada pode contribuir para uma adequada utilização da luz natural refletida por esse elemento, uma redução expressiva da carga térmica interna, como também pode conduzir a um criativo resultado estético.

1.1.3.1 Tipos de dispositivos de proteção solar

O mercado nacional e internacional oferece variados tipos de proteção solar, o que confere uma riqueza de possibilidades construtivas de espaços climaticamente equilibrados. Dentre os dispositivos de proteção solar mais conhecidos e elementos construtivos que podem exercer essa função, podem-se citar: varanda, sacada, marquise, toldos, cortinas e persianas, elementos vazados, pérgulas, telas especiais, brises horizontais, brises verticais e brises mistos.

Destacam-se aqui alguns dos tipos de dispositivos que podem ser encontrados em edifícios verticais residenciais.

- **Varandas / sacadas**

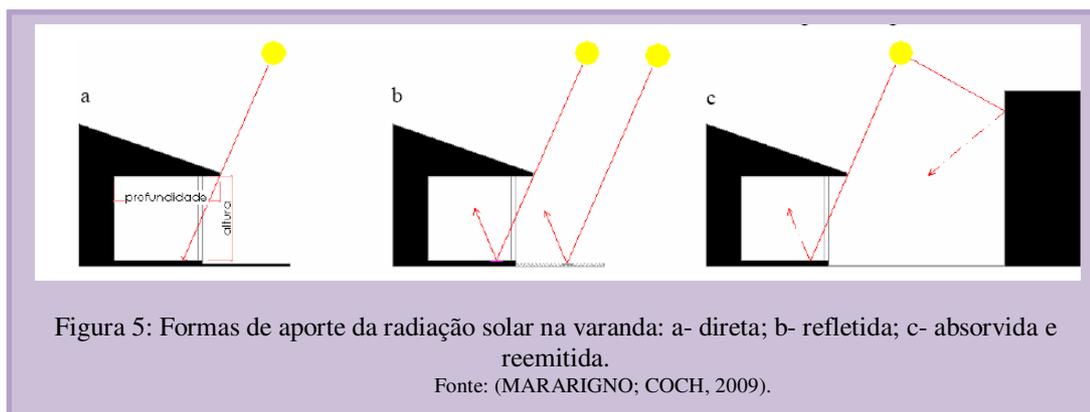
Mararigno e Coch (2009, p.2) caracterizam conceitualmente varanda como sendo:

[...] espaço arquitetônico coberto e aberto para um ou mais lados de uma edificação e que estabelece uma transição gradual entre o espaço interior e o exterior. Ela é parte de sistemas de controle ambiental com amplas aplicações em climas e estações quentes e úmidas, proporcionando sombra, ar fresco, luz natural, sons filtrados, abrigo das chuvas, além de ampliar a percepção do exterior e oferecer maior privacidade.

Ao longo do tempo a varanda foi inventada e reinventada de acordo com os estilos das épocas, e seu uso e exposição também se modificaram ao longo das transformações sociais. No Brasil nos anos 1950 este elemento passa a ser mais aceito pela população. Nesse período, Lúcio Costa começou a utilizar a varanda como elemento tropical, áreas cobertas e sombreadas, com rótulos e estruturas treliçadas (KOWALTOWSKI; SKUBS; WATRIN, 2003).

Varandas com profundidade inferior a 1,80m recebem a denominação de sacadas ou balcões, situação recorrente na maioria das varandas de edifícios residenciais na atualidade, por apresentarem ocupação temporal muito baixa (ALEXANDER, 1977 apud MARARIGNO; COCH, 2009).

Para Mararigno; Coch (2009), dentre as principais funções exercidas pelas varandas em clima tropical em uma edificação, a principal é a de promover a proteção das radiações solares diretas, devido ao sobreaquecimento que esta radiação pode causar ao ambiente interno (Figura 5).



Para um maior aproveitamento do elemento varanda como estratégia de conforto ambiental, na definição de sua localização no edifício, deve-se observar a melhor localização, de modo a propiciar sombreamento prolongado durante o dia e simultaneamente permitir a captação de ventilação natural desejada.

Apesar dos enormes benefícios climáticos provenientes da utilização da varanda em regiões de clima tropical, atualmente em Maceió observa-se que a dimensão deste ambiente vem sendo cada vez mais reduzida, ou passando por reformas, de modo a integrá-lo à sala de estar, ou não vem sendo considerado em muitos projetos de edifícios residenciais, devido à construção de apartamentos cada vez menores (LEÃO JUNIOR, 2008).

Em empreendimentos de Habitação de Interesse Social, como os desenvolvidos pelo Programa de Arrendamento Residencial - PAR, constata-se a total inexistência de varanda nos seus projetos para a cidade de Maceió; no entanto, observa-se, ainda que em pequena escala, que tal padrão construtivo apresenta exceções no país, a exemplo de um empreendimento de edifícios verticais PAR construído na cidade de Belo Horizonte, cujos apartamentos dispõem de varandas (figura 6).



Comparando-se o grau de necessidade de sombreamento entre as cidades de Maceió e Belo Horizonte, observa-se que em Maceió, conforme já foi mencionado, faz-se necessário o sombreamento durante todo o ano, enquanto, segundo a NBR 15.2220-3 (ABNT, 2005), para a cidade de Belo Horizonte o sombreamento deve ser utilizado como estratégia bioclimática apenas no período de verão. Portanto, reforça-se a importância da utilização desse elemento construtivo em edifícios residenciais em Maceió.

- **Protetor solar horizontal**

Os protetores horizontais são elementos arquitetônicos cujo eixo longitudinal se encontra no sentido horizontal e paralelo à fachada, e seu eixo transversal perpendicular a esta. Apresentam melhor desempenho de bloqueio solar nas horas do dia em que o sol se acha mais alto e são menos eficientes nas horas próximas ao nascer e pôr do sol (MARAGNO, 2001). A insolação dar-se-á apenas quando o ângulo de altura solar estiver entre a linha do horizonte e o ângulo de proteção (α), conforme a figura 7:

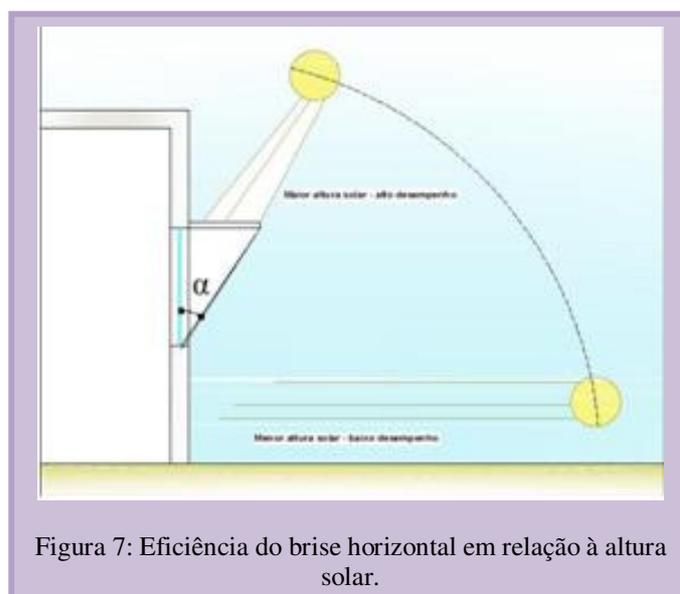


Figura 7: Eficiência do brise horizontal em relação à altura solar.

Para uma maior eficiência da proteção solar promovida por estes dispositivos, faz-se necessário o estudo da máscara de sombra desejada, pois o uso de protetores mal dimensionados pode reduzir o aproveitamento da luz natural, necessitando do auxílio de sistemas de iluminação artificial, mesmo nos horários do dia com disponibilidade de luz natural. A utilização do protetor também como prateleira de luz é uma alternativa que pode propiciar a entrada de luz natural de forma refletida (figura 8).

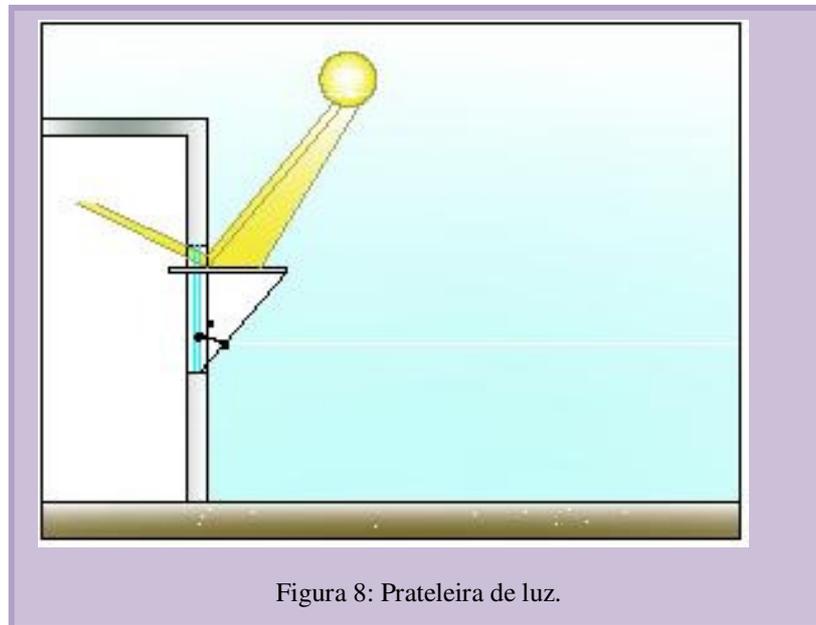


Figura 8: Prateleira de luz.

- **Protetor solar vertical**

Os protetores verticais são placas cujo eixo longitudinal é perpendicular ao plano horizontal. Sua utilização é mais eficiente em fachadas onde a incidência solar é oblíqua a esta (MARAGNO, 2001), conforme mostra a figura 9.

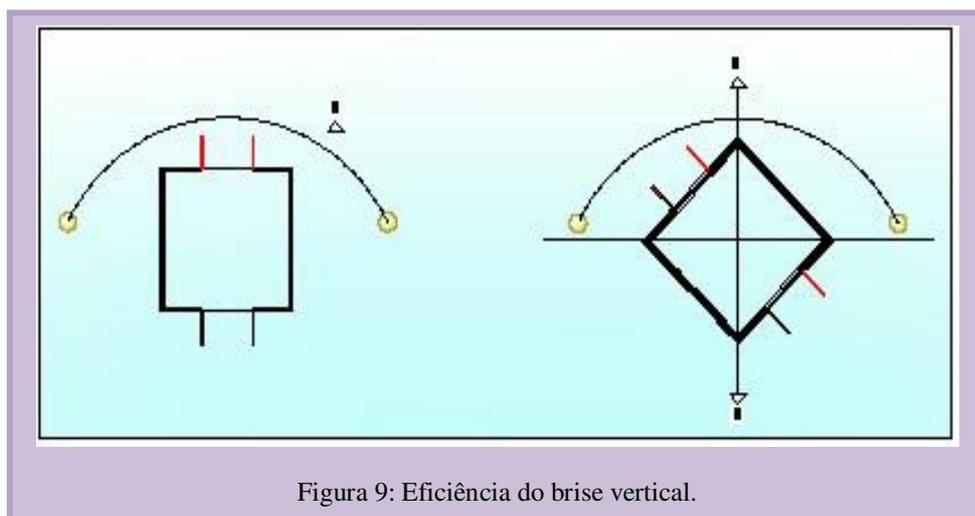


Figura 9: Eficiência do brise vertical.

Através do estudo e dimensionamento desses protetores é possível projetá-los de diversas formas: paralelo à parede ou janela da envolvente ou de forma oblíqua a esta. Podem ainda ser fixos ou móveis, e essa segunda opção permite uma melhor regulagem, de acordo com a posição do sol. Esse tipo de dispositivo exige, porém, manutenção periódica para garantir seu perfeito funcionamento; além de apresentar um custo mais elevado (figura 10).



- **Protetor solar misto**

Os brises de composição mista assumem as características de sombreamento dos horizontais e verticais, e segundo Maragno (2001), em latitudes baixas fornece maior eficiência quando em fachadas norte / sul, por se complementarem (Figura 11).



Figura 11: Brise misto na Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

Olgay (2002) classifica os perfis de sombra produzidos pelos tipos de brises citados em três categorias principais:

- a. Perfil de sombra segmentado – produzido por brises horizontais;
- b. Perfil de sombra radial – produzido por brises verticais;
- c. Perfil de sombra combinado – produzido por brises mistos.

Para Olgay (2002), as características dos perfis de sombra são determinadas pela relação entre profundidade e tamanho na superfície da parede e independem da escala de tamanho do elemento. Esse perfil de sombra é expresso através do ângulo formado entre o plano perpendicular à parede e a extremidade mais distante do brise.

O ângulo de sombreamento não define apenas um único dispositivo, ao contrário, existe uma infinidade de soluções para uma única máscara de sombra, o que contribui com o processo criativo do projetista (Figura 12).

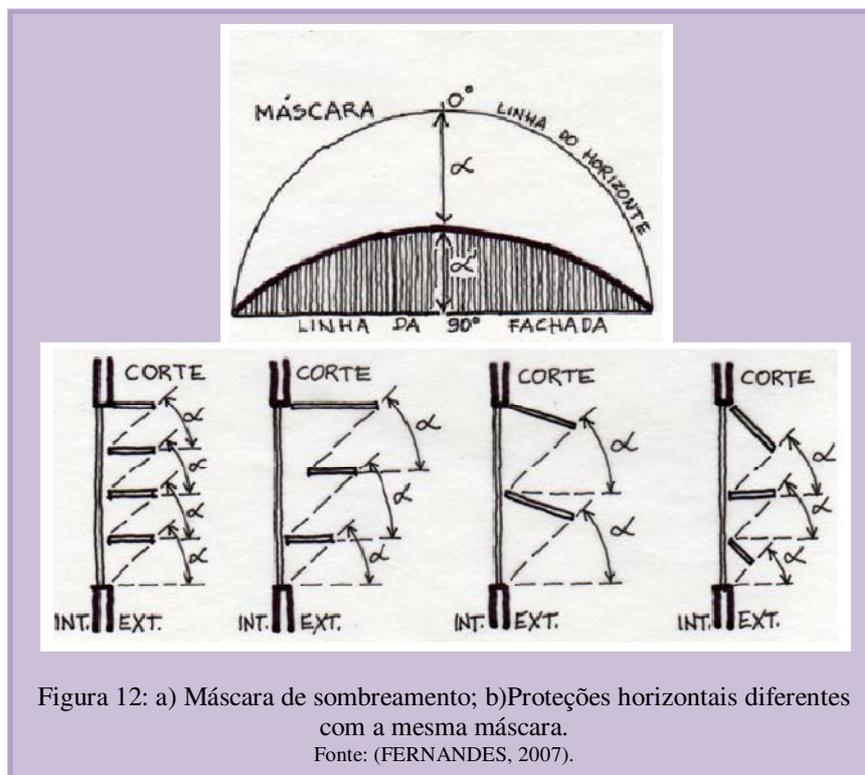


Figura 12: a) Máscara de sombreamento; b) Proteções horizontais diferentes com a mesma máscara.
Fonte: (FERNANDES, 2007).

Algumas considerações são importantes para o alcance de uma maior eficiência dos brises de um modo geral. Quanto menor o contato desses elementos com a envoltória do edifício, menor será a quantidade de calor transmitida por condução; recomenda-se a utilização de cores claras para o acabamento desses elementos, pois possibilitam a reflexão dos raios solares.

A escolha do dispositivo de proteção solar irá depender da necessidade de sombreamento de cada fachada, que por sua vez é definida de acordo com a verificação de alguns condicionantes.

1.1.3.2 Métodos de projetos de dispositivos de proteção solar

Vários métodos já foram desenvolvidos para projetos de protetores solares; entre eles pode-se citar o método de Olgyay, que se apoia na carta bioclimática e se baseia nos índices de temperatura efetiva (ET); a metodologia de Pereira; Souza (2008), baseada também em

método gráfico analisado a partir de índices adaptativos, calculados em função de temperaturas neutras mensais (T_n), definida por Szokolay (1987), dentre outros. Há ainda a existência de vários programas computacionais capazes de simular o percurso aparente do sol e definir os ângulos de sombreamento, também apoiados no método gráfico, a exemplo do programa Sol-Ar³ e do programa TropMask⁴; e também programas de simulação tridimensional do caminho aparente do sol, que podem servir como um complemento da análise da carta solar, como o Ecotect (AUTODESK, 2009) e o *Sketchup* (SKETCHUP, 2009) com seu *puglin Sun tools*.

Para a definição do dimensionamento e tipo de protetor solar que deverá ser utilizado em um projeto, faz-se necessário considerar vários aspectos julgados imprescindíveis para a sua maior eficiência. Assim, torna-se relevante traçar passos a serem seguidos em um projeto de dispositivo de proteção solar, utilizando a adoção do método gráfico da carta solar.

Bittencourt (2000) destaca a importância de avaliar a eficiência que se pretende alcançar, a plasticidade e privacidade desejada para o projeto, a visibilidade para o exterior e conseqüentemente a luminosidade do ambiente interno, a captação de ventilação natural, a viabilidade dos custos e manutenção do elemento protetor escolhido, entre outros.

A avaliação do sítio onde a edificação será inserida é de vital importância, pois é a partir disto que se podem perceber as variações microclimáticas atuantes nessa área e o entorno que poderá servir de barreira protetora. Uma mesma região climática pode apresentar variações, sendo importante a consideração do seu microclima específico (OLGYAY, 2002). A posição geográfica também é um item indispensável, pois a latitude irá indicar o uso da carta solar a ser utilizada.

³ Desenvolvido pelo LABEE/UFSC, disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>

⁴ Desenvolvido pelo professor Ricardo C. Cabús, do Grupo de Pesquisa em Iluminação – GRILU /UFAL, disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/TropMask.htm>

De posse dos dados climáticos da área é possível se determinar os períodos, horas e estações que se deseja sombrear.

1.1.4 O Estado da Arte nas pesquisas sobre desempenho termoenergético em edifícios residenciais.

Diante da importância dada nos últimos anos à necessidade de edificações cada vez mais eficientes do ponto de vista térmico e energético, pesquisas relacionadas à área vêm sendo desenvolvidas.

Cheng et al. (2005) analisaram a influência das cores e da massa térmica no desempenho térmico, através da construção de duas caixas de madeira com paredes laterais de 20mm de madeira e 25mm de isolamento térmico, uma pintada com a cor preta e a outra com a cor branca. Observaram que a caixa preta apresentou valores de temperatura interna em torno de 12 graus a mais em relação à caixa branca, nos períodos de verão e inverno, e que a caixa branca apresentou sempre valores de temperaturas internas próximas às do ambiente externo. Foi analisada ainda a influência das cores das caixas associada ao aumento da massa térmica. Com o acréscimo interno de 90 mm de bloco de concreto foi constatado que a caixa preta apresentou valores de temperatura interna dois graus acima da temperatura externa, ao passo que a branca apresentou valores de temperatura interna em torno de três graus abaixo, e que a diferença de temperaturas internas entre as duas caixas foi reduzida à metade. A pesquisa comprovou a influência da absorção e da massa térmica de materiais que compõem a envoltória no conforto térmico interno.

La Roche e Milne (2004) analisaram o desempenho térmico de protótipos no verão da Califórnia, com a utilização de sistemas de ventilação ativa e sombreamento. Os autores avaliaram 6 situações, e dentre estas constataram que as que propiciam melhor desempenho

térmico ocorreram quando se considerou o sombreamento no exterior do protótipo e quando a taxa de renovação do ar foi aumentada para 15 trocas de ar / hora. Observaram ainda que com a combinação entre sombreamento (interno ou externo) e ventilação não houve melhora considerável em relação às demais situações.

Fang e Chen (2007) analisaram e compararam a influência de diferentes janelas em três zonas climáticas da China para o potencial de eficiência energética. Os resultados apontaram que nas zonas de clima frio é recomendável a utilização de janelas com baixos valores de transmissão térmica, de acordo com o tipo de envidraçamento, da existência ou não de câmara interior e do tipo de moldura utilizado. Para as zonas climáticas que apresentam verão quente e inverno frio, foi apontado o uso de envidraçamento com alto valor de coeficiente de sombreamento, associado ao sombreamento. Em zonas climáticas com verão e inverno quente, foi recomendado o uso de janelas com baixo valor de coeficiente de sombreamento, pois quanto menor é o coeficiente de sombreamento⁵, maior é o bloqueio de radiação solar para o interior do ambiente.

A quantidade de calor que penetra no ambiente está relacionada frequentemente ao desempenho das aberturas existentes. Além do coeficiente de sombreamento, uma outra informação importante a se considerar é o fator solar do vidro que constitui a abertura (coeficiente de ganho de calor solar), índice que indica a fração de ganho térmico por radiação solar direta e a parcela absorvida e posteriormente retransmitida, que o vidro repassa para o interior da edificação (MARINOSCKI et al, 2005), bem como a consideração ou não de dispositivos que promovam o sombreamento da abertura.

⁵ Entende-se por coeficiente de sombreamento o “quociente entre o fator solar do componente transparente ou translúcido estudado e o fator solar de um vidro plano incolor de 3mm de espessura” (ABNT, 2005).

Aste, Angelott e Buzzetti (2009) observaram que apenas baixos valores de transmitância térmica de elementos opacos e transparentes não são capazes de responder pela eficiência energética dos edifícios. A inércia térmica também é um dos principais parâmetros para a melhoria das condições de conforto térmico, bem como para reduzir a demanda por aquecimento e resfriamento nos edifícios. Os autores avaliaram, através de simulações computacionais com o programa *Energyplus* (ENERGYPLUS, 2009), a influência da inércia térmica de paredes externas para edifícios residenciais situados na cidade de Milão, utilizando para isto diferentes parâmetros de projeto (quantidade da transferência de calor das superfícies, o uso de proteção solar) e parâmetros operacionais (aquecimento e resfriamento artificial e taxas de ventilação). Constataram que o uso de paredes de edifícios com elevada inércia térmica resulta na redução do consumo de energia para aquecimento e refrigeração; e que a inércia térmica, conjugada com outras medidas de economia de energia, tem sua atuação mais significativa.

No Brasil, Souza; Pizarro (2001) analisaram a relação entre orientação do edifício e o consumo energético, mediante o estudo de um conjunto habitacional localizado na cidade de Bauru, utilizando como método de pesquisa um programa de Redes Neutrais Artificiais (RNA)⁶: EasyNN. Verificaram que dentro dos parâmetros estabelecidos a orientação das fachadas exerce uma forte influência no consumo de energia elétrica e variações nos ângulos das fachadas podem representar uma alteração no consumo energético de até 83% no inverno e 6% no verão, para as características climáticas da cidade estudada.

No âmbito da legislação urbana, Carlo et al. (2003) apresentaram e discutiram a inclusão de parâmetros que visem à eficiência energética, relacionados à envoltória e à iluminação, no código de obras da cidade de Salvador-BA. Dentre outros parâmetros,

⁶ Uma RNA “(...)é baseada na estrutura biológica do cérebro humano, através de uma analogia com o funcionamento dos neurônios e tem como objetivo fornecer subsídios para que o computador ‘pense’ sozinho e, a partir de um conjunto de situações conhecidas, tome determinadas decisões”.

estabeleceram as propriedades térmicas dos materiais e componentes do edifício que interferem em sua tipologia e alteram a estruturação do espaço interno; limites de área dos elementos translúcidos ou transparentes ao fator solar do material que será utilizado, dentre outros. Deste modo, definiram dois limites de transmitância térmica: paredes externas leves não devem ultrapassar a $1,2\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, enquanto paredes com capacidade térmica mínima de $120\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ podem ter transmitância térmica de até $3,7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$. Estabeleceram limites de fator de projeção da janela em função do percentual de área de janela e do fator solar do vidro que a constitui.

Dornelles (2008) mediu a refletância de diferentes cores e tipos de tintas usualmente utilizadas em fachadas de edifícios no Brasil, em amostras de pastilhas cerâmicas de 35×35 mm, de diferentes rugosidades. Os resultados indicaram reduções nas absorvâncias, na maioria das amostras, de acordo com a região do espectro solar (ultravioleta, visível e infravermelha), exceto as cores escuras, que apresentaram aumento nas suas absorvâncias quando ajustadas ao espectro solar padrão. Quanto às amostras com revestimento rugoso, observou que esta aumenta linearmente a absorvância de cada amostra, sendo o resultado mais expressivo a amostra da tinta branca. Observou ainda que a maior parte das tintas de acabamento do tipo semibrilho analisadas apresentaram absorvâncias superiores às tintas de acabamento fosco.

A pesquisa de Dornelles (2008) mostrou, enfim, que a absorvância dos materiais não está relacionada apenas à sua cor. Além disso, possibilitou uma melhor avaliação do desempenho térmico e energético de envoltórias construtivas.

Leão Junior (2008) avaliou o impacto econômico causado pelo uso de aparelhos de ar condicionado em edifícios de apartamentos residenciais de 2 quartos, localizados na cidade de Maceió-AL, em diferentes orientações e horas do dia. Fez uso do programa de simulação computacional *EnergyPlus* (ENERGYPLUS, 2009) para avaliação dos desempenhos

termoenergético e do equipamento mesa d'água⁷ para a avaliação da ventilação natural. Em sua análise, o autor pôde constatar resultados expressivos de consumo energético nas unidades analisadas em um período de 360 meses – prazo máximo de financiamento dos imóveis, em todos os casos simulados, podendo esse gasto vir a superar a economia financeira ao se optar por apartamentos de orientação poente ao invés de nascente, seja pelo financiamento ou pelo preço à vista.

Roriz; Chvatal; Cavalcanti (2009) analisaram por simulação computacional o desempenho térmico de ambientes de escritórios ventilados naturalmente em nove cidades brasileiras: Salvador, Brasília, Belo Horizonte, Cuiabá, Belém, Rio de Janeiro, Boa Vista, Florianópolis e Curitiba. Com a exceção da última, concluíram que em muitas tipologias construtivas a utilização de materiais que apresentam resistências térmicas mais altas provocou mais desconforto térmico em relação a materiais de menor resistência. Tal conclusão foi contrária ao que preconizam as normas NBR 15220 (ABNT, 2005) e a NBR 15575 (ABNT, 2008), que tratam de desempenho térmico de edificações, nas quais para cada uma das 8 zonas bioclimáticas em que foi dividido o país estabelece valores máximos admissíveis para a transmitância térmica de coberturas e paredes externas; ou seja, de acordo com essas normas, envoltórias com resistências térmicas mais altas contribuem sempre para elevar os níveis de conforto proporcionados pelas edificações.

Gonçalves e Mendes (2009) elaboraram um catálogo técnico de alguns materiais e componentes construtivos produzidos no Brasil, destinado ao conforto ambiental e à eficiência energética das edificações, objetivando avaliar as propriedades desses materiais e

⁷ Trata-se de um equipamento que permite a visualização apenas em duas dimensões do comportamento do escoamento do ar e sua alteração ao atingir algum obstáculo. Sendo assim, não possibilita a mensuração de grandezas aerodinâmicas, como pressão e velocidade do ar, assim como diferenças de temperatura (TOLEDO; PEREIRA, 2003).

comparar com as especificadas pelos fabricantes, quando existentes, de maneira a gerar uma base de dados que possa servir para diversificar e melhorar o acesso às informações técnicas (propriedades térmicas, acústicas e óticas) de materiais e componentes construtivos produzidos no país.

Fedrigo; Ghisi; Lamberts (2009) avaliaram os usos finais de energia elétrica no setor residencial das cinco regiões geográficas brasileiras e constataram que o consumo de energia elétrica no setor é influenciado por fatores como: diversidade climática, renda familiar e aspectos culturais, principalmente em relação ao uso final de chuveiro elétrico. Dentre os equipamentos existentes nas residências, verificaram que nas regiões Norte e Nordeste, 52% e 93% das residências, respectivamente, não dispõem de chuveiro elétrico, ao contrário das outras regiões do país em que seu uso é muito intenso. No Nordeste observaram que o consumo de energia por uso final com o chuveiro elétrico é de 6,9%, e o do ar condicionado é de 3,6 e 0,7, no verão e no inverno, respectivamente. Observaram ainda que o consumo com chuveiro elétrico e *freezer* aumenta sua porcentagem à medida que as residências consomem mais energia elétrica. Em contrapartida, as residências com menor consumo de energia elétrica mensal apresentam um uso final de refrigerador muito maior.

1.1.5 Normas e ferramentas de desempenho térmico e energético de edificações residenciais

A primeira grande crise do petróleo em 1973 alertou a comunidade mundial para a necessidade de se rever o modelo de desenvolvimento em voga. A partir daí, surgiu uma nova ordem na economia mundial, pautada no uso racional dos recursos energéticos disponíveis no mundo. Desta forma, foi criada em Paris a Agência Internacional de Energia

(AIE), no âmbito da OCDE⁸ (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), também situado na França (SCHIPPER; MEYERS, 2005).

A partir de 1970, muitos códigos de eficiência energética para edificações foram desenvolvidos nos EUA, a exemplo do Model Energy Code; da ASHRAE 90.1 e 90.2; e da norma Californiana Title 24 (GOULART, 2005).

Nos anos 1990, em resposta à necessidade global por uma responsabilidade ambiental, surge e propaga-se o conceito de projeto ecológico (*green design*). O *green design* se estende a uma diversidade de ações que visam à otimização no uso dos recursos, de maneira a atender ao conforto dos usuários com uma maior vida útil e capacidade de reutilização ou reciclagem dos materiais (SILVA, 2007).

Segundo Beroaldo (2006), na Europa, até 1985, países como Bélgica, Dinamarca, França, Alemanha, Holanda e Reino Unido já possuíam métodos oficiais de avaliação de desempenho termoenergético de edifícios. Mas para Goulart (2005), as primeiras iniciativas europeias objetivavam solucionar apenas a necessidade de redução de aquecimento no inverno.

O foco em reduzir as contas de energia devido ao aquecimento na década de 1970 era tal que alguns erros foram cometidos, como um excessivo esforço para melhorar a estanqueidade do envelope do edifício para reduzir os níveis de infiltração sem um cuidado de fornecer suficiente ventilação por meios mecânicos. Os sérios problemas da qualidade do ar interno que se seguiram são bem conhecidos e documentados (Goulart, 2005, p.7).

Foi a partir da assinatura do Protocolo de Quioto que houve o comprometimento dos países - membros da União Europeia em reduzir em 8% suas emissões de gases poluentes⁹, em relação à produção de 1990, responsáveis pelo efeito estufa. Logo, a necessidade de

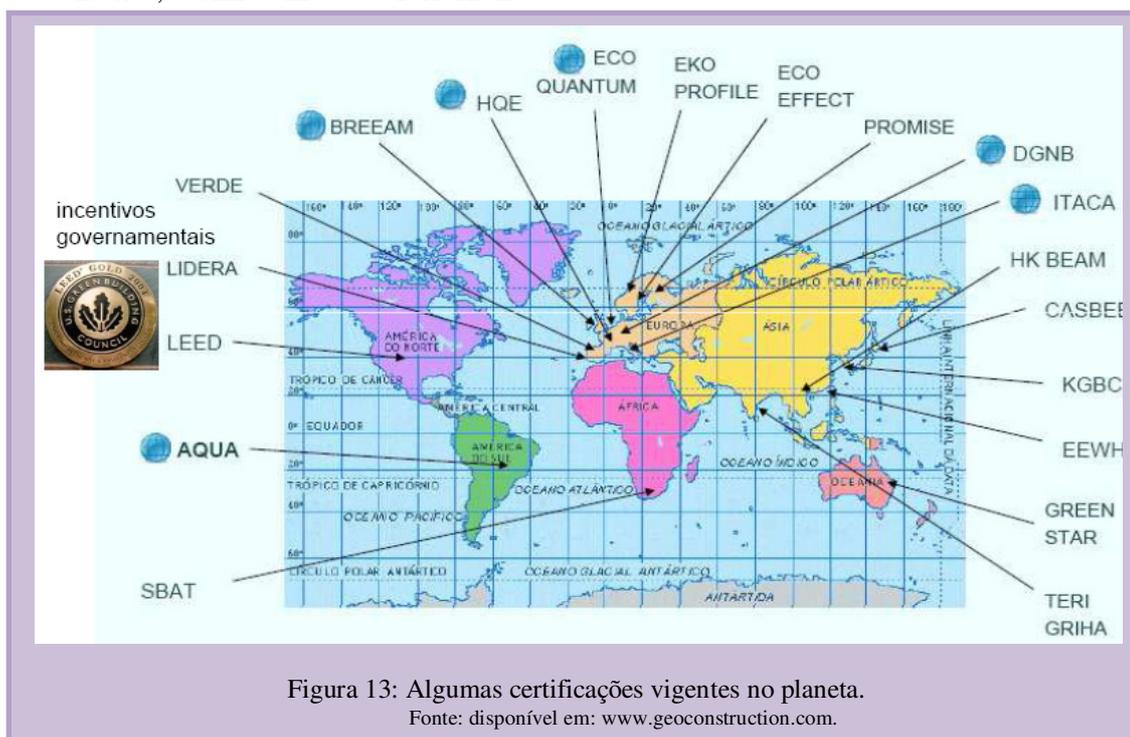
⁸ A OCDE tem como uma de suas metas promover a cooperação energética entre seus países - membros, de maneira a promover o uso racional de energia, reduzir a dependência do petróleo e estimular a criação de fontes de energia renováveis (ROMÉRO, 2004).

⁹ A meta de reduzir a produção dos gases poluentes deu-se no prazo de 2008 a 2012.

redução do consumo de energia elétrica foi vista como uma alternativa para a redução desses gases na atmosfera.

Desta forma, numerosos foram os esforços de pesquisas e incentivos acadêmicos, transferência de tecnologias, incentivos fiscais, além de políticas administrativas e legislação sobre o tema.

Atualmente, países como EUA, Canadá, Austrália, Japão, Chile, Hong Kong, e praticamente toda a Europa, possuem sistemas de avaliação de desempenho ambiental de edifícios (figura 13). As circunstâncias de criação desses instrumentos variam de acordo com cada contexto, assim como suas ferramentas.



Alguns instrumentos de avaliações de desempenho para edifícios residenciais internacionais e nacionais são mostrados a seguir.

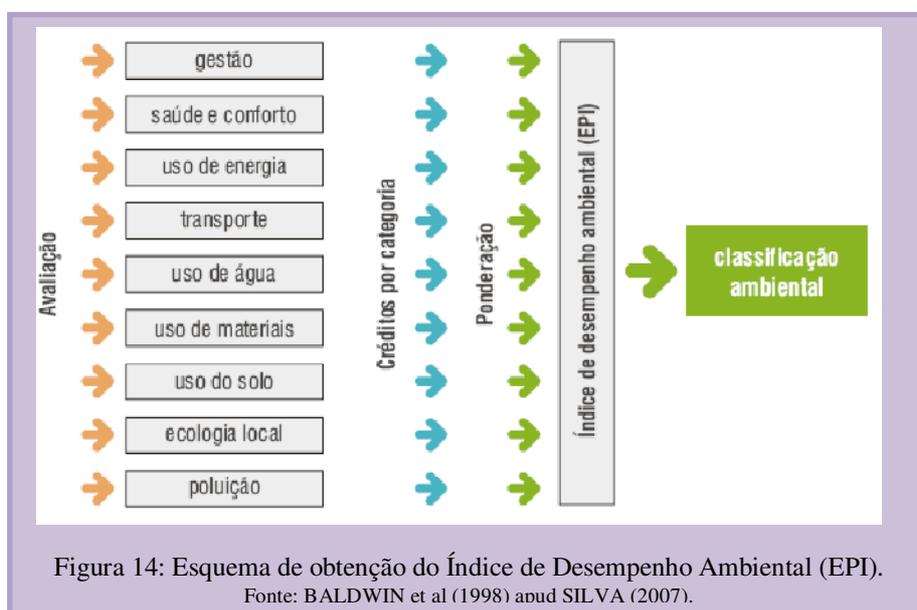
1.1.5.1 A experiência do Reino Unido

- **BRE EcoHomes**

Building Research Establishment Environmental Assessment Method - (BREEAM)

Em 1990 foi desenvolvido no Reino Unido um dos mais conhecidos métodos de avaliação ambiental, o sistema de certificação BREEAM, objetivando especificar e medir o desempenho de edifícios através de um processo formal de avaliação embasado em uma auditoria externa (SILVA, 2007).

A certificação BREEAM é obtida através de fatores de ponderação de acordo com as categorias de créditos ambientais¹⁰, para a partir daí se chegar a um índice de desempenho ambiental do edifício (*EPI*), com limite de 0 a 10, que determinará o recebimento de um dos quatro níveis de certificação: *PASS*, *GOOD*, *VERY GOOD*, ou *EXCELLENT* (razoável, bom, muito bom, ou excelente). Além disso, um certificado é concedido, o qual pode ser usado para propósitos promocionais (GOULART, 2005). A figura 14 indica as etapas da avaliação para recebimento da classificação ambiental de acordo com o BREEAM.



A metodologia do BREEAM foi desenvolvida para vários tipos de edifícios: escritórios, residências, unidades industriais, unidades de varejo e escolas. A versão para residências é chamada *Ecohomes*.

¹⁰ Categorias (% total de pontos): Gestão (14,1%); Saúde/conforto (14,1%); Uso de energia (19,6%); Transporte (11,3%); Uso de água (4,5%); Uso do solo (3%); Ecologia local (9%); Poluição (14,5%) (SILVA, 2007).

O *Ecohomes* estende-se a todos os empreendimentos residenciais da Inglaterra, Escócia, País de Gales e Irlanda do Norte, sejam empreendimentos privados e habitação de interesse social; apartamentos e casas; novas construções e grandes reformas. Tipologias como abrigos, casas de repouso ou moradia estudantil necessitam de uma avaliação especial pelo BRE (BRE, 2009).

O Código de edifícios sustentáveis tem sua estrutura baseada no *Ecohomes*, porém com a sua inserção ocorreu o aumento do nível de avaliação das residências, sendo exigido ao menos nível 3 para a sua aprovação. Aborda 7 áreas: eficiência energética; eficiência da água; gestão das águas superficiais; gestão dos resíduos; gestão dos resíduos domésticos; uso de materiais; e vida útil da residência, aplicado apenas ao nível 6 (BRE, 2009).

1.1.5.2 A experiência norte – americana

- ***O Model Energy Code***

O *Model Energy Code* – MEC é um código para edifícios residenciais e comerciais novos e para ampliações de edifícios existentes. Nos edifícios residenciais, o código estende-se a residências uni e bifamiliares, bem como a edifícios baixos multifamiliares de 3 andares ou menos. Seu maior enfoque está ligado ao desempenho da envoltória, abrangendo forros, paredes, pisos e janelas, mas também se estende aos sistemas de iluminação e de ar condicionado. Estabelece como deve ser o isolamento dos elementos que compõem a envoltória de acordo com a severidade do clima no local em que o edifício será localizado, de maneira a garantir a estanqueidade do envelope (GOULART, 2005).

- ***LEED™ for Homes***

Em 1994, foi criado nos Estados Unidos um sistema de classificação voluntário de desempenho de projetos e edificações, o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Desenvolvido pelo *U. S. Green Building Council (USGBC)*, trata-se de um sistema que visa à implantação de edifícios de bom desempenho sustentável. Sua atuação iniciou-se em 1996, dirigido inicialmente a edifícios comerciais. Possui estratégias em 5 áreas: desenvolvimento da sustentabilidade do local; conservação de águas; eficiência energética; material e seleção de recursos; e qualidade ambiental em recinto fechado (USGBC, 2008).

O *LEED for Homes* foi desenvolvido especificamente para a avaliação de unidades residenciais. Objetiva reconhecer e premiar as residências que incorporem práticas ecológicas (SILVA, 2007). Assim como o LEED para comércio e serviços, o desempenho dos edifícios que passam pela certificação do *LEED for Homes* é baseado em sistema de pontuação que determina se o edifício atingiu o nível de desempenho certificado: prata, ouro ou platina (USGBC, 2005).

A pontuação do *LEED for Homes* é estabelecida de acordo com o alcance dos seguintes critérios: localização e articulações; sustentabilidade do local; uso eficiente de água; qualidade do ambiente interno; materiais e recursos; energia e atmosfera; conscientização do proprietário do imóvel; e inovação e processo de projeto.

O *LEED for Homes* ainda estabelece pontos nos créditos relacionados ao desempenho energético das janelas, por serem estas responsáveis por cerca de 1/3 das perdas e ganhos de calor em uma edificação, devendo ser cumpridas as exigências do *Energy Star*, sistema dos Estados Unidos desenvolvido especificamente para avaliação de desempenho energético de edificações.

1.1.5.3 A experiência portuguesa

- **Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE)**

Em 1990 Portugal aprovou o seu primeiro texto legislativo através do Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de fevereiro, intitulado Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), com foco nas questões do consumo energético associado ao conforto nos edifícios.

O país foi o último da Comunidade Europeia¹¹ a desenvolver um instrumento para legislar sobre esta questão, recebendo assim forte influência dos regulamentos dos países vizinhos, porém seu documento se torna inovador nos quesitos relacionados ao conforto no verão, por impor requisitos de proteção solar nas aberturas envidraçadas, de modo a reduzir a necessidade de resfriamento artificial nos novos edifícios (CAMELO, 2006).

O RCCTE objetiva a qualidade nos edifícios, estimulando a promoção do conforto térmico e minimizando os efeitos patológicos nos elementos construtivos da envoltória, sem significar expressivo aumento do consumo de energia, mas, de preferência, através de alternativas passivas.

Em 2006 o regulamento RCCTE passou por uma revisão de maneira a adequar-se às mudanças dos hábitos de consumo de energia no setor e para a implantação da Diretiva Europeia publicada em 4 de janeiro de 2003, relativa ao desempenho energético dos edifícios - 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002.

¹¹ Vale salientar que o regulamento de eficiência energética para arquitetura é uma das condições para a inserção na Comunidade Europeia e a não existência de um próprio obriga a adotar o regulamento desenvolvido por esta, o EUROCODE (BEROALDO, 2006).

A versão de 2006 passou a contar com novos parâmetros como o fator de forma do edifício e a permeabilidade ao ar dos caixilhos, quantificando de uma forma mais detalhada o efeito das pontes térmicas lineares e planas, objetivando uma melhor avaliação da qualidade térmica do edifício (CAMELO, 2006). Observa-se que existe no RCCTE uma forte preocupação quanto às aberturas das fachadas, a fim de administrar a ventilação natural, como também buscando um maior controle da insolação.

Associado ao RCCTE, o Governo português criou em 2001 o Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas). Consiste em um conjunto de múltiplas medidas que visa promover a eficiência energética através da valorização das energias renováveis (PORTUGAL, 2001).

1.1.5.4 A experiência brasileira

- **Norma de desempenho térmico de edificações, NBR 15220:2005 (ABNT, 2005)**

As primeiras discussões sobre a necessidade de uma normalização de desempenho térmico e energético de edificações surgiram no ano de 1991, durante o I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, realizado em Gramado – RS. Essas discussões levaram à criação de outros eventos similares, nos anos seguintes, que geraram “textos provocativos” e que serviram de base para a posterior criação de uma norma de desempenho térmico de edificações (GHISI, 2003).

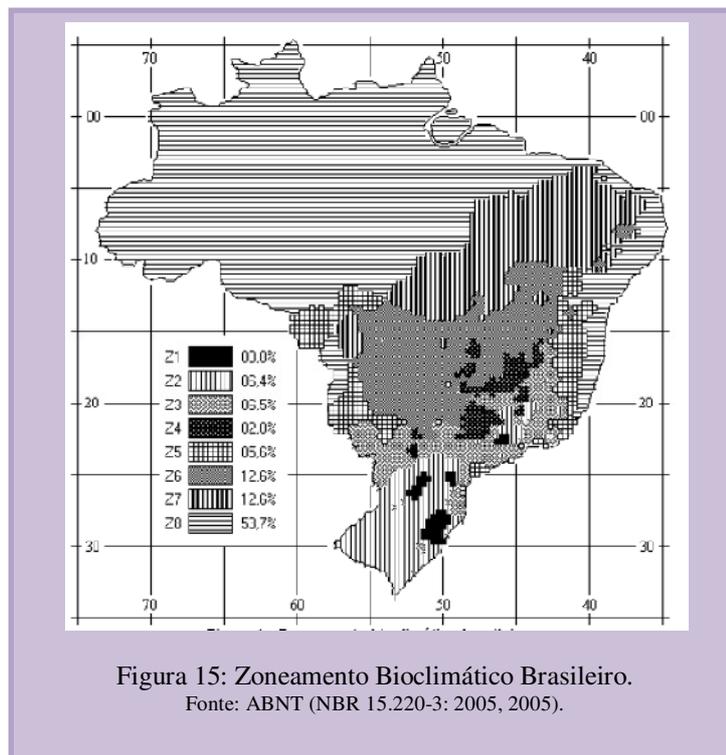
Ainda na ocasião dessas primeiras discussões, foi estabelecido que inicialmente seriam desenvolvidos textos relacionados ao desempenho térmico, iluminação natural e acústica, ficando a discussão relacionada ao desempenho energético para um momento posterior. Desta forma, todo o processo de discussão do texto da norma de desempenho térmico até sua aprovação levou cerca de 12 anos.

Em 2005, a Norma de Desempenho Térmico – NBR 15220:2005 (ABNT, 2005) foi aprovada, dividida em cinco partes e com os seguintes objetivos, descritos no quadro 2:

Parte	Objetivo
Parte 1: Definições, símbolos e unidades.	[...] estabelecer as definições e os correspondentes símbolos e unidades dos termos relacionados com o desempenho térmico de edificações. p.33.
Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.	[...] estabelece procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas – resistência, transmitância e capacidade térmicas, atraso térmico e fator de calor – de elementos e componentes de edificações quando sujeitos a um regime estacionário de transferência de calor. p.33
Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.	[...] estabelecer requisitos mínimos de projeto que proporcionem condições aceitáveis de conforto térmico em habitações unifamiliares de interesse social de até três pavimentos para cada oito zonas bioclimáticas estabelecidas no Zoneamento Bioclimático Brasileiro. p.33-34.
Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.	[...] descrever um método absoluto para a determinação, em regime permanente, da resistência e da condutividade térmica dos materiais isolantes na faixa de temperatura de -20°C a 100°C, usando-se uma aparelhagem denominada de placa quente protegida. p. 34.
Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.	[...]descrever o método de utilização de técnicas fluximétricas para medir a condutividade térmica em regime estacionário, através de amostras na forma de placas ou painéis planos. p. 35.

Quadro 2: Partes da NBR 15220:2005 e respectivos objetivos.
Fonte: adaptado de GUISI, 2003.

De acordo com a parte 3 da **NBR 15220 (ABNT, 2005)**, o território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas, conforme figura 15.



A divisão das zonas bioclimáticas pela **NBR 15220 (ABNT, 2005)**, porém, vem sendo alvo de algumas pesquisas que apontam a sua fragilidade.

Passos (2009), através do tratamento de dados climáticos de três cidades alagoanas (Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar), constatou que as recomendações trazidas na norma, pela sua generalidade, não se ajustam às especificidades climáticas das cidades em questão, pois a aplicação de alguns dos requisitos pode representar horas de desconforto, de acordo com a especificidade climática de cada uma das cidades analisadas.

Roriz; Chvatal; Cavalcanti (2009) contestam a ideia preconizada pela NBR 15220 (ABNT, 2005), pois esta, ao determinar limite máximo para a transmitância térmica de coberturas e paredes externas, pressupõe que envoltórias com resistências térmicas mais altas contribuem sempre para elevar os níveis de conforto proporcionados pelas edificações.

Para os autores, essa ideia não se aplica em muitas tipologias construtivas situadas em grande parte do território brasileiro.

Rocha; Assis e Gonçalves (2009) desenvolveram um zoneamento bioclimático de Minas Gerais a partir do método de Mahoney, integrando dados regionais de vento. Os resultados obtidos na pesquisa indicaram que o território mineiro contempla características climáticas de quatro zonas bioclimáticas, enquanto a norma NBR 15220 (ABNT, 2005) apresenta, para essa mesma região, características de seis zonas distintas. Desta forma, o trabalho reforçou a importância de estudos mais aprofundados sobre as diferenciações climáticas do território brasileiro, uma vez que essas diversidades alteram consideravelmente as recomendações e estratégias de condicionamento térmico para cada localidade.

Percebe-se, por outro lado, que apesar de apresentar alguns pontos que merecem ser revistos, a NBR 15220 (ABNT, 2005) é um importante instrumento que contribui para a realização de pesquisas e avaliações de desempenho ambiental de edificações, e ainda, como subsídio para as normalizações com enfoque na eficiência energética.

- **Norma brasileira de desempenho de edificações – NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (ABNT, 2008)**

A NBR 15575 (ABNT, 2008) objetiva atender às exigências dos usuários quanto ao desempenho mínimo dos sistemas que compõem os edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. A norma tem um prazo de dois anos para entrar em vigor, contados a partir da data de sua publicação, 12 de maio de 2008.

São avaliados pela referida norma os sistemas construtivos estruturais, de pisos internos, de vedações verticais internas e externas, de coberturas e hidrosanitários, e para isto estabelece métodos de avaliação explicitados dentro da parte referente a cada sistema

construtivo. Estas avaliações podem ser realizadas através de ensaios laboratoriais, ensaios de modelo tipo, ensaios em campo, inspeções em protótipos ou em campo, simulações e análise de projetos, com o objetivo de avaliar a estanqueidade, o desempenho térmico, acústico, lumínico, a durabilidade e manutenibilidade, dentre outros (ABNT, 2008).

Para a avaliação do desempenho térmico, a NBR 15575 estabelece que as edificações habitacionais devem ser projetadas considerando a região onde serão construídas como também as suas características bioclimáticas, dentro do que preconiza a NBR 15220-3. Desta forma, determina três procedimentos para a avaliação das habitações: um método simplificado, que verifica alguns requisitos para fachadas e coberturas; um método de simulação do desempenho térmico da habitação; e um método através da realização de medições em edificações ou protótipos construídos. Na avaliação do desempenho térmico das habitações por meio de simulação computacional, estabelece que sejam atendidas algumas condições, dentre elas (ABNT, 2008):

- A avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto, de verão e de inverno, com a utilização dos dados climáticos da cidade onde será localizada a edificação (caso não existam tais dados, deverão ser utilizados os da cidade mais próxima, dentro da mesma zona bioclimática).
- Em conjuntos habitacionais ou edifícios multipiso, devem ser escolhidas unidades habitacionais representativas; para unidades térreas, devem ser avaliadas com maior número de paredes expostas; e para edifícios multipiso, uma unidade do último andar, com cobertura exposta.
- Devem ser simulados todos os ambientes da unidade habitacional, de forma a considerar todas as trocas térmicas, porém avaliar apenas os resultados dos recintos dormitório e sala.

- Deve-se escolher uma unidade habitacional cujo dormitório e sala tenham pelo menos duas paredes expostas.
- Deve-se utilizar uma taxa de ventilação do ambiente de uma renovação por hora (1ren/h) e considerar a janela não sombreada, caso esta não apresente nenhum dispositivo de proteção solar.
- Devem-se considerar as propriedades térmicas e de absorvância, conforme as características construtivas do empreendimento.
- **Política nacional de conservação e uso racional de energia**

Em 17 de outubro de 2001, em meio à crise energética mundial e ao colapso brasileiro popularmente conhecido por “apagão”, foi aprovada a Lei nº 10.295, referente à Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001.b). Constitui a primeira iniciativa legal objetivando a eficiência energética no Brasil e estimulou uma série de ações com vista a estabelecer parâmetros de eficiência energética em edificações (LAMBERTS; CARLO, 2004).

A aprovação da Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001.b) veio com o decreto N°4.059, de 19 de dezembro (BRASIL, 2001.a). Em seu Art. 1º, determina que os níveis máximos de consumo de energia ou os níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas, deverão ser estabelecidos a partir de regulamentações técnicas específicas. Estabelece que o corpo técnico, definido dentro de critérios delineados neste, deve indicar ao Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE procedimentos de avaliação da eficiência energética dos edifícios; indicadores técnicos que sirvam de referência para avaliação do consumo de energia dos edifícios, de maneira a certificá-los conforme sua

eficiência energética; bem como requisitos técnicos para projetos de edifícios a serem construídos no país (BRASIL, 2001.b).

Nesse contexto, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL/Eletrobrás, junto com outras instituições, vem desenvolvendo projetos com o objetivo de promover “a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica”.

- **Regulamento técnico da qualidade para eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**

No âmbito das ações visando à eficiência energética de edificações, foi criado um subprograma, PROCEL Edifica, em 2003, pela ELETROBRÁS/PROCEL e em parceria com diversas instituições, que tem como meta promover condições para o uso racional de energia elétrica nas edificações, de maneira a reduzir os desperdícios de energia, materiais e os impactos ao meio ambiente (PROCEL, 2008).

O Programa PROCEL tem uma série de metas a partir das quais estão sendo desenvolvidos projetos que visam à implementação da eficiência energética na cultura nacional. Dentre esses projetos têm-se os regulamentos técnicos de eficiência energética de edificações.

Neste contexto, em 10 de junho de 2009 foi divulgada no Diário Oficial da União a Portaria n.º 163, que autoriza o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, o RTQ-C (BRASIL, 2009). Trata-se de um instrumento que visa estabelecer requisitos mínimos de desempenho para os edifícios comerciais, de serviços e públicos.

O RTQ-C objetiva criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência dos edifícios, através da especificação de requisitos técnicos e da disponibilidade de métodos de

avaliação de desempenho, sendo sua aplicação inicialmente de caráter voluntário para novos edifícios e para edificações que passarem por *retrofit*.

O RTQ-C apresenta duas opções de métodos a serem seguidas: a prescritiva e a opção por simulação computacional. O método prescritivo estabelece algumas propriedades físicas dos materiais e componentes construtivos que compõem a envoltória, como transmitância térmica dos materiais opacos, fatores solares das aberturas¹², dentre outros, e com base nestes parâmetros de referência e nas características do edifício analisado, fornece equações para a análise do seu nível de eficiência. A simulação computacional é o método por análise de desempenho. Tomando-se por base um edifício com padrões de referências, faz-se uma análise comparativa entre este e o edifício analisado, para, a partir daí, se verificar em qual nível de eficiência energética o edifício se enquadra.

A aplicação do RTQ-C pelo método prescritivo fornece uma avaliação simplificada, ao contrário da simulação, que permite uma avaliação mais próxima da realidade e ainda possibilita a avaliação de edifícios mais complexos.

Vale salientar que a maioria das especificações das propriedades físicas da envoltória é estabelecida com base na região climática em que o edifício será inserido, estabelecida pela norma de desempenho térmico de edificações, a NBR 15220:2005 (ABNT, 2005). Ou seja, edifícios que se submetem ao RTQ-C devem inicialmente estar de acordo com todas exigências estabelecidas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A avaliação do edifício é feita de acordo com três requisitos: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. A certificação desses requisitos varia de “A”

¹² O RTQ-C (2009), entende por abertura: todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, clarabóias, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro) e paredes de blocos de vidro. Excluem-se vãos sem fechamentos e elementos vazados como cobogós.

a “E”, e para a classificação geral são atribuídos pesos: 30% para envoltória e sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar (Equação 1).

Equação 1

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumEnv.} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + 0,30 \cdot (\text{EqNumDPI}) + 0,40 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumCA.} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + b^1_0$$

Equação 1: Classificação geral RTQ-C.

Os edifícios ainda podem ser avaliados de forma parcial, recebendo com isso uma ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia parcial para cada sistema avaliado, sendo o requisito envoltória o único a necessitar de avaliação completa do edifício, conforme ilustrado na figura 16.

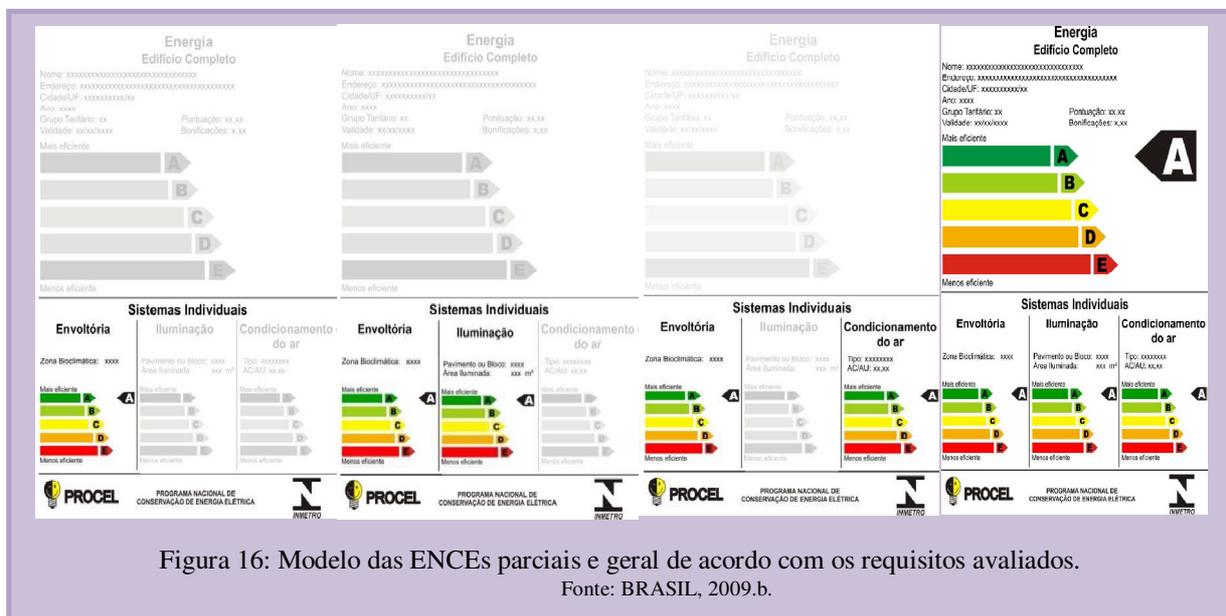


Figura 16: Modelo das ENCEs parciais e geral de acordo com os requisitos avaliados. Fonte: BRASIL, 2009.b.

Assim como a norma de desempenho térmico, o regulamento passou por várias fases de pesquisas, levantamento de experiências internacionais, simulações de desempenho térmico e energético para análise de alternativas mais eficientes dentro da realidade construtiva nacional e consultas públicas, até chegar ao seu produto final.

Embora o RTQ-C tenha passado por avaliações sistemáticas, esse documento apresenta pontos que ainda são alvo de discussões. No aspecto relacionado a ângulos de proteção solar, por exemplo, Pereira e Souza (2008) questionam a utilização de ângulos de sombreamento em equações que juntamente com outras variáveis irão definir o consumo energético final de uma edificação.

[...]Da forma como colocado nas equações propostas, estes ângulos são independentes da orientação das fachadas, representando um desempenho típico obtido a partir da regressão paramétrica de mais de 5.000 simulações. Sabe-se que devido às diferenças em horários e épocas do ano em que as fachadas recebem insolação, haverá diferentes comportamentos de uma mesma proteção solar colocada em orientações distintas e, portanto, a consideração de ângulos verticais e horizontais em equações nem sempre expressará com exatidão o desempenho térmico da proteção solar que representam. Para tal, seria necessária a introdução de um procedimento mais complexo, que considerasse não só o sombreamento causado nos planos de abertura, mas também os horários e épocas do ano em que este sombreamento ocorre (PEREIRA; SOUZA, 2008, p. 2).

- **Regulamento técnico da qualidade para eficiência energética de edifícios residenciais.**

Seguindo processo semelhante ao RTQ-C, está em andamento o regulamento técnico de eficiência energética de edifícios residenciais, que também contemplará algumas propriedades físicas dos materiais e componentes construtivos e requisitos técnicos mínimos necessários para se obter a classificação do nível de eficiência energética dessas edificações. Esta regulamentação contemplará quatro requisitos principais: desempenho térmico da envoltória do edifício, eficiência do sistema de condicionamento do ar, eficiência do sistema de aquecimento de água e eficiência do sistema de iluminação e equipamentos (LABEEE, 2009).

Atualmente esta regulamentação encontra-se em fase de elaboração, estando aberta a sugestões que possam contribuir para o desenvolvimento do seu texto final.

2. METODOLOGIA

Neste capítulo encontra-se a metodologia adotada para o desenvolvimento do presente trabalho. Fundamentou-se na análise do **sombreamento** provocado pelo entorno e das **características construtivas** da envoltória de edifícios verticais de empreendimentos produzidos pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR, em Maceió – AL, quanto ao seu desempenho termoenergético. Tem como objeto de avaliação um modelo desenvolvido a partir de observações em tipologias correntes, definidos a partir de levantamento documental e pesquisa de campo dos empreendimentos implantados na cidade.

Foram realizadas, para o modelo adotado, análises paramétricas visando à comparação do seu desempenho termoenergético em face de alguns parâmetros propostos, através de simulações computacionais utilizando o programa *EnergyPlus* (Energyplus, 2009).

Os parâmetros construtivos testados nas simulações foram: dispositivo de proteção solar, o entorno e absorvância das paredes externas; variando-se um parâmetro por vez, e preservando as demais características do modelo de referência.

Os dados de saída das simulações corresponderam a um período de um ano; porém para a avaliação do desempenho térmico foram avaliados os dados horários de um dia típico de verão e de um dia típico de inverno, de modo a atender às exigências estabelecidas no método de simulação da Norma 15575:2008 (ABNT, 2008). Para a análise do consumo energético foi avaliado o consumo energético médio de cada mês e o consumo médio anual.

O dia típico de projeto de verão e inverno é um instrumento importante na determinação das exigências higrotérmicas do período, de maneira a se desenvolver projetos que propiciem maior conforto térmico ao usuário, tendo como base as características desses dias. É determinado a partir da definição do período de verão e inverno, e a partir daí são

calculadas as médias de temperatura do ar em cada período, até se encontrar o dia que apresenta as características que mais se aproximam dos valores médios.

Goulart; Lamberts; Firmino (1998) elaboram o tratamento de dados climáticos para 14 cidades brasileiras (Belém, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Luís, São Paulo e Vitória). Para a cidade de Maceió, avaliaram que é nos meses de fevereiro e agosto que se encontram os dias típicos de verão e inverno. Os tratamentos dos dados de Maceió foram desenvolvidos de acordo com a série histórica de 1961 a 1970. Da mesma forma, Passos (2009), através da análise de uma série histórica de dados climáticos de 10 anos (1997 a 2007), estabelece dias típicos de projeto de verão (26/01 – nível 1%; 25/01 – nível 2%; e 16/02 – nível 10%) e inverno (13/07 – nível 1%; 25/06 – nível 5%; 23/08 – nível 10%).

Assim as avaliações das variáveis que interferem no desempenho térmico das zonas analisadas foram realizadas com base nos dados horários dos dias típicos de projeto de verão – 16 de fevereiro e de inverno – 23 de agosto.

Desta forma, a presente pesquisa foi desenvolvida obedecendo aos seguintes procedimentos metodológicos:

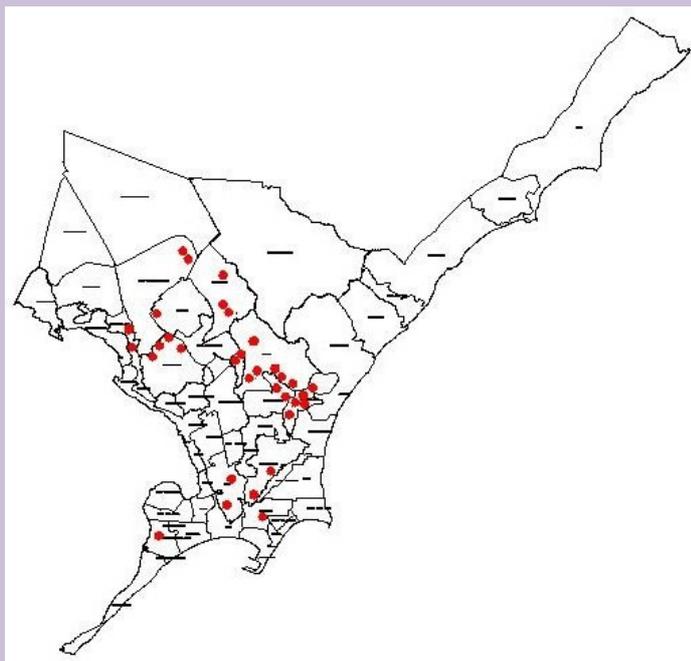
2.1 LEVANTAMENTO DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS VERTICAIS PRODUZIDOS PELO PROGRAMA DE ARRENDAMENTO RESIDENCIAL – PAR EM MACEIÓ – AL

Em meio às mudanças ocorridas na estrutura econômica e política do Brasil, ao longo dos anos inúmeras políticas e programas habitacionais foram sendo desenvolvidos e

implantados no país, conforme descrito por Lima (2007). Dentre estes programas, tem-se o Programa de Arrendamento Residencial – PAR.

O programa PAR foi criado no ano de 1990, no segundo mandato do governo de Fernando Henrique Cardoso, tendo a Caixa Econômica Federal como agente gestor (LIMA, 2007). O programa objetiva atender a população com renda até R\$ 1.800,00, através do arrendamento de imóvel em 180 meses, com opção de compra do imóvel no final do prazo contratado. Sua atuação se estende a todas as capitais estaduais, ao Distrito Federal e às regiões metropolitanas definidas para atuação, além dos municípios com população urbana acima de 100 mil habitantes (CAIXA, 2009).

De acordo com a Caixa Econômica Federal, de dezembro de 1999 até setembro de 2008 foram produzidos 38 empreendimentos PAR no Estado de Alagoas, totalizando 8.556 unidades habitacionais. Deste número, 8.140 foram construídas na capital Maceió, sendo 6.700 unidades distribuídas em 32 edifícios verticais, conforme pode ser observado no mapa a seguir e no apêndice A.



Mapa 1: Distribuição dos conjuntos habitacionais verticais implantados pelo Programa PAR, na cidade de Maceió-AL (1999 – 2008).

Fonte: Adaptado de TORRES, 2006.

Torres (2006) relatou que a produção dos projetos desses empreendimentos em Maceió é ainda baseada em manuais técnicos de engenharia de estados como Santa Catarina e Paraná, devido à ausência de manual específico para Alagoas. A falta de instrumentos reguladores para a produção desses empreendimentos contribuiu para a constatação da baixa qualidade construtiva desses conjuntos habitacionais, pois a ausência de adequação ao clima local frequentemente tem implicado desconforto térmico e alto consumo energético para os seus usuários, devido ao uso crescente de dispositivos artificiais de climatização.

Os conjuntos residenciais – PAR em Maceió preservam a característica padronização de seus modelos arquitetônicos; poucos são os casos que apresentam alguma diferenciação no projeto, como pode ser observado no apêndice B.

Via de regra, os conjuntos habitacionais verticais PAR são projetados com quatro pavimentos, sendo um o térreo; possuem calçadas em todo o perímetro da edificação, as unidades possuem área mínima de 37m², dois quartos, sala, cozinha e banheiro, devendo apresentar piso cerâmico ou ardósia; azulejo nas paredes molhadas de boxe; pia; lavatório e tanque; vãos de porta com folha em todos os cômodos; revestimento e pintura interna e externa; telha cerâmica; laje de teto nos banheiros e forro de PVC nos demais cômodos do último pavimento (CAIXA, 2009).

A tipologia construtiva dos edifícios verticais do programa PAR serviu de base aos estudos do presente trabalho, por ser de origem recente e possuir uma produção e ocupação bastante expressiva, capaz de levantar informações consistentes para uma diversidade de análise.

2.2 LEVANTAMENTO DOCUMENTAL

Foi realizado o levantamento dos empreendimentos PAR construídos entre os anos de 2005 a 2008, de tipologia de edifícios verticais residenciais de interesse social da cidade de Maceió, complementando o levantamento já realizado por Torres (2006) até 2004. Com isso, foi elaborado um mapeamento e a catalogação em fichas descritivas desses conjuntos, visando à identificação das características de construção e de um arranjo construtivo mais recorrente, conforme pode ser observado no apêndice B.

A pesquisa documental foi desenvolvida nos arquivos dos empreendimentos de Maceió financiados pela Caixa Econômica Federal – CAIXA, na Gerência de Desenvolvimento Urbano em Maceió – GIDUR/ME.

2.3 PESQUISA DE CAMPO E ELABORAÇÃO DO MODELO TÍPICO

De posse do mapeamento da produção dos conjuntos habitacionais em Maceió, foram realizadas pesquisas de campo objetivando o registro fotográfico para caracterização e definição do arranjo construtivo típico a ser analisado.

Através dos dados coletados, elaborou-se um modelo de arranjo construtivo típico e de planta da unidade habitacional que serviu para a realização de simulações computacionais, seguindo os procedimentos que serão descritos no item 2.4 do presente capítulo.

Para a elaboração do modelo mais recorrente de empreendimento vertical PAR, foram analisadas as seguintes características: tipologia do terreno; orientação das aberturas dos ambientes de convivência prolongada; número de blocos do arranjo construtivo; número de apartamentos por andar; dimensão dos recuos; número de edifícios agrupados; e tipologia da planta do edifício.

Assim, dentro dos aspectos destacados e de maior recorrência no universo analisado, a tipologia do arranjo construtivo típica estudada resultou em um modelo com as seguintes características: **terreno com tipologia de formato quadrangular, aproximando-se de um formato quadrangular; aberturas principais voltadas para a orientação sudeste / noroeste e menores que 25% da área de piso de cada ambiente; conjunto residencial com 16 blocos de edifícios; cada edifício com 4 pavimentos; planta com 4 apartamentos por andar; recuos laterais de 6 metros; agrupamento com 6 edifícios e com tipologia de planta do edifício em formato “H”, conforme pode ser observado na figura 17.**

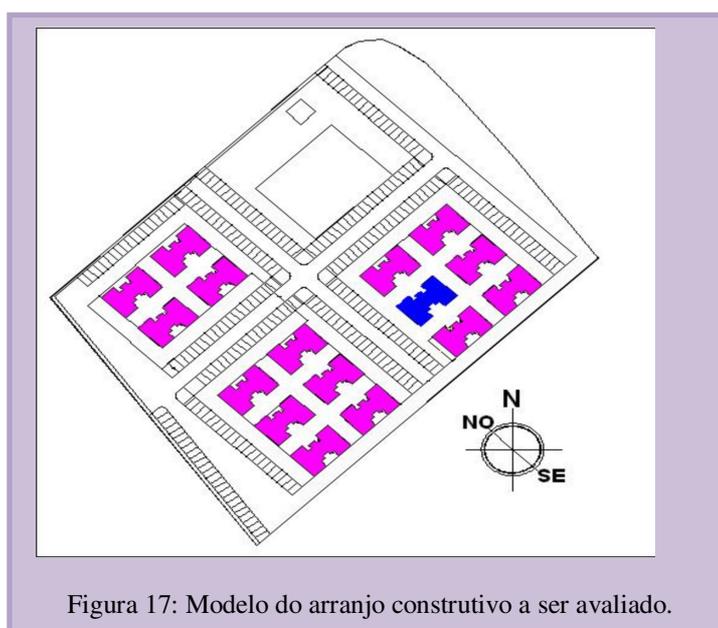


Figura 17: Modelo do arranjo construtivo a ser avaliado.

Cada modelo de apartamento que foi simulado possui **área interna total de 38m²**, dividida em **2 quartos, sala, cozinha e banheiro, com pé-direito de 2,55m**, conforme a tipologia típica desses empreendimentos, aberturas de 1,20x1,40; exceto área de serviço (1,20x1,20) e BWC (0,60x0,80), conforme mostram as figuras 18 e 19.

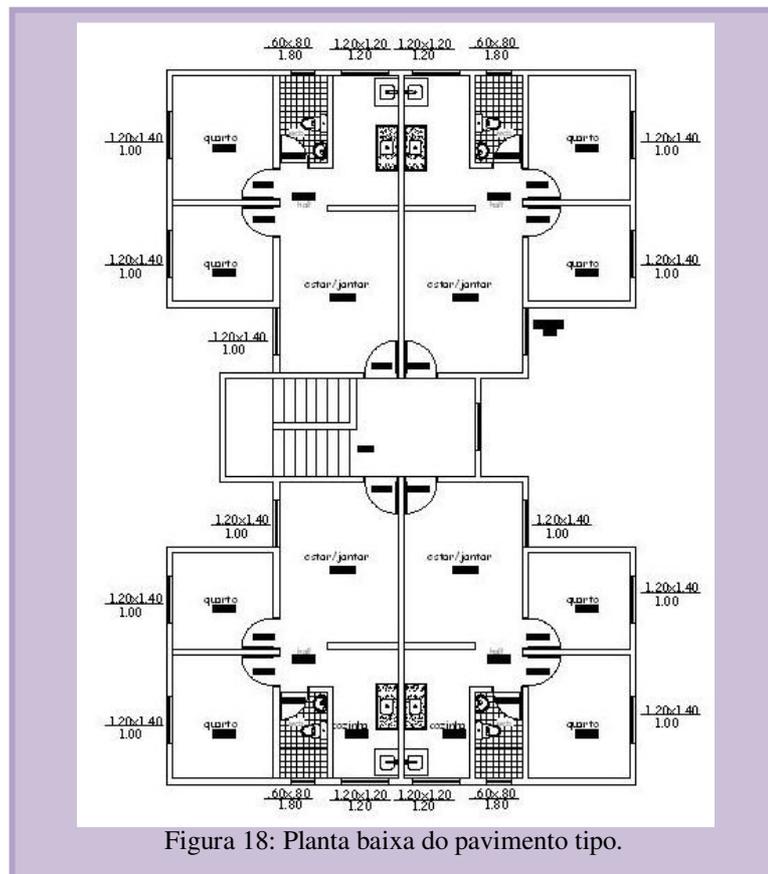


Figura 18: Planta baixa do pavimento tipo.

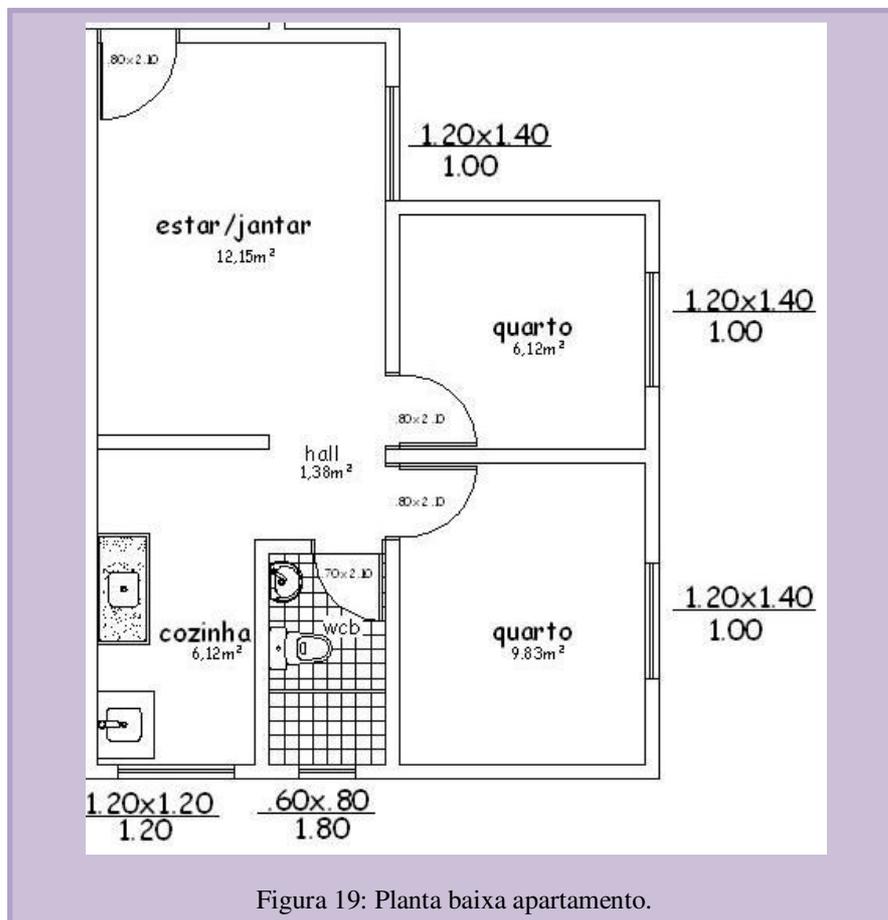


Figura 19: Planta baixa apartamento.

2.4 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A partir do modelo de arranjo construtivo típico, foram realizadas simulações computacionais com a finalidade de analisar o desempenho térmico e energético da tipologia estudada e das demais alternativas propostas (utilização de protetor solar, ausência de entorno e alteração de absorvância). As simulações foram desenvolvidas com o programa *EnergyPlus* versão 4.0 (Energyplus, 2009), de disponibilidade gratuita e que simula o desempenho termo – energético em edificações existentes ou em fase de projeto.

O *EnergyPlus* (Energyplus, 2009) foi desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory*, e dispõe de ferramentas que possibilitam estimar trocas e ganhos térmicos, consumo energético, iluminação e dimensionamento de sistemas de condicionamento de ar para aquecimento e resfriamento de edifício. É constituído de um conjunto de módulos que possibilita o cálculo da energia da carga térmica necessária para aquecer ou resfriar um ambiente, baseado na simulação do edifício com seus sistemas de energia e condição ambiental e operacional atuante (DOE, 2009).

Para as simulações que o *Energyplus* oferece, o programa dispõe de quatro tipos de modelos de cálculo de trocas térmicas: o *Conduction Transfer Functions* e o *Conduction Finite Difference*, que consideram apenas o calor sensível; o *Moisture Penetration Depth Conduction Transfer Function* e o *Combined Heat And Moisture Finite Element*, que consideram o calor sensível e o latente. Estes dois últimos algoritmos demandam informações muito detalhadas sobre os componentes da envoltória, não acessíveis para o presente trabalho, como: difusividade de vapor, coeficiente de gradiente térmico para capacidade de umidade e capacidade de umidade isotérmica, dentre outras. Sendo assim, utilizou-se o módulo *Conduction Transfer Functions* para este trabalho.

Para o desenvolvimento de simulações com o referido programa, são necessários dados de entrada que podem ser inseridos através de variáveis provenientes de medições no ambiente analisado, como também através de bases de dados climáticos. No presente trabalho foi utilizado o arquivo climático TRY da cidade de Maceió¹³.

Para analisar o efeito de possíveis sombreamentos produzidos pelos edifícios do entorno sobre o modelo de referência, ao longo do dia, como também para a modelagem do arranjo construtivo, foi utilizado o programa computacional *Sketchup* (SKETCHUP, 2009). Trata-se de um programa gratuito de modelagem em 2D e 3D. Este programa oferece algumas extensões que fornecem recursos adicionais, dentre as quais serão utilizadas a ferramenta *Sun tools*, para análise da insolação e sombreamento entre os edifícios, e o *Open Studio*, para a modelagem e caracterização necessária à simulação do desempenho termoenergético no *EnergyPlus*.

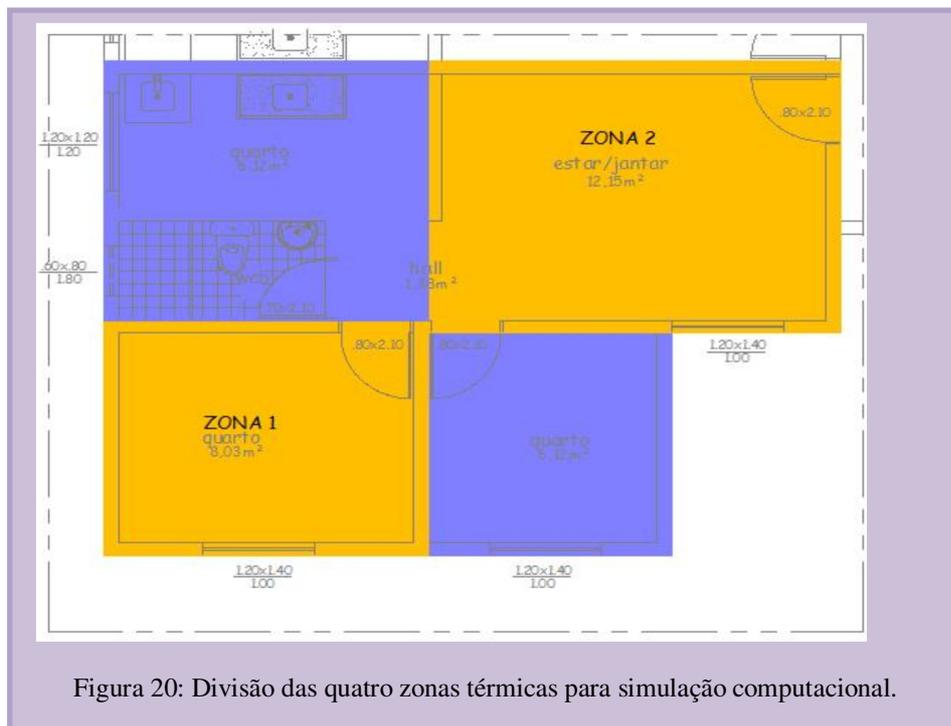
A fim de analisar a porcentagem de horas de conforto e desconforto, foram inseridos os valores de temperatura média e umidade relativa interna para os dois dias típicos analisados e taxas de infiltração consideradas; no programa computacional *Analysis Bio* (LabEEE, 2010), a partir dos parâmetros estabelecidos na carta bioclimática de Givoni.

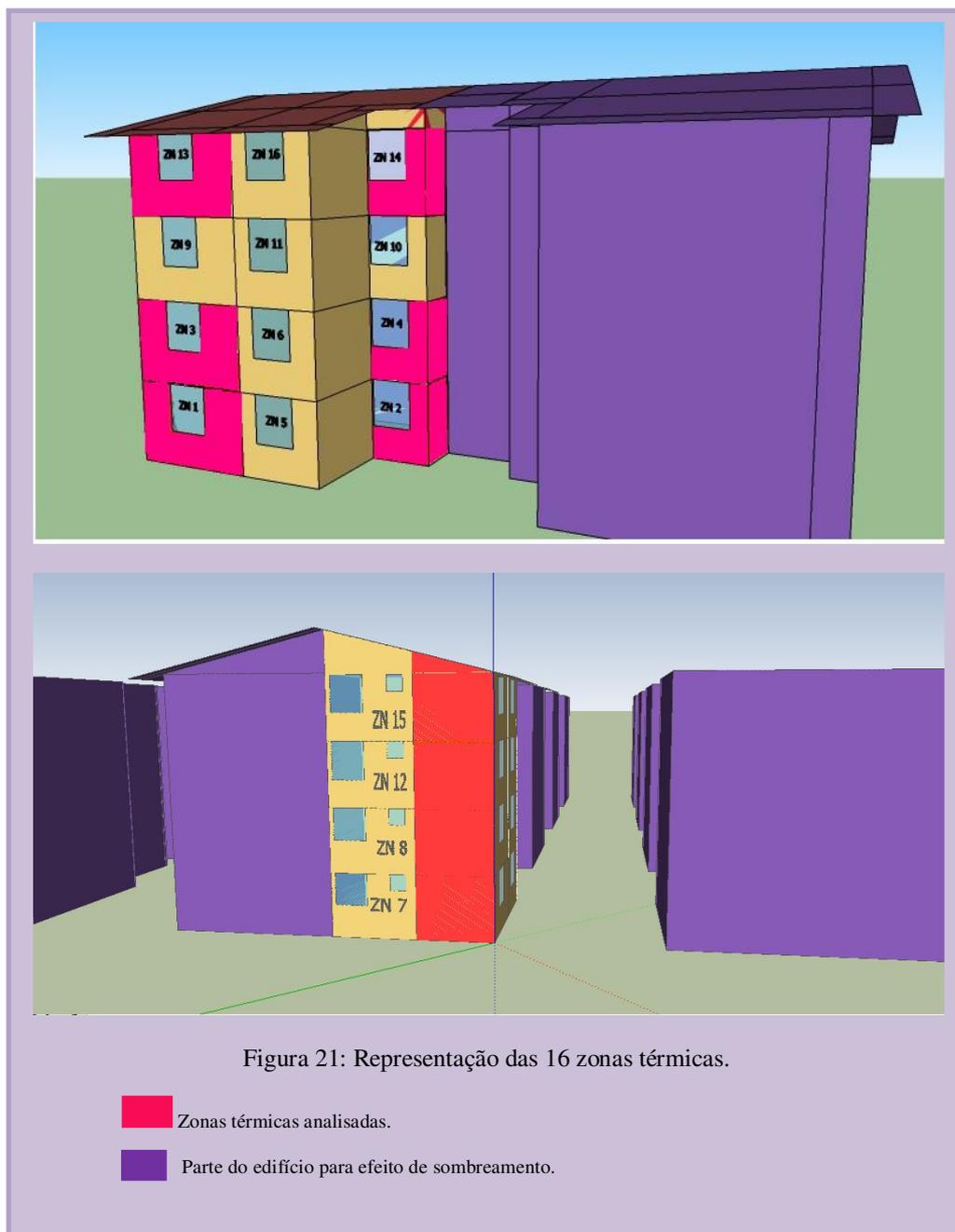
Para o dimensionamento de dispositivos de proteção solar foi utilizado o programa gráfico *Analysis SOL-AR* (LabEEE, 2009), que permite a obtenção da carta solar e máscaras de sombras para a cidade e latitude especificadas.

O modelo de referência para as avaliações paramétricas consistiu de 4 zonas térmicas por pavimento, representando os seguintes ambientes: quarto de casal; quarto de solteiro; sala; cozinha e banheiro (figura 20), totalizando 16 zonas térmicas, sendo as zonas 1, 3 e 13 a

¹³ Base de dados climáticos com informações para as 8.760 horas de um ano típico de uma localidade, disponível no *site* do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABEE, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSCAR (LABEE, 2009).

representação do quarto de casal; e as zonas 2, 4 e 14 a representação da sala, como indicado na figura 21.





Das quatro terminações que formam o volume do edifício (figura 22), foram simulados todos os recintos das unidades habitacionais de uma destas terminações, para que se pudessem considerar todas as trocas térmicas entre os ambientes, ou seja, as interferências entre elas. Porém, para o presente trabalho, serão avaliados os dados de saída dos ambientes quarto de casal e sala, conforme determina a NBR 15575: 2008 (ABNT, 2008). As três

terminações restantes do edifício, assim como todo o entorno imediato, foram modeladas de forma a considerar apenas o sombreamento que estes podem causar às zonas analisadas, desprezando-se as propriedades de suas superfícies de transferência de calor.

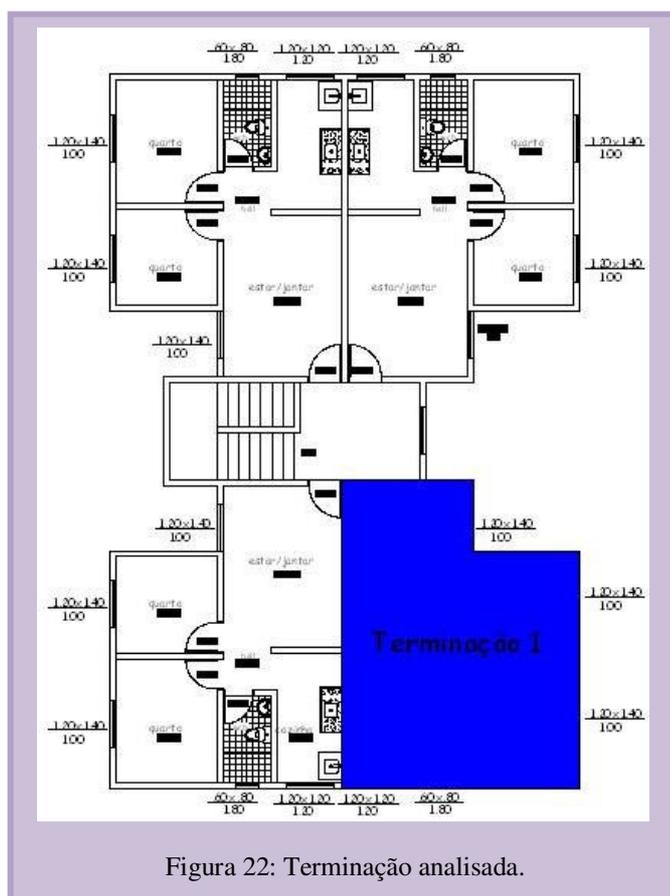


Figura 22: Terminação analisada.

Desta forma, as avaliações foram realizadas com base nos quartos de casal e salas, considerando os pavimentos térreo, 1º andar e 4º andar. Foram escolhidos três pavimentos para as análises com o objetivo de se observar o desempenho térmico dos ambientes, sob a incidência de radiação em um nível mais baixo (que recebe maior sombreamento do entorno), um patamar intermediário e uma situação mais extrema (com maior exposição solar pela cobertura).

2.5 PARÂMETROS DE ENTRADA

Para as simulações computacionais realizadas, foram considerados os seguintes parâmetros:

2.5.1 Caracterização dos materiais das superfícies

Para a inserção dos materiais que constituem as superfícies do modelo de referência analisado, foram seguidas as especificações técnicas dos empreendimentos PAR (anexo A). As propriedades térmicas foram obtidas através da norma ABNT 15220 (ABNT, 2005), com exceção da alvenaria de bloco cerâmico, cujas propriedades foram baseadas em Ordenes et al. (2003). Como pode ser observado no quadro 3.

Material	Condutividade de térmica [W/m.K]	Densidade [Kg/m ³]	Calor Específico [J/Kg.K]	Absortância
Argamassa externa com textura Suvinil na cor Amarelo Antigo.	1.15	1800	1000	0.63
Argamassa interna 1,5cm com pintura Suvinil PVA látex na cor Branco gelo.	1.15	1800	1000	Térmica:0.26; Solar: 0.91; Visível:0.26.
Argamassa de assentamento 1,5cm.	1.15	2000	1000	0.7
Concreto armado esp.: 9cm.	1.75	2300	1000	0.7
Bloco cerâmico 2 furos com argamassa, esp.: 14cm	0.90	3732	920	0.7
Piso cerâmico	0.90	1600	920	0.9
Forro em PVC branco.	0.2	1300	960	0.20
Portas internas em Madeira compensada na cor grafite.	0.14	600	2300	0.7
Telha de barro tipo colonial, cor Terracota.	0.70	1000	920	Térmica:0.569 Solar: 0.957; Visível:0.699
Vidro liso, esp.: 3mm – Transmitância solar: 0.84				
Vidro translúcido, esp.: 4mm – Transmitância solar: 0.89				
Câmara de ar com alta emissividade, esp.: 2cm – fluxo horizontal – Resistência térmica: 0.16 m ² K/W				

Quadro 3: Propriedades dos materiais utilizados na simulação computacional..

Fonte: adaptado da ABNT (2005); Ordenes et al (2003)

As paredes externas são constituídas de blocos cerâmicos de dois furos, com 14cm de espessura, assentados em argamassa de 1,5cm e com argamassa de acabamento de 2cm e revestimento externo de textura, considerada na cor branca (cor predominante nos empreendimentos), adotando-se a absorvância fornecida em Dornelles (2008). As lajes são de concreto armado de 9cm, com argamassa de acabamento de 2cm, possuindo no último pavimento, forro de PVC branco. A cobertura é constituída por telha de barro tipo colonial. Foram adotados os valores de absorvância para as paredes externas e cobertura obtidos em Dornelles (2008). Para os acabamentos rugosos, como texturas, foram consideradas apenas as absorvâncias totais.

O *Energyplus* (Energyplus, 2009) dispõe de um banco de dados de vários materiais com suas respectivas propriedades, necessárias para a simulação no programa. Desta forma, as propriedades térmicas dos vidros utilizados nas simulações foram retiradas dessa base de dados. Foi considerado para as janelas do pavimento térreo e banheiro, o vidro translúcido tipo canelado com 4mm, e para os demais pavimentos o vidro liso comum com 3mm.

2.5.2 Taxas de infiltração do ar

Foram consideradas diferentes taxas de infiltração: a estabelecida pela NBR 15575 (ABNT, 2008), de 1 ren/h; e taxas de fluxo de ar calculadas a partir das médias mensais da velocidade do vento da cidade de Maceió (para os horários de 9h, 15h e 21h), corrigidas de acordo com a altura em que se encontram pontos das aberturas das fachadas do térreo (1,5m), pavimento intermediário (3,90m) e quarto pavimento (8,70m), em relação ao solo, e ainda considerando-se o período de verão e inverno. Para isto foram utilizadas as seguintes equações, adaptadas por Bittencourt e Candido (2005):

a) **Velocidade corrigida do ar** (ver Equação 2):

Equação 2

$$\frac{V}{V_m} = k \cdot z^a$$

Onde:

V = velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar (m/s).

V_m = velocidade média do vento na estação meteorológica medida a 10m do solo(m/s).

z = altura da abertura (m).

k, a = coeficientes de acordo com a rugosidade do terreno. Área urbana $k: 0,35; a: 0,25$.

b) **Taxa de fluxo de ar** (Equação 3):

Equação 3

$$Q = \left[\frac{(C_{p1} - C_{pn} + 1)V_z^2}{\frac{1}{C_{d1}^2 A_1^2} + \frac{1}{C_{d2}^2 A_2^2} + \dots + \frac{1}{C_{dn}^2 A_n^2}} \right]^{0.5}$$

Onde:

Q = Taxa de fluxo de ar.

C_{p1} = Coeficiente de pressão na abertura de entrada .

$C_{pn} + 1$ = Coeficiente de pressão na abertura de saída .

V_z = Velocidade de referência do vento ao nível da cobertura (m/s)

C_{d1} = Coeficiente de descarga na entrada .

A_1 = Área de entrada (m²).

C_{d2} = Coeficiente de descarga para aberturas internas.

A_2 = Área de abertura interna (m²).

C_{dn} = Coeficiente de descarga na saída.

A_n = Área de saída(m²).

Desta forma, foram obtidas as seguintes taxas de infiltração de ar (Quadro 4):

Quarto de casal - verão			
Horário	Térreo – Zona 1	Pav. Intermediário- Zona 3	4º pavimento – Zona 13
09:00	0,11 m ³ /s	0,14 m ³ /s	0,17 m ³ /s
15:00	0,20 m ³ /s	0,25 m ³ /s	0,31 m ³ /s
21:00	0,31 m ³ /s	0,39 m ³ /s	0,48m ³ /s
Quarto de casal - inverno			
Horário	Térreo – Zona 1	Pav. Intermediário- Zona 3	4º pavimento - Zona 13
09:00	0,07 m ³ /s	0,10 m ³ /s	0,12 m ³ /s
15:00	0,17 m ³ /s	0,21 m ³ /s	0,26 m ³ /s
21:00	0,23 m ³ /s	0,31 m ³ /s	0,38 m ³ /s
Sala - verão			
Horário	Térreo – Zona 2	Pav. Intermediário- Zona 4	4º pavimento - Zona 14
09:00	0,10 m ³ /s	0,12 m ³ /s	0,15 m ³ /s
15:00	0,18 m ³ /s	0,23 m ³ /s	0,29 m ³ /s
21:00	0,28 m ³ /s	0,35 m ³ /s	0,43 m ³ /s
Sala - inverno			
Horário	Térreo – Zona 2	Pav. Intermediário- Zona 4	4º pavimento - Zona 14
09:00	0,07 m ³ /s	0,09 m ³ /s	0,11 m ³ /s
15:00	0,15 m ³ /s	0,19 m ³ /s	0,24 m ³ /s
21:00	0,22 m ³ /s	0,28 m ³ /s	0,34 m ³ /s

Quadro 4: Taxas de infiltração de ar horária.

As médias mensais da velocidade do vento da cidade de Maceió foram extraídas a partir de uma série histórica de dez anos (1997 – 2007), para os horários das 9h, 15h e 21h, monitoradas pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) através de estação meteorológica convencional. Tais dados foram analisados em Passos (2009).

2.5.3 Padrão de ocupação e uso

A fim de considerar nas simulações ganhos internos de calor foram definidos padrões de ocupação e uso em cada zona térmica. Em relação aos usuários, foi considerada a seguinte ocupação por apartamento: uma família com 4 membros (1 casal e 2 filhos). Durante o dia considerou-se que apenas 1 adulto permanecerá em casa, os dois filhos ficarão em casa apenas no período da tarde, e à noite toda a família permanecerá na residência. As zonas térmicas que compõem os quartos serão ocupadas por 2 pessoas; a zona térmica da sala será utilizada pelas

4 pessoas; e cozinha e WCB, que foram englobadas em uma única zona, também pelos 4 membros da família.

Com base no padrão de ocupação para a iluminação nos dormitórios, cozinha e sala, foi considerado o horário das 18 horas às 22 horas. O sistema de iluminação artificial foi definido a partir de dados do relatório de pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso: classe residencial (ELETROBRAS / PROCEL, 2007), a qual divide o consumo de energia elétrica mensal por domicílio em três faixas (1ª faixa: 0 – 200kwh/mês; 2ª faixa: 201 – 300kwh/mês; 3ª faixa: > 300kwh/mês), e de acordo com informações quanto ao tipo de domicílio, área construída e número de moradores por unidade habitacional, verifica-se que os apartamentos dos empreendimentos do PAR enquadram-se na faixa de consumo de até 200kWh/mês. Sendo assim, neste mesmo relatório, observa-se que para a região Nordeste há uma grande utilização de lâmpadas fluorescentes compactas maior ou igual a 15W de potência por ambiente. Desta forma, estabeleceu-se a utilização de lâmpadas compactas de 15W para os quartos e de 23W para as demais zonas. Utilizaram-se de dados de fração visível (0.18), fração radiante (0.42) e fração de ar de retorno (0.0), a partir da tabela contida no *Input Output Reference*, disponível no programa *Energy Plus* (Energyplus, 2009), considerando um sistema de iluminação fluorescente e luminárias suspensas.

Para efeito de consideração das cargas térmicas com equipamentos, foi levada em conta a utilização de uma TV em cores de 29” (potência média 110W) na sala, utilizada durante todo o período de ocupação deste ambiente, e uma TV em cores de 20” (potência média 90W), utilizada nas primeiras horas de ocupação no período noturno para os quartos.

2.5.4 Atividade

Adotou-se para o nível de atividade diária do ocupante o valor de 126W por pessoa, considerando a condição deste em pé ou relaxado (ASHRAE, 2004).

2.5.5 Temperatura do solo

Pesquisas indicam que a utilização dos valores de temperatura do solo estabelecidos pelo *EnergyPlus* (Energyplus, 2009), de 18°C, considerada baixa para os padrões tropicais, pode influenciar de forma bastante significativa nos resultados finais das simulações (PEREIRA; GHISI, 2009a, PEREIRA; GHISI, 2009b), pois não traduz corretamente as trocas de calor entre a edificação e o solo.

PEZZOPANE (2007) sugere que, na ausência de dados para determinar a temperatura mensal de um solo, utilizem-se estimativas por meio da relação da temperatura do solo com a temperatura do ar.

PEREIRA (2009), em simulações com o *Energyplus*, indica o uso do programa Slab, que calcula a temperatura média do solo com base nos valores médios de temperaturas internas e externas da edificação, para o clima especificado.

Desta forma, de modo a considerar um valor significativo de temperatura do solo, substituiu-se o valor padrão pelas médias mensais da temperatura do ar da região de Maceió:

Tabela 2: Médias mensais da temperatura do ar da cidade de Maceió - AL.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
25.9°C	25.9°C	25.5°C	24.7°C	23.9°C	22.8°C	22.2°C	22.3°C	22.8°C	24.2°C	24.9°C	25.4°C

2.6 CONDIÇÕES VARIÁVEIS

As simulações termoenergéticas foram iniciadas a partir do modelo de referência, sendo em seguida realizadas novas simulações variando os parâmetros: proteção solar, arranjo construtivo (entorno) e absorvância das paredes externas. Tais variações foram realizadas uma a uma isoladamente, de maneira a confrontar os resultados obtidos com os do modelo de referência e de forma a identificar a influência de cada uma delas nos resultados do desempenho termoenergético da edificação simulada.

2.6.1 Dispositivo de proteção solar

Seguindo o padrão construtivo típico do PAR, o edifício de referência possui apenas o beiral da cobertura de 80 cm nas janelas do 4º pavimento, exercendo pouca influência na proteção solar das janelas dos andares mais baixos. Desta forma, foram dimensionados protetores solares para as janelas da fachada sudeste, pois a partir do levantamento documental constatou-se que na orientação SE/NO encontra-se a maioria das aberturas nesses edifícios.

Quanto ao uso de protetor solar, foi considerada a utilização de protetores mistos de ângulo vertical frontal de 26° e ângulo horizontal de 37°, protegendo do sol a partir das 9h30 da manhã no período de verão e durante todas as horas do dia no período de inverno, conforme figura 23.

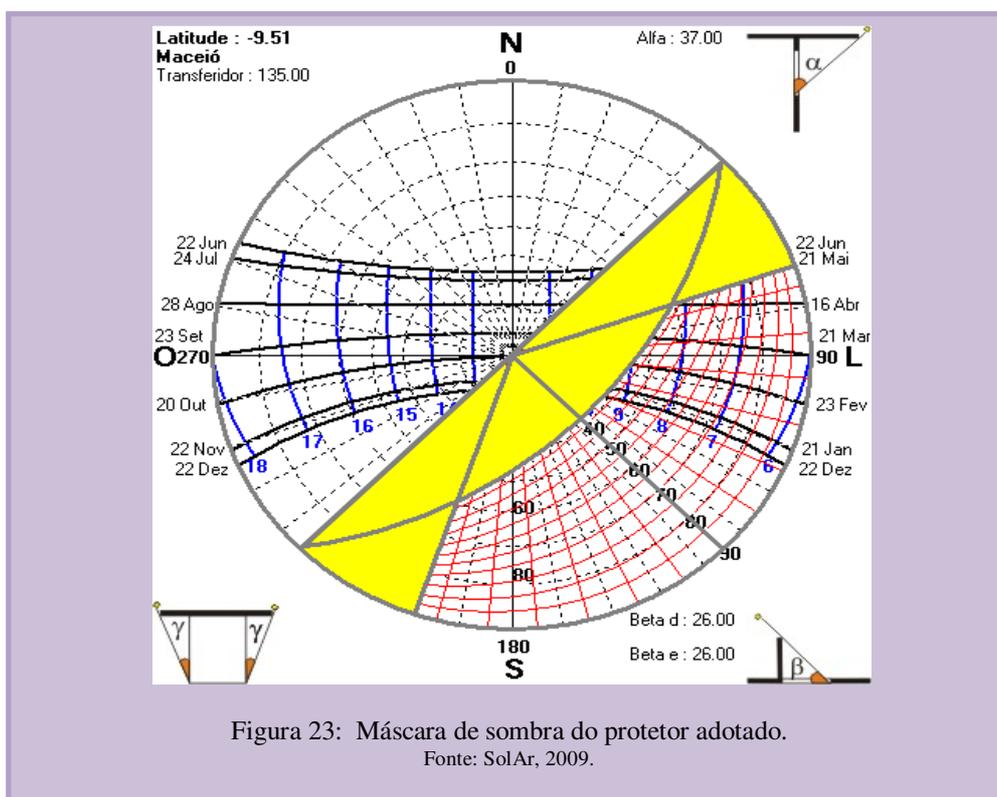


Figura 23: Máscara de sombra do protetor adotado.
Fonte: SolAr, 2009.

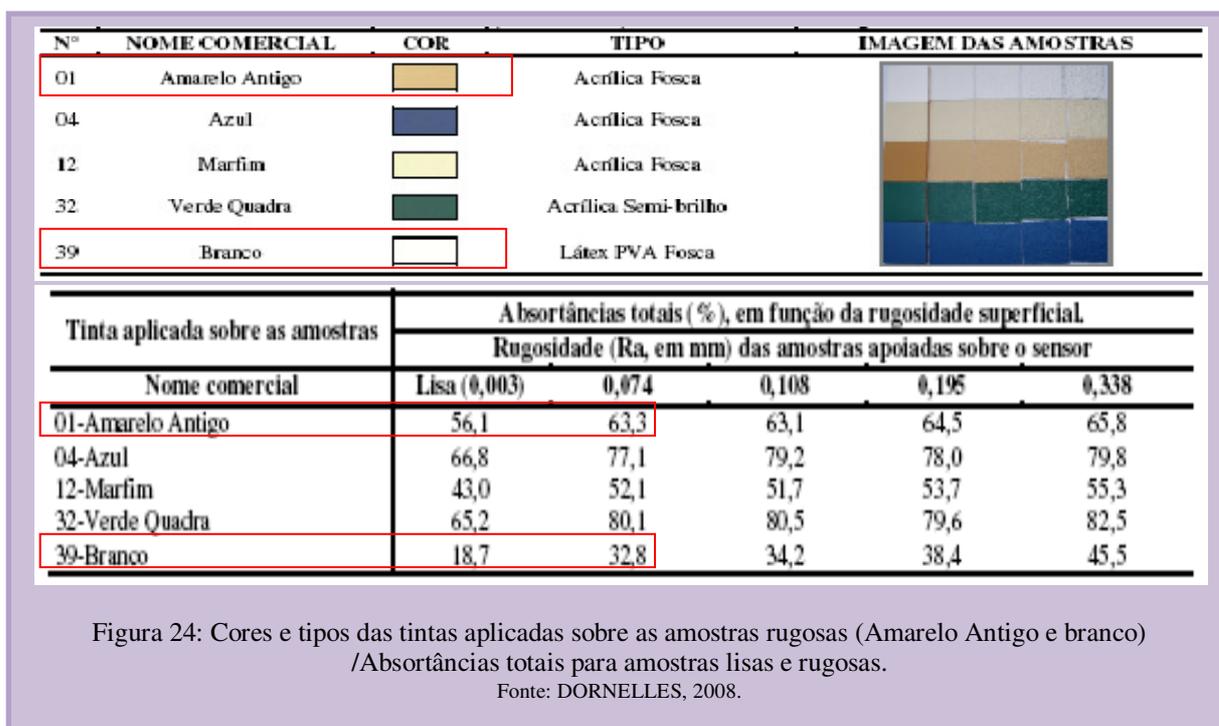
2.6.2 Arranjo construtivo

Pelo modelo de referência observou-se que os edifícios do entorno possuem recuos de 6,0m de largura, o que pode ocasionar sombras entre estes. Desta forma, foi realizada simulação desconsiderando a presença desse entorno, de maneira a avaliar sua influência no desempenho térmico (na 1ª etapa), e no desempenho energético (na 2ª etapa) do modelo.

2.6.3 Absortâncias dos materiais

Para efeito de análise da influência do valor da absorvância no ganho térmico do interior das zonas analisadas, considerou-se a substituição da textura de cor branca (absortância de 0,328, conforme DORNELLES, 2008) das fachadas do modelo de referência. Com isso, em uma outra situação foi considerada a textura na cor Amarelo Antigo, que apresenta absorvância de 0,633 (DORNELLES, 2008). Vale ressaltar que para se aproximar ao

que é estabelecido nas especificações dos edifícios PAR, cujas fachadas são revestidas com texturas, foi utilizado valor de absorvância medido em superfícies de rugosidade média de 0,074mm, conforme figura 24:



2.6.4 Ar condicionado:

Foi considerada para a 2ª etapa de simulação a utilização de um sistema de condicionamento de ar composto de um ar-condicionado de janela, dimensionado pelo *Energyplus* (Energyplus, 2009) de acordo com a área dos ambientes que representam os quartos (zonas 1, 3 e 13), cujo funcionamento foi programado para manter uma temperatura entre 18° e 24° C, no período de ocupação das 22h às 7h.

Optou-se pela utilização de um ar-condicionado de janela por ser, segundo Leão Junior (2008), o aparelho mais utilizado nos edifícios residenciais de Maceió. Escolheu-se um equipamento com selo de eficiência A, etiquetado pelo INMETRO de acordo com o Programa

Brasileiro de etiquetagem, tendo um COP (*Coefficient of performance*)¹⁴ para resfriamento de 3,02 W/W.

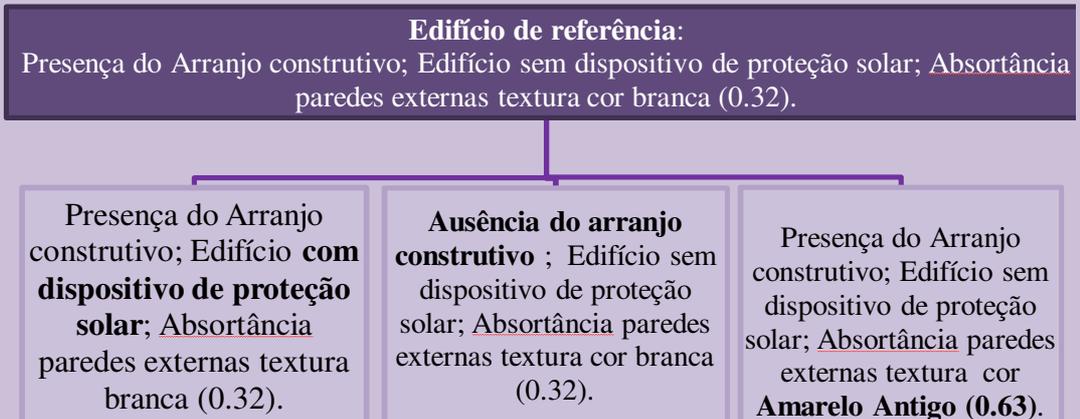
O *EnergyPlus* calculou a carga térmica de resfriamento, como também o consumo energético necessário, para que fossem mantidas as temperaturas configuradas.

Sendo assim, na 2ª etapa de simulação foi considerada a presença do ar-condicionado nas zonas térmicas que representam os quartos (1, 3 e 13) para todas as simulações, variando os parâmetros já mencionados, de modo a comparar o consumo energético entre o edifício de referência e as demais situações.

Desta forma, o presente trabalho adotou os seguintes esquemas de simulação, em duas etapas, detalhados na figura 25.

¹⁴ COP é a eficiência energética do equipamento de ar condicionado.

1ª etapa:



2ª etapa:

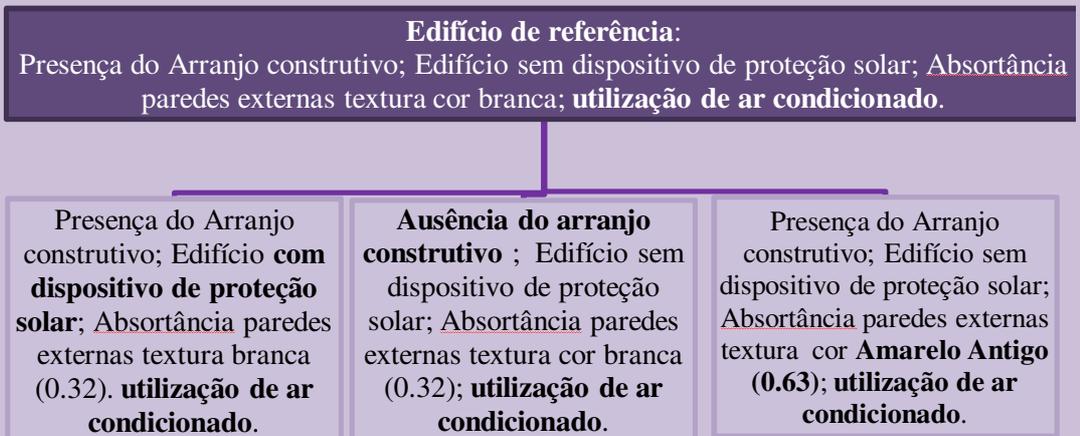


Figura 25: Esquema das simulações computacionais realizadas - 1ª e 2ª etapa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e análises desenvolvidas a partir da aplicação das etapas metodológicas descritas no capítulo anterior. Inicialmente são avaliados os efeitos do sombreamento causados pelo entorno (edifícios vizinhos que compõem o arranjo construtivo), sobre o edifício analisado, em quatro diferentes horas do dia para um dia típico de verão e um dia típico de inverno, com o auxílio do programa *Sketchup* (SKETCHUP, 2009). Em seguida são apresentados os resultados e análises comparativas resultantes das simulações termoenergéticas através do programa *Energyplus* (ENERGYPLUS, 2009), com o modelo de referência e variação de parâmetros.

A figura 26 mostra a localização das diversas zonas simuladas do modelo de referência, de maneira a facilitar a visualização de cada zona térmica citada na presente análise.

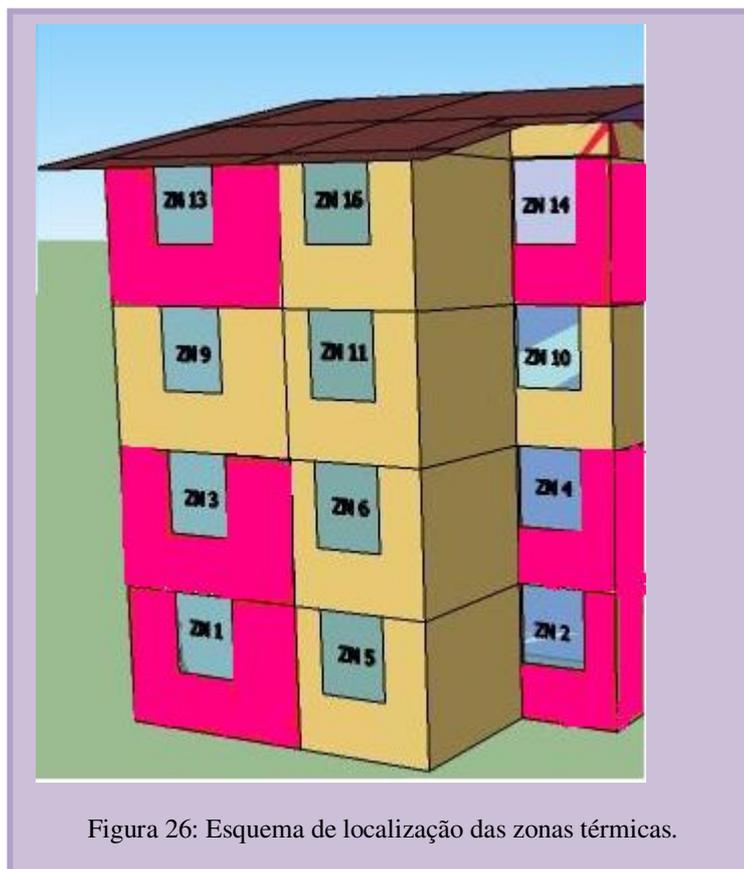


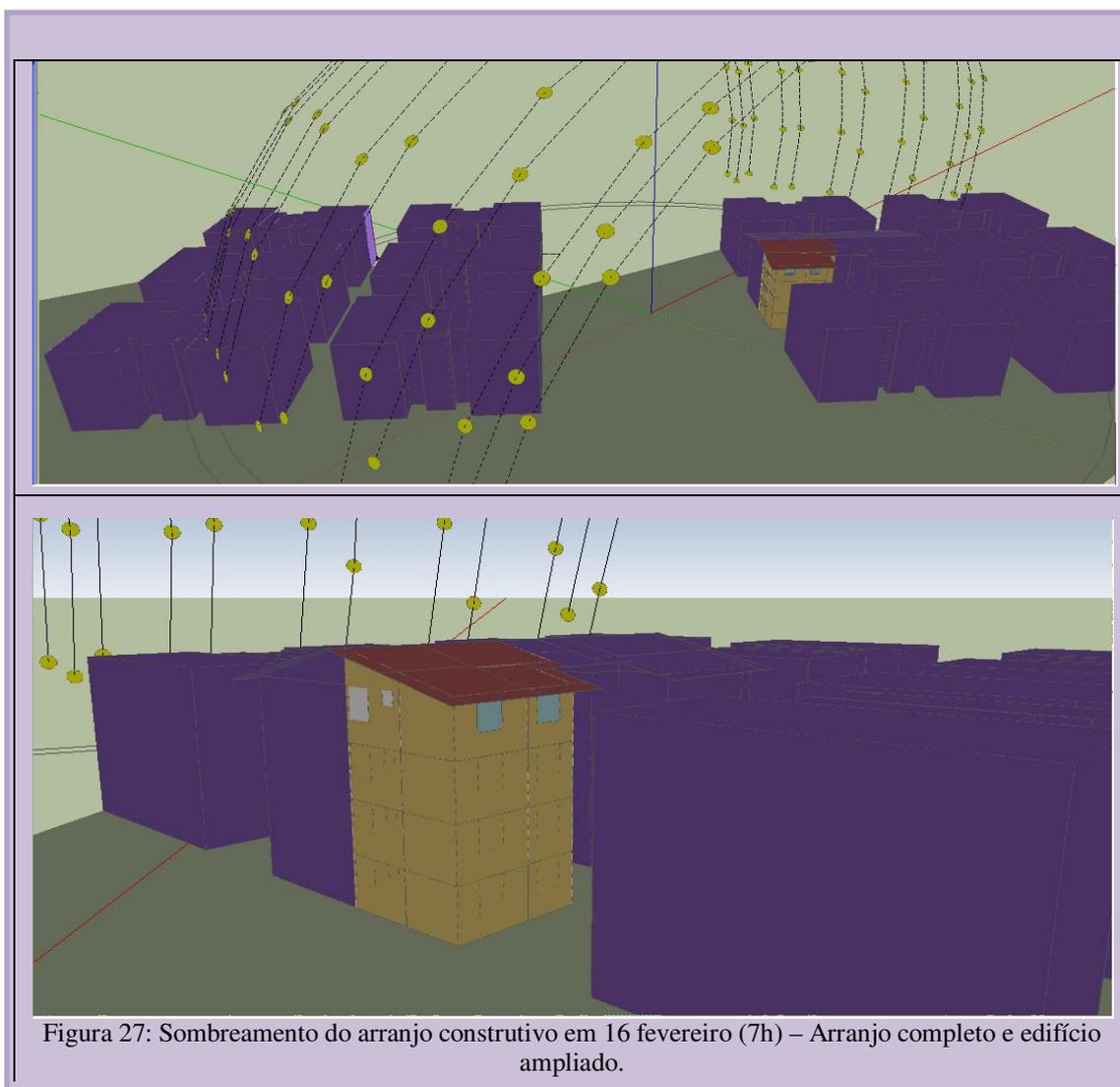
Figura 26: Esquema de localização das zonas térmicas.

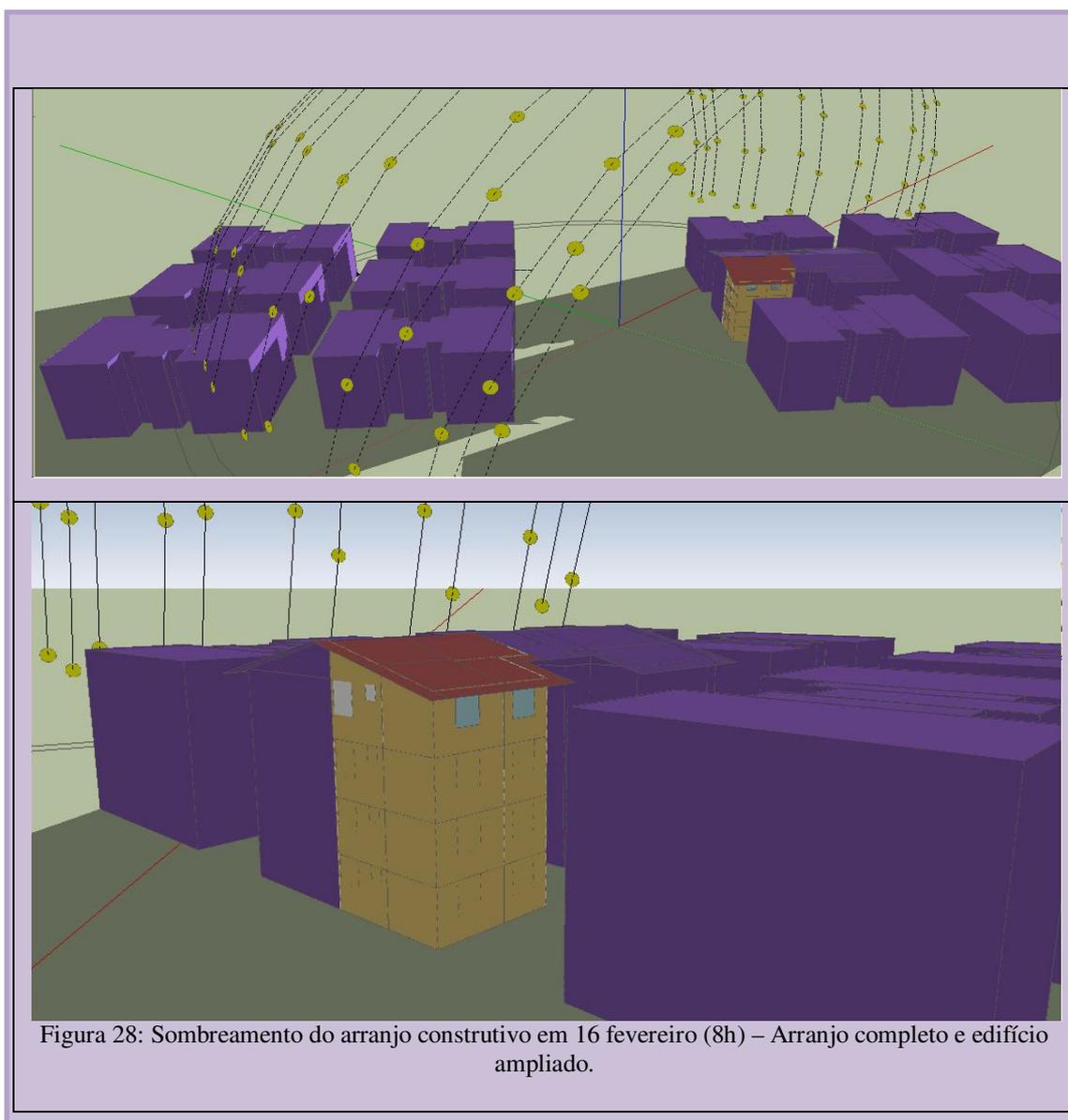
3.1 SOMBREAMENTO DO ARRANJO CONSTRUTIVO

Através da avaliação do sombreamento entre os edifícios que compõem o arranjo construtivo do modelo de referência, para os dois dias típicos definidos na metodologia, pôde-se observar que a orientação sudeste/noroeste, associada à configuração do arranjo, contribuiu para o sombreamento do edifício nos dois dias típicos analisados no presente trabalho.

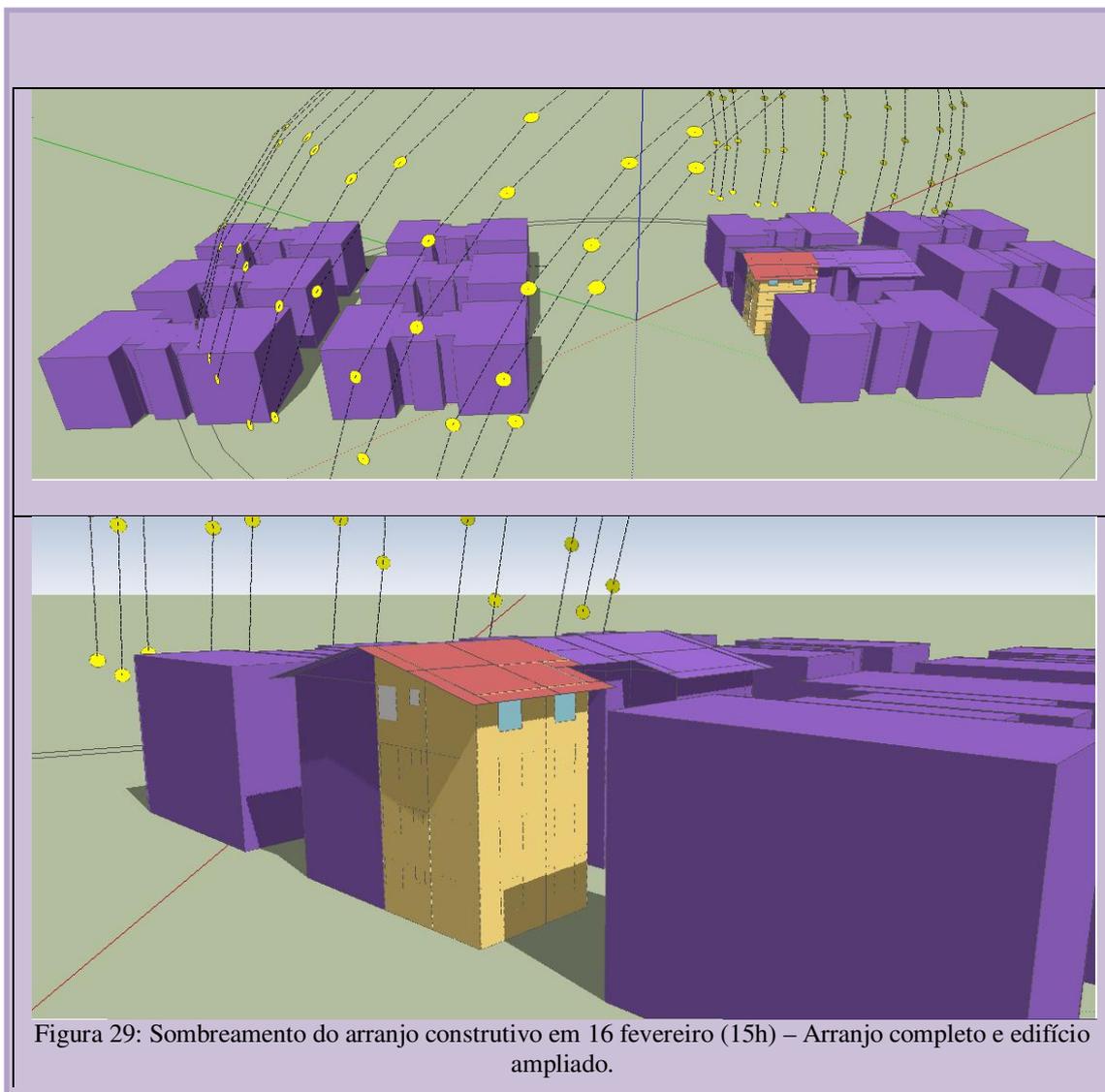
3.1.1 Dia típico de verão

Observou-se que nas primeiras horas da manhã o edifício de referência recebeu sombreamento promovido pelos edifícios que formam o entorno à direita, como pode ser verificado nas figuras 27 e 28.

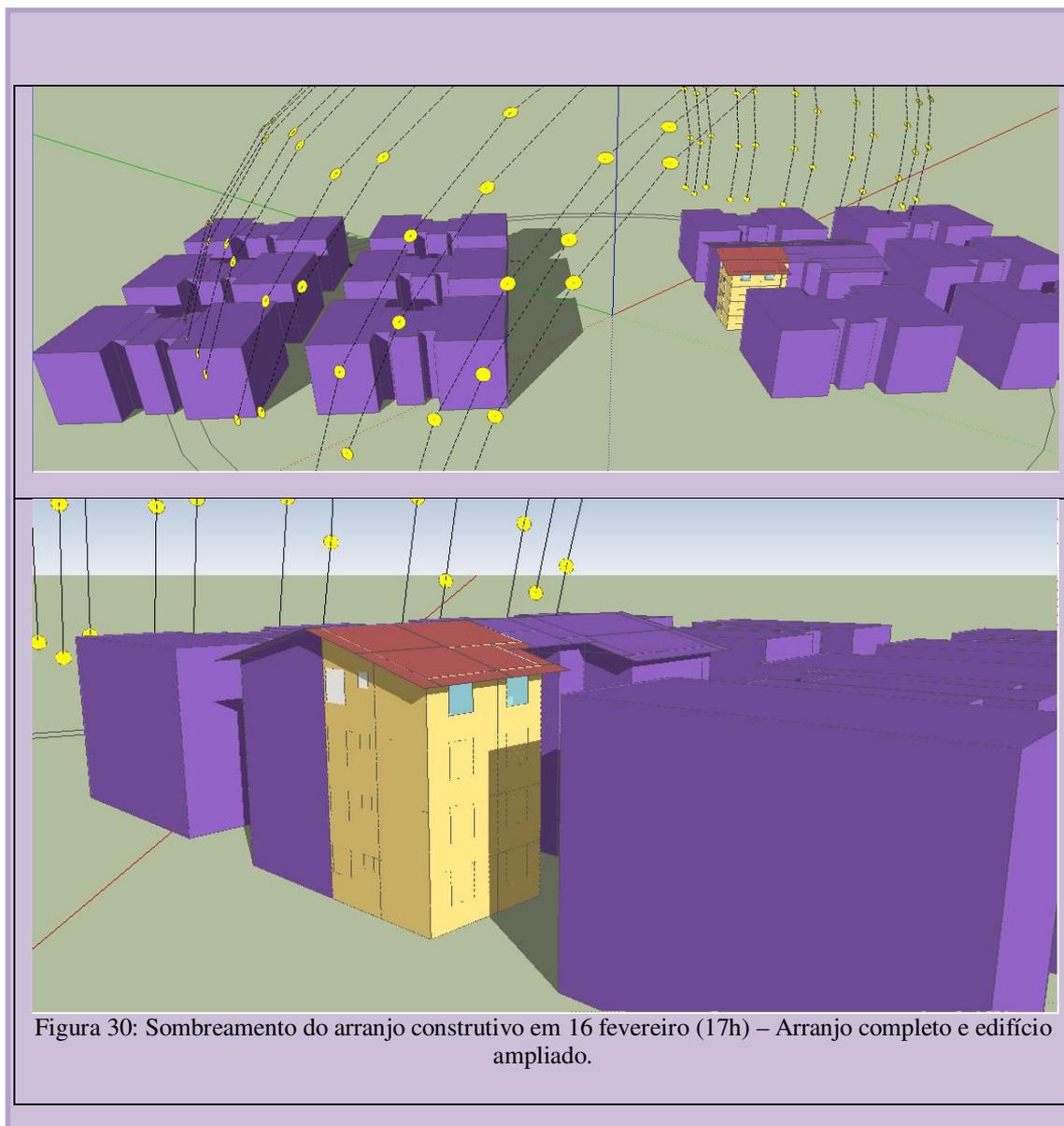




Às 15 horas, o edifício de referência recebeu sombra do edifício à frente nas zonas 1 e 5 do térreo; nas zonas 13 e 16, pelo beiral do quarto pavimento; nas zonas que representam a sala (2, 4, 10 e 14), pelo volume que saca do próprio edifício, e em parte das paredes sudoeste nas zonas 12 e 15, pelo beiral, conforme figura 29.



Às 17 horas, o edifício de referência foi sombreado pelo entorno imediatamente a sua frente nas zonas 5 e 6 (quarto de solteiro – térreo e 1º pavimento) e nas zonas 2 e 4 (sala – térreo e 1º pavimento); além disso, a parte que saca do volume do próprio edifício sombrou parcialmente as paredes sudeste das zonas 10 e 14 (sala do 3º e 4º pavimento), e o beiral protegeu um pouco das paredes das demais zonas localizadas no quarto pavimento (figura 30).

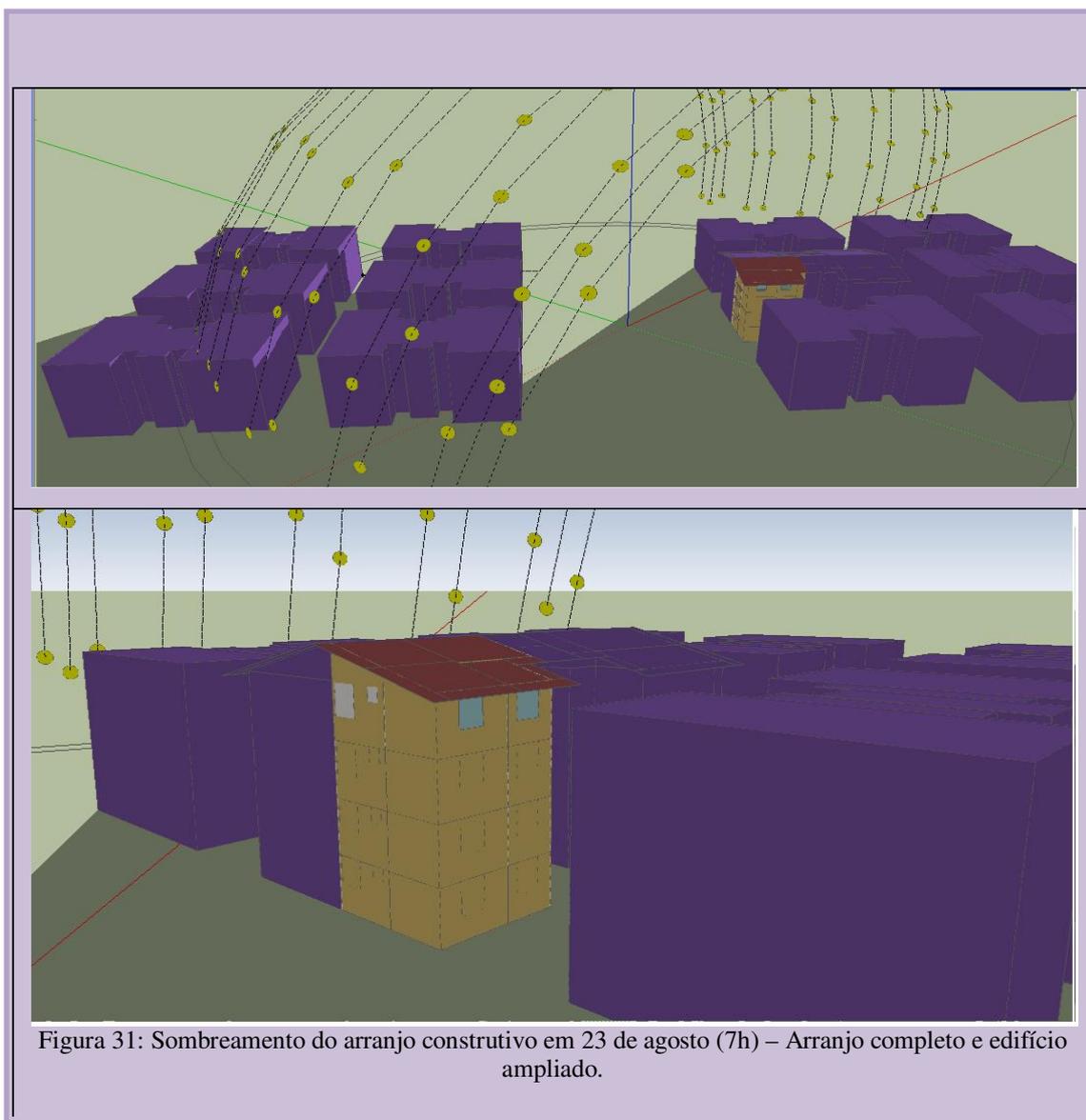


Diante das figuras expostas, relativas ao dia típico de verão, verificou-se que a orientação do edifício (sudeste) associada à presença do entorno imediato contribuiu significativamente para a ocorrência de sombreamento em todas as zonas nas primeiras horas da manhã. No período da tarde, verificou-se que o entorno à frente do edifício de referência sombreou apenas algumas zonas do térreo ao 2º pavimento. Além disso, os beirais da

cobertura foram importantes para o sombreamento das zonas localizadas no 4º pavimento, principalmente às 15 horas. Por outro lado, os ambientes localizados no terceiro pavimento (zonas 9 e 11) e os voltados para sudoeste (zonas 7, 8, 12 e 15) foram as zonas térmicas que receberam menor sombreamento por qualquer das obstruções.

3.1.2 Dia típico de inverno

Às 7 horas e 8 horas, o edifício foi totalmente sombreado pelo entorno localizado à direita do edifício de referência, conforme pode ser verificado nas figuras 31 e 32.



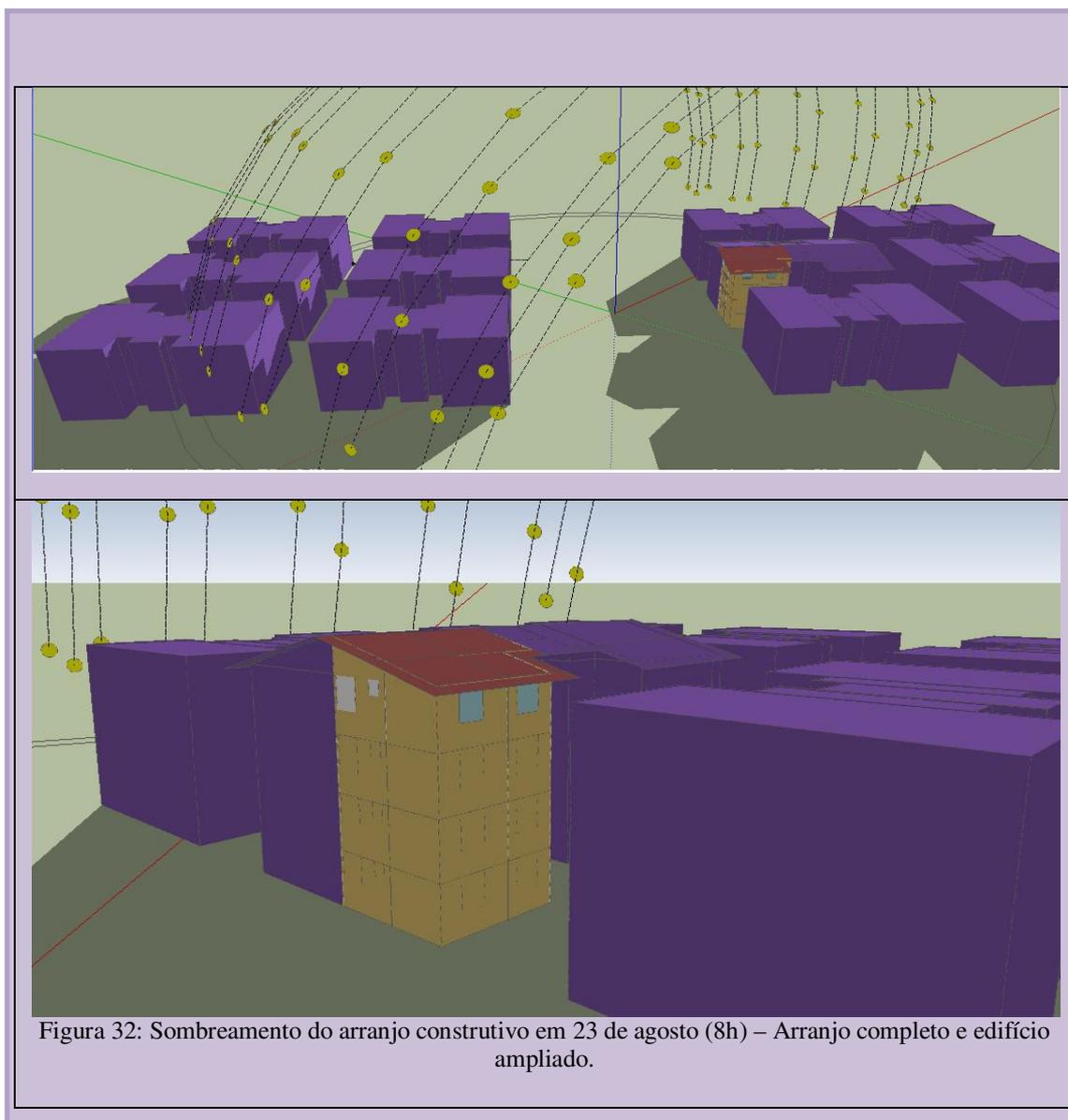
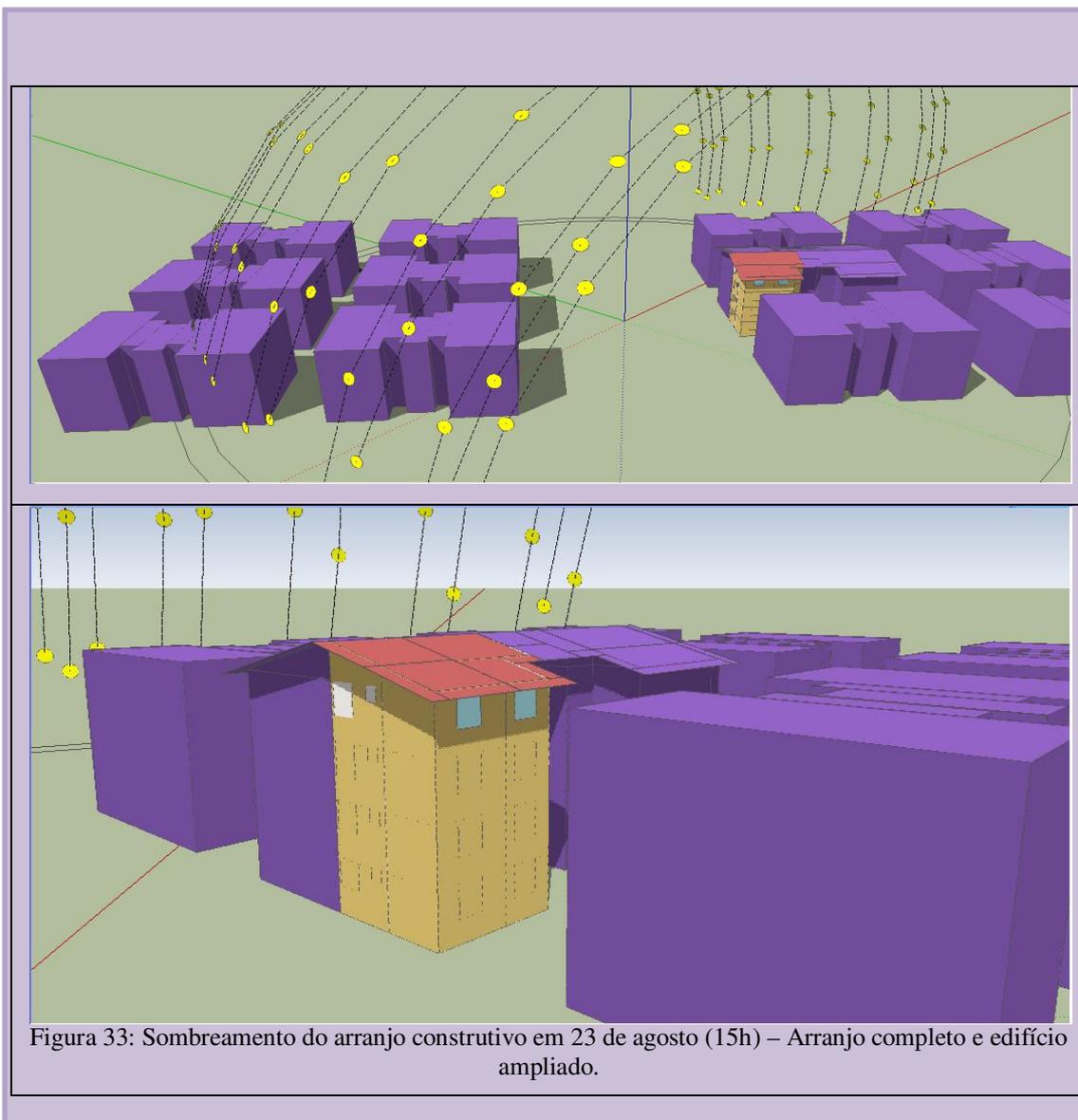


Figura 32: Sombreamento do arranjo construtivo em 23 de agosto (8h) – Arranjo completo e edifício ampliado.

Às 15 horas, o beiral protegeu praticamente toda a parede sudeste das zonas 13 e 16 (quartos do último pavimento), além de parte da parede sudoeste das zonas 13 e 15. O volume que saca do edifício sombreou totalmente as paredes sudeste das zonas que representam a sala (zonas 2,4, 10 e 14), conforme figura 33.



Às 17 horas, houve a redução do sombreamento provocado pelo beiral nas paredes sudeste das zonas 13 e 16 (quartos do último pavimento), assim como nas paredes sudoeste das zonas 13 e 15. Verifica-se a permanência do sombreamento causado pelo volume do próprio edifício, analisado nas zonas 2, 4, 10 e 14 que representam a sala (Figura 34).

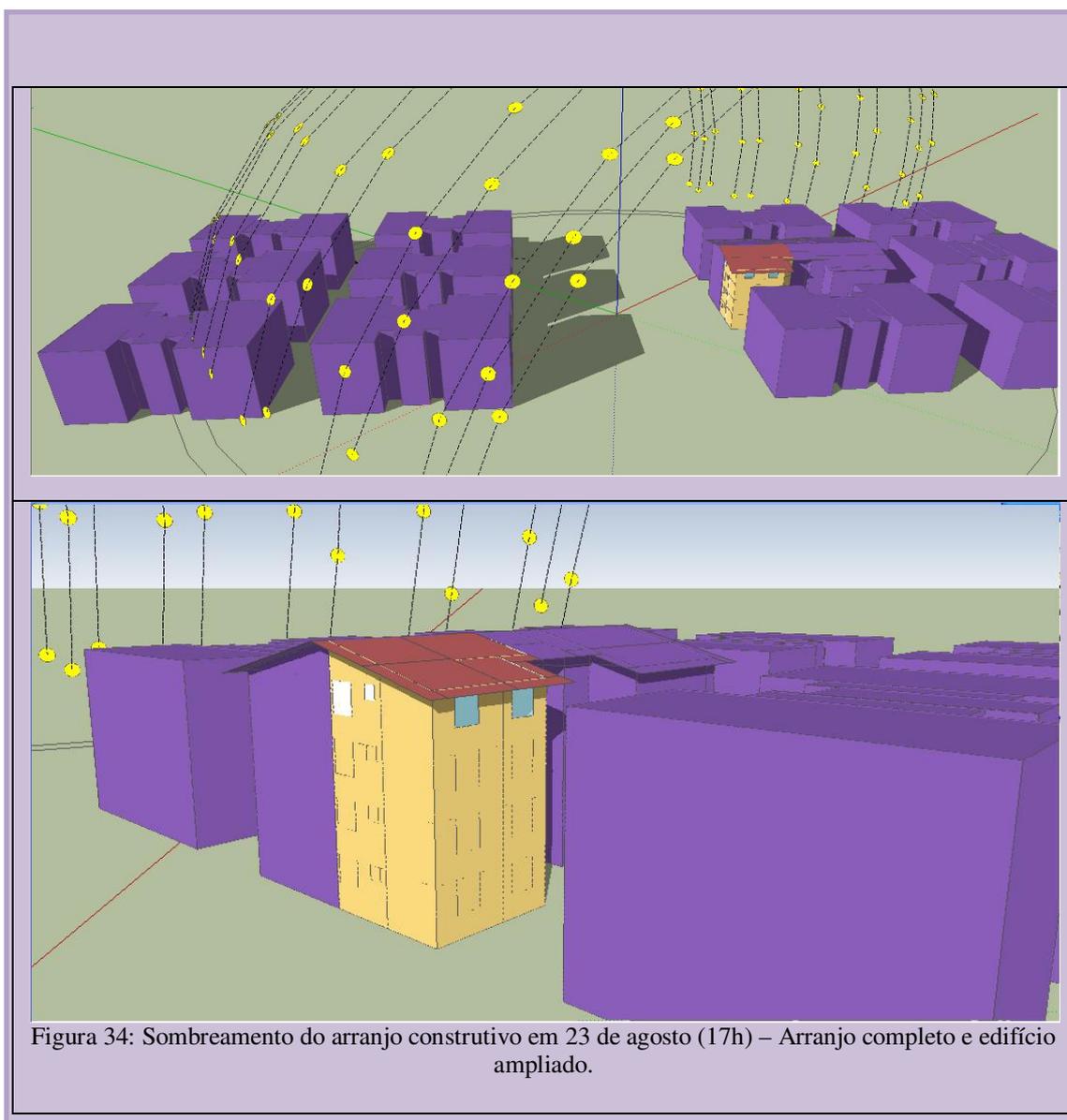


Figura 34: Sombreamento do arranjo construtivo em 23 de agosto (17h) – Arranjo completo e edifício ampliado.

Através das figuras analisadas, referente ao dia típico de inverno, pôde-se observar que a configuração do arranjo construtivo, orientada para sudeste, contribuiu para o sombreamento total das zonas térmicas do edifício de referência nas primeiras horas do dia. Já no período da tarde, o sombreamento só foi registrado nas zonas térmicas do último pavimento, promovido pelo beiral, e nas zonas que representam as salas (2, 4, 10 e 14),

promovido pela volumetria do próprio edifício de referência. Ou seja, o entorno imediato foi responsável pelo sombreamento apenas nas primeiras horas da manhã.

3.2 DESEMPENHO TÉRMICO

A avaliação do desempenho térmico deu-se através de simulação computacional do edifício de referência. Considerando taxas de infiltração do ar de 1 renovação por hora (1ren/h), como também taxas calculadas para cada zona (de acordo com os cálculos apresentados na metodologia), teve como objetivo verificar a sensibilidade dos dados de saída quanto a esse parâmetro, sendo assim um aspecto importante para a determinação do desempenho térmico no interior de ambientes localizados na cidade de Maceió - AL, sob todos os parâmetros avaliados (protetor solar, entorno e absorvância das paredes externas).

A seguir são apresentadas as análises comparativas das simulações computacionais realizadas.

3.2.1 Edifício de referência x Edifício com protetor solar

O presente subitem descreve os resultados obtidos através da análise paramétrica do edifício de referência com o uso do dispositivo de proteção solar misto, de ângulo vertical frontal de 26° e ângulo horizontal de 37°, para as duas considerações de taxas de infiltração do ar.

3.2.1.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C)

As zonas térmicas avaliadas no modelo de referência, sob uma taxa de infiltração de 1ren/h (uma renovação por hora), apresentaram médias de temperaturas internas na ordem de 28,5°C a 34,2°C no dia típico de verão e 25,2°C a 33,9°C no dia típico de inverno. Ao considerar o uso de dispositivo de proteção solar, observaram-se temperaturas médias internas de 28,2°C a 33,8°C no dia típico de verão e 25,1°C a 33,7°C no dia típico de inverno, como pode ser observado nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Temperatura média interna - máximas e mínimas do dia típico de verão. Taxa de infiltração 1 ren/h.

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	30.4	30.2	32.1	32.8	33.9	34.2
MÍNIMO	29.4	28.5	31.1	31.2	30.5	31.2
EDIFÍCIO COM PROTETOR						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	30.0	30.0	31.5	32.2	33.4	33.8
MÍNIMO	29.1	28.2	30.6	30.5	30.2	30.8

Em vermelho, valores máximos; em cinza, valores mínimos.

Tabela 4: Temperatura média interna - máximas e mínimas do dia típico de inverno. Taxa de infiltração 1 ren/h.

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	27.4	27.4	29.2	29.9	33.9	33.6
MÍNIMO	26.4	25.2	28.1	28.0	27.0	28.1
EDIFÍCIO COM PROTETOR						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	27.2	27.4	28.8	29.6	33.7	33.4
MÍNIMO	26.2	25.1	27.8	27.8	26.9	27.9

Em vermelho, valores máximos; em cinza, valores mínimos.

Comparando-se o comportamento da temperatura média no interior das zonas, sob as duas situações avaliadas, verificou-se que o uso dos dispositivos de proteção solar nas janelas de cada zona contribuiu para reduções desses valores. No dia típico de verão tais variações foram mais significativas na zona 3 (reduções de 0,5 a 0,6°C), na zona 4 (reduções de 0,5 a 0,8°C) e na zona 13 (reduções de 0,1 a 0,5°C), enquanto no dia típico de inverno as maiores variações de temperatura foram registradas na zona 13 (reduções de 0,1 a 0,8°C), zona 3

(reduções de 0,3 a 0,4°C) e zona 14 (0,2 a 0,3°C), como pode ser verificado nos gráficos 1 a 4.

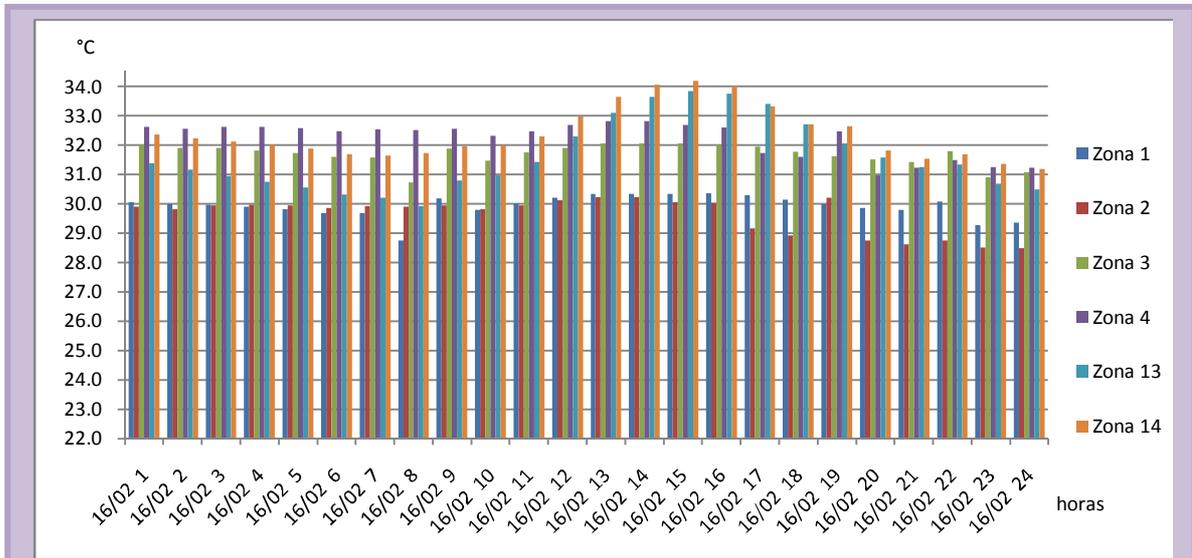


Gráfico 1: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.

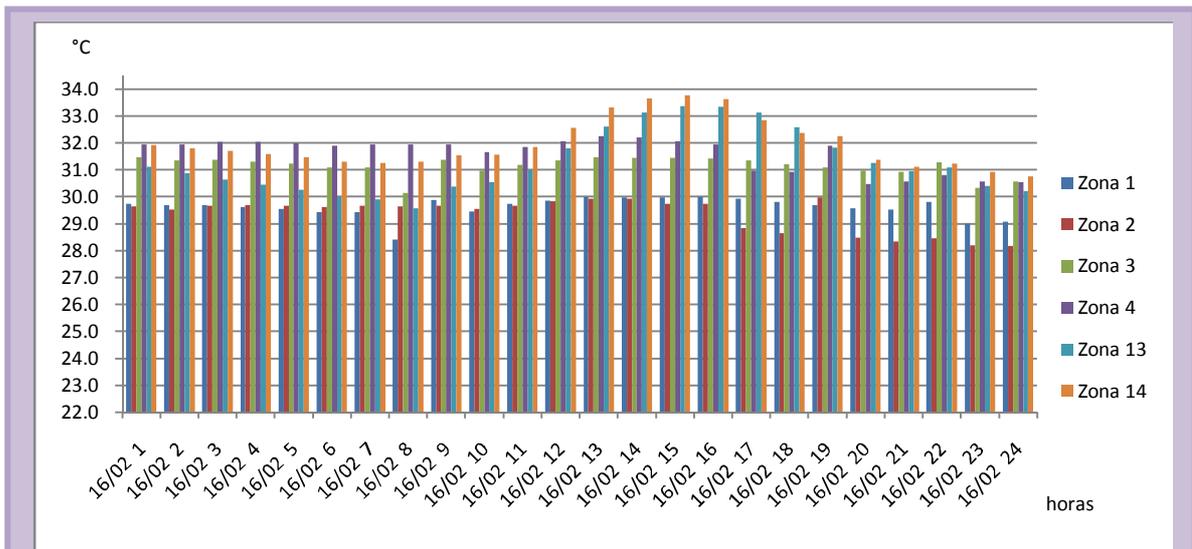


Gráfico 2: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. com protetor– Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.

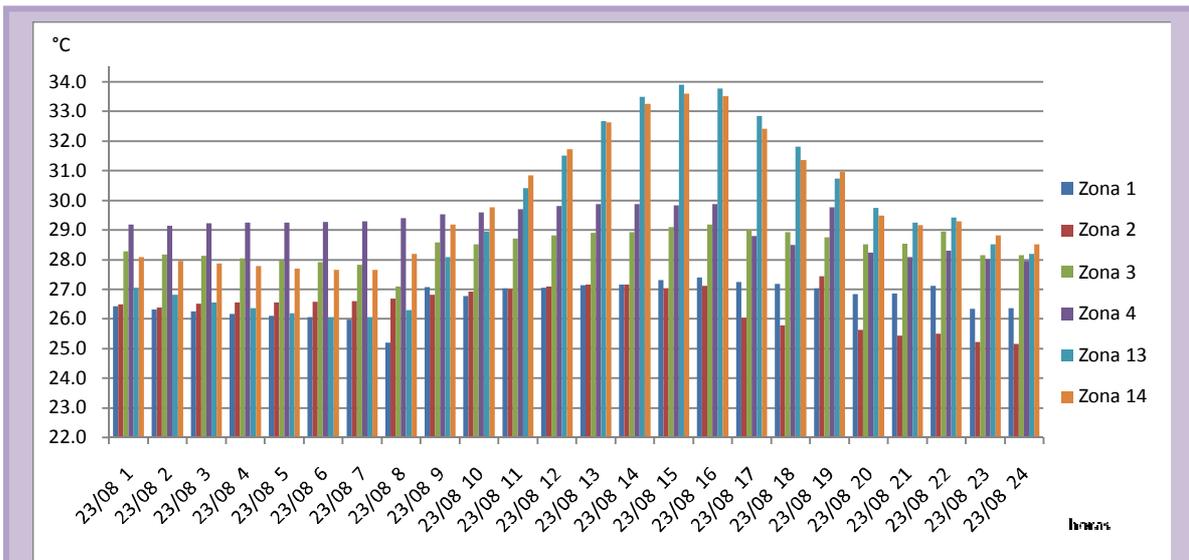


Gráfico 3: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para Iren/h.

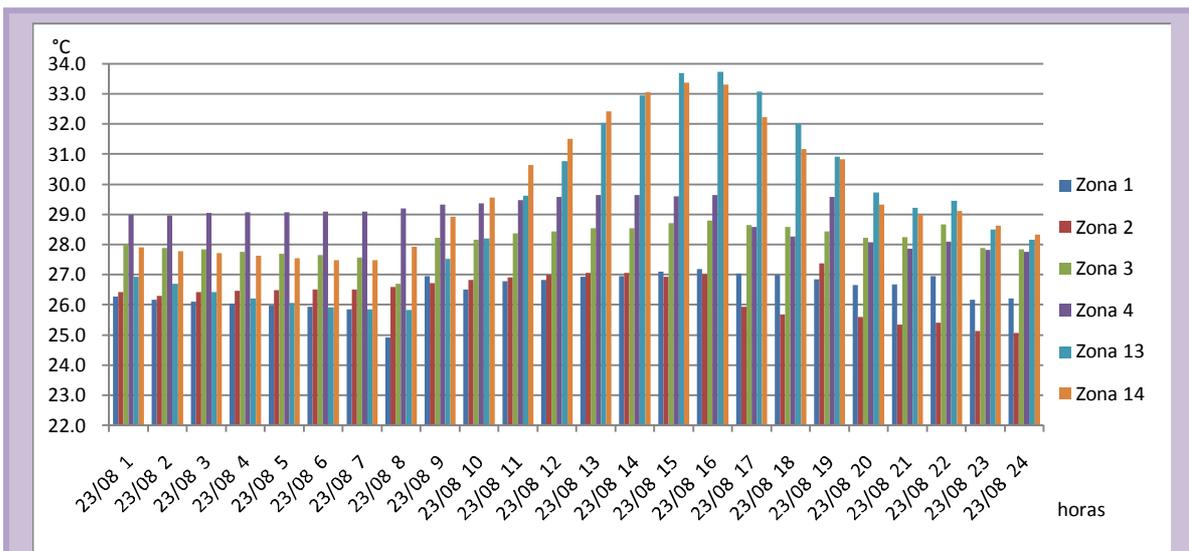


Gráfico 4: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno, para Iren/h.

Os dados de temperatura média interna contidos nos gráficos anteriores permitiram observar a ocorrência de menores valores de temperaturas do ar internas no dia típico de inverno. Além disso, **a utilização do protetor solar resultou em maiores reduções de temperatura nas zonas térmicas localizadas no pavimento intermediário e 4º pavimento.**

Ao considerar as taxas de infiltração de ar calculadas (quadro 4), de acordo com cada ambiente, condição mais próxima da realidade, observou-se uma expressiva redução da temperatura média do ar no interior das zonas térmicas, em relação às simulações geradas com taxa de infiltração de 1ren/h. O modelo de referência apresentou valores entre 25,4°C a 29,3°C no dia típico de verão e 22,1°C a 29,9°C no dia típico de inverno; e com protetor solar, valores entre 25,3°C a 29,2°C no dia típico de verão e 22,1°C a 29,9°C no dia típico de inverno (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Temperatura média interna - máximas e mínimas do dia típico de verão. Taxa de infiltração calculada (m³/s).

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	28.4	28.4	28.5	28.5	29.2	29.3
MÍNIMO	25.6	25.4	25.8	25.7	25.9	26.2
EDIFÍCIO COM PROTETOR						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	28.3	28.3	28.4	28.4	29.1	29.2
MÍNIMO	25.6	25.3	25.7	25.6	25.8	26.0

Em vermelho, valores máximos; em cinza, valores mínimos.

Tabela 6: Temperatura média interna - máximas e mínimas do dia típico de inverno. Taxa de infiltração calculada (m³/s).

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	27.7	27.3	28.1	28.0	29.9	29.7
MÍNIMO	22.4	22.1	22.7	22.6	22.6	23.5
EDIFÍCIO COM PROTETOR						
TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
MÁXIMO	27.6	27.3	28.0	27.9	29.9	29.6
MÍNIMO	22.4	22.1	22.6	22.5	22.6	23.4

Em vermelho, valores máximos; em cinza, valores mínimos.

Os ambientes localizados mais distantes do solo apresentaram os maiores valores de temperaturas internas, muito provavelmente devido à maior proximidade de exposição à radiação solar da cobertura e à menor influência do entorno no sombreamento do edifício analisado (Gráficos 5 a 8).

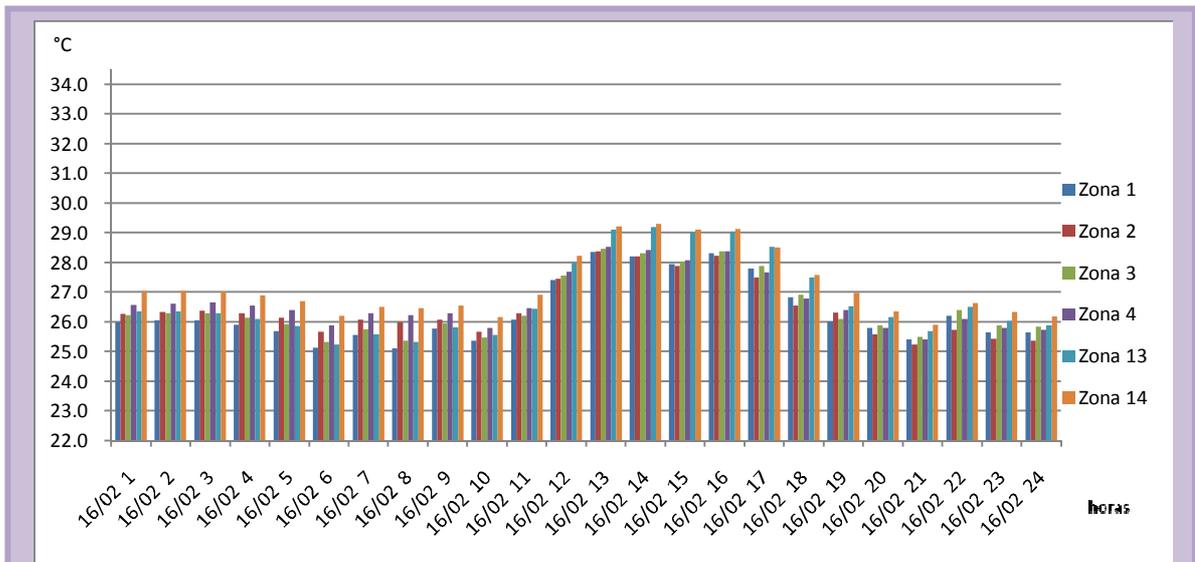


Gráfico 5: Temperatura média do ar no interior das zonas(°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, taxa infiltração calculada (m³/s).

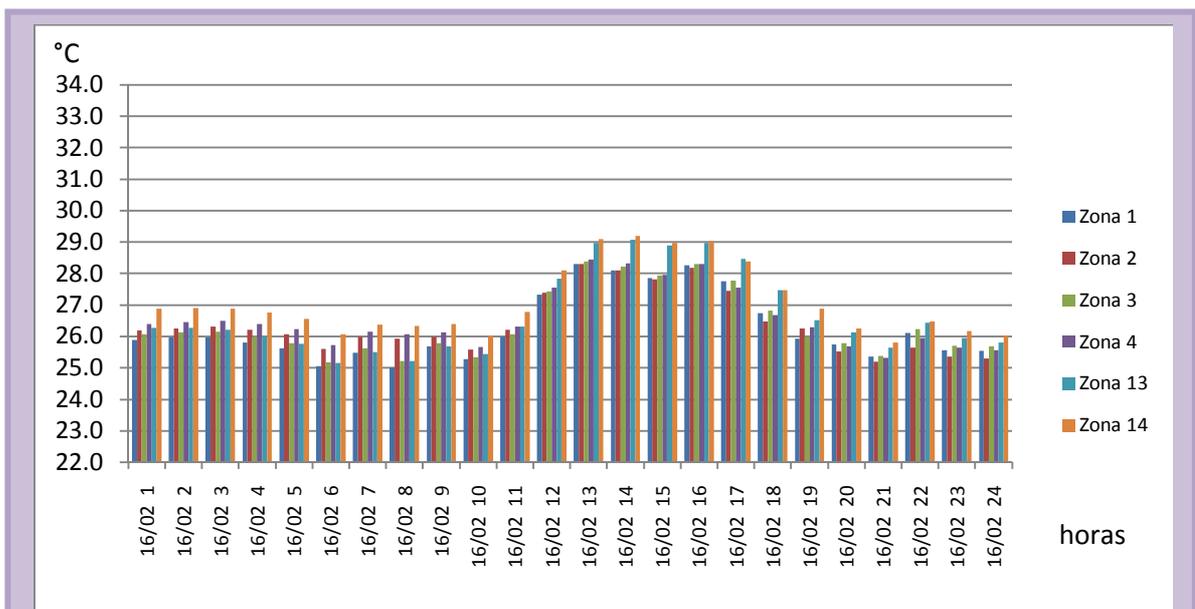
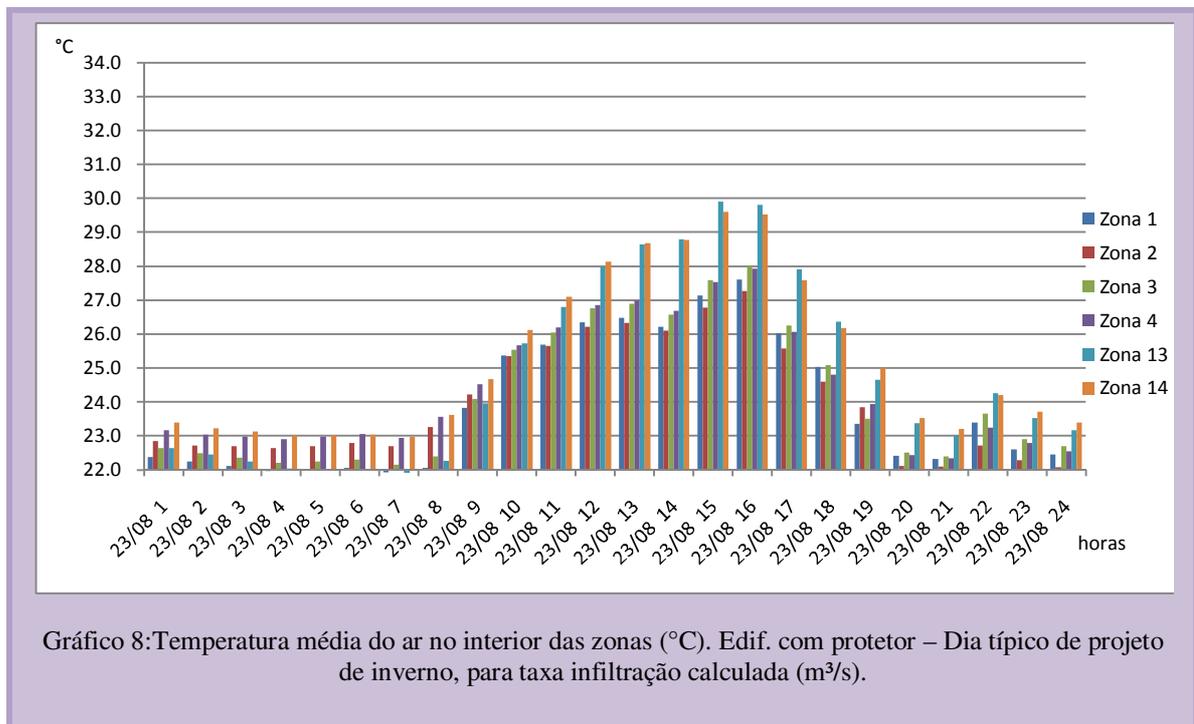
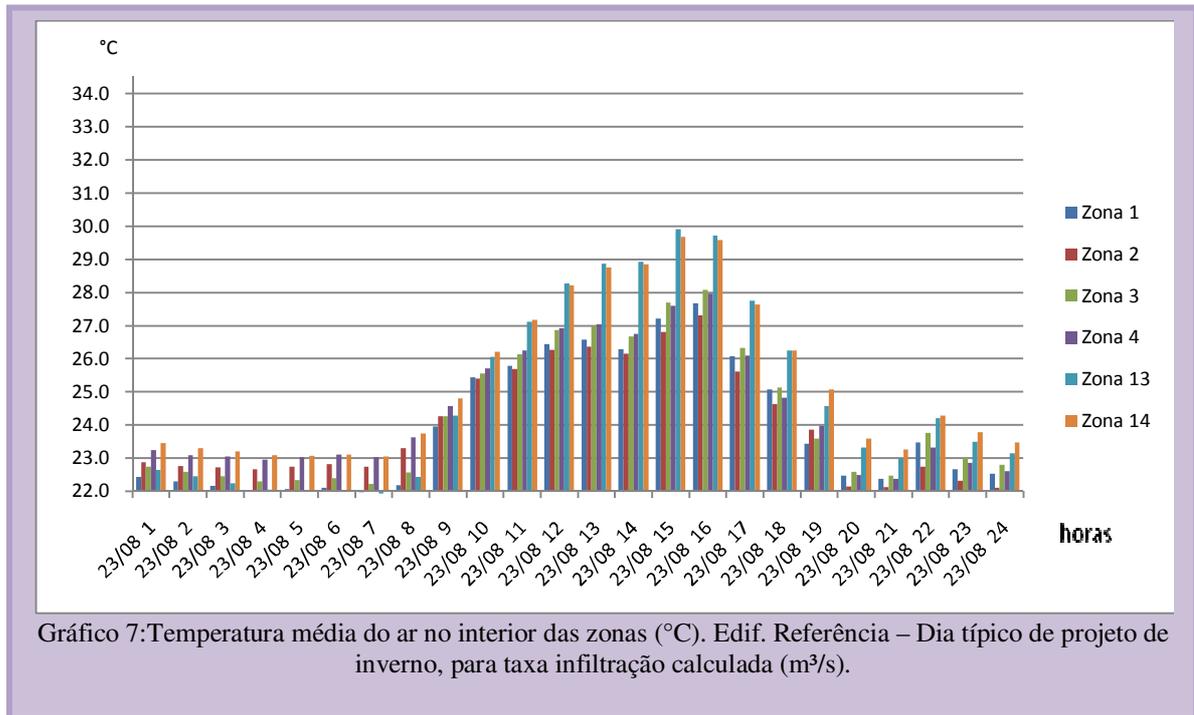


Gráfico 6: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão, taxa infiltração calculada (m³/s).



Os valores horários de temperatura média do ar e umidade relativa do ar no interior de cada zona térmica analisada, obtidos a partir das simulações computacionais, foram inseridos no programa *Analysis Bio* (LabEEE, 2010) para a identificação da porcentagem das horas de

conforto e desconforto, nos dois dias típicos (no Apêndice C são mostradas as cartas bioclimáticas para cada situação analisada), para cada zona e parâmetro avaliado, conforme mostram as tabelas 7 e 8, a seguir:

Tabela 7: Porcentagem de horas de conforto e desconforto no dia típico de verão nas zonas – edf. Referência x com protetor.

Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	Edifício de referência							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
3	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
13	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	0%	100%	0	100%	4.17%	91.7%	0%	91.7%
4	0%	100%	0	100%	12.5%	83.3%	0%	83.3%
14	0%	100%	0	100%	33.3%	62.5%	0%	62.5%
Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	Edifício com protetor solar							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
3	0%	100%	0	100%	8.30%	91.7%	0%	91.7%
13	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	0%	100%	0	100%	4.17%	91.7%	0%	91.7%
4	0%	100%	0	100%	4.17%	91.7%	0%	91.7%
14	0%	100%	0	100%	20.8%	75.0%	0%	75.0%

Obs: Em vermelho, maior porcentagem; em cinza, menor porcentagem.

Tabela 8: Porcentagem de horas de conforto e desconforto no dia típico de inverno nas zonas – edf. Referência x com protetor.

Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	95.8%	0%	95.8%	70.8%	29.2%	0%	29.2%
3	0%	100%	0%	100%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
13	8.33%	91.7%	0%	91.7%	87.5%	4.17%	0%	4.17%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	16.7%	83.3%	0%	83.3%	79.2%	20.8%	0%	20.8%
4	0%	87.5%	0%	87.5%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
14	0%	62.5%	0	62.5%	91.7%	0%	0%	0%
Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	91.7%	0%	91.7%	58.3%	41.7%	0%	41.7%
3	0%	100%	0%	100%	83.3%	16.7%	0%	16.7%
13	0%	100%	0%	100%	83.3%	8.33%	0%	8.33%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	16.7%	83.3%	0%	83.3%	75%	25%	0%	25%
4	4.17%	87.5%	0%	87.5%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
14	4.17%	62.5%	0%	62.5%	91.7%	0%	0%	0%

Obs: em vermelho, maior porcentagem; em cinza, menor porcentagem.

De acordo com as tabelas apresentadas, **verificou-se que, para a taxa de infiltração de 1ren/h, em todas as zonas térmicas e nos dois dias típicos analisados predominou a sensação de desconforto por calor.** Para tais situações, o programa aponta a necessidade de condicionamento de ar na maior parte das horas do dia.

Para as taxas de infiltração de ar calculadas (quadro 4), o programa *Analysis Bio* (LabEEE, 2010) indicou a existência de horas de conforto no verão, sendo a zona 14 (sala do 4º pavimento) a que apresenta maior porcentagem de horas de conforto, tanto no edifício de referência como no edifício com protetor solar, 33,3% e 20,8%, respectivamente (tabela 2). Acredita-se que a melhor condição de conforto da zona 14 deve-se à sua localização mais

distante do solo, à proteção da radiação solar feita pela própria volumetria do edifício e pelo beiral, além de estar voltado para a orientação sudeste. (Figura 26).

É no dia típico de inverno que se observam as melhores condições de conforto ao longo do dia para as duas condições (edifício de referência e com protetor solar). Observa-se que as condições mais favoráveis localizam-se nas zonas mais distantes do solo, em torno de 91% das horas do dia. Como estratégia para a obtenção de conforto, o programa *Analysis Bio* (LabEEE, 2010) identifica a necessidade do uso da ventilação. A sala do último pavimento (zona 14) é identificada com maior porcentagem de horas de conforto, tanto no dia típico de verão como no de inverno, como pode ser identificado nas tabelas 2 e 3.

Através das análises é possível observar que **para a condição climática da cidade de Maceió, a temperatura do ar de um ambiente isoladamente pode não corresponder a situação de conforto ao usuário, mas a associação desta variável com outros fatores como a umidade relativa do ar interna e a consideração de taxas de infiltração do ar é que determina essa sensação de conforto.** Daí a importância em considerar taxas de infiltração mais próximas da realidade a ser simulada, para a obtenção de dados mais precisos. Por outro lado, destaca-se também a importância de se considerar taxas de infiltração do ar mínima, de maneira a identificar as condições mais críticas de uma determinada situação.

3.2.1.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)

Os valores de ganhos de calor demonstraram-se bastante sensíveis ao considerar o uso de dispositivo de proteção solar e ao alterar as taxas de infiltração do ar nos ganhos de calor no interior de cada zona. **A utilização de protetor solar resultou em menores ganhos de calor, ao passo que para as taxas de infiltração calculadas (quadro 4) em cada zona, verificou-se a ocorrência de maiores ganhos de calor.**

Segundo Papst e Lamberts (2001), as trocas de ar entre o ambiente interno e externo associadas a ganhos térmicos solares e ganhos térmicos internos fazem com que a temperatura média interna de edificações naturalmente ventiladas seja superior à temperatura média externa. Tal situação se verifica na presente análise.

De acordo com os dados de saída obtidos, no edifício de referência os ganhos de calor foram registrados das 8 às 17 horas, para as duas situações de taxa de infiltração do ar. Já com o uso de protetor solar os ganhos de calor foram registrados em média a partir das 9 até as 17 horas, e em menor intensidade do que no edifício de referência, como pode ser observado nos gráficos 9 a 16. A maior diferença registrada entre as das situações avaliadas foi de 125,4W na zona 13, no dia típico de inverno, com taxas de infiltração do ar calculadas, conforme quadro 4.

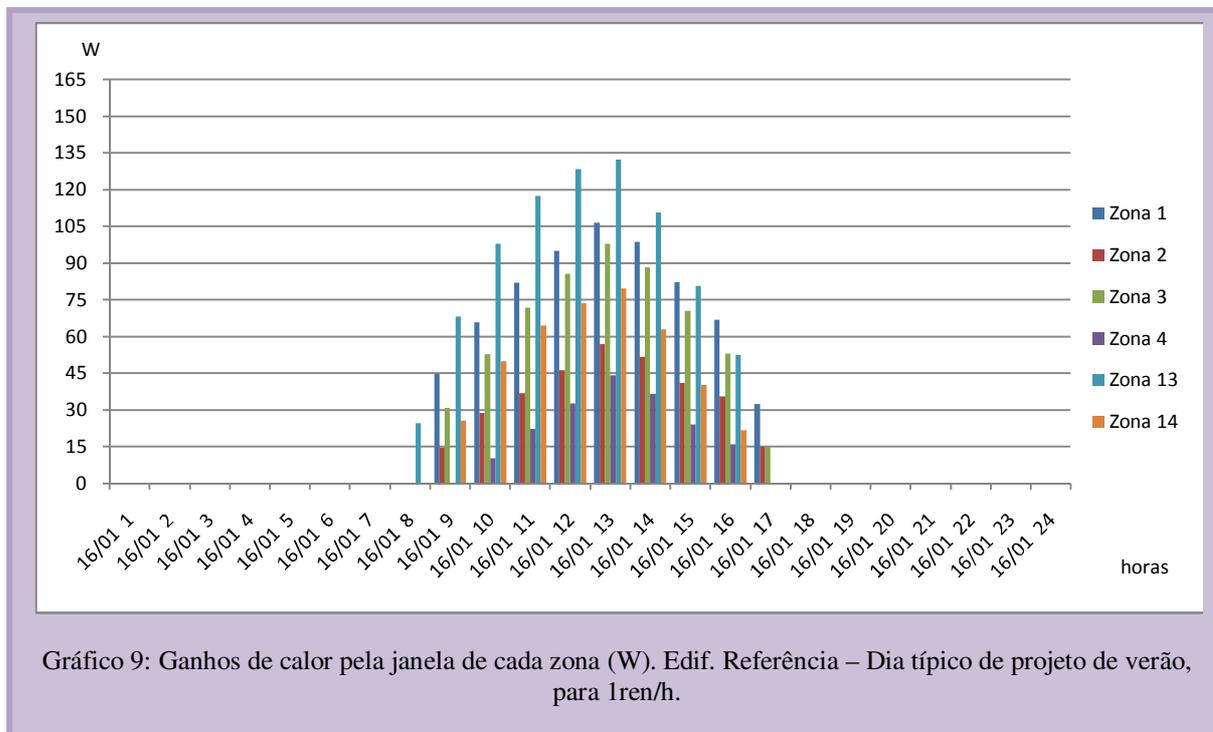


Gráfico 9: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para Iren/h.

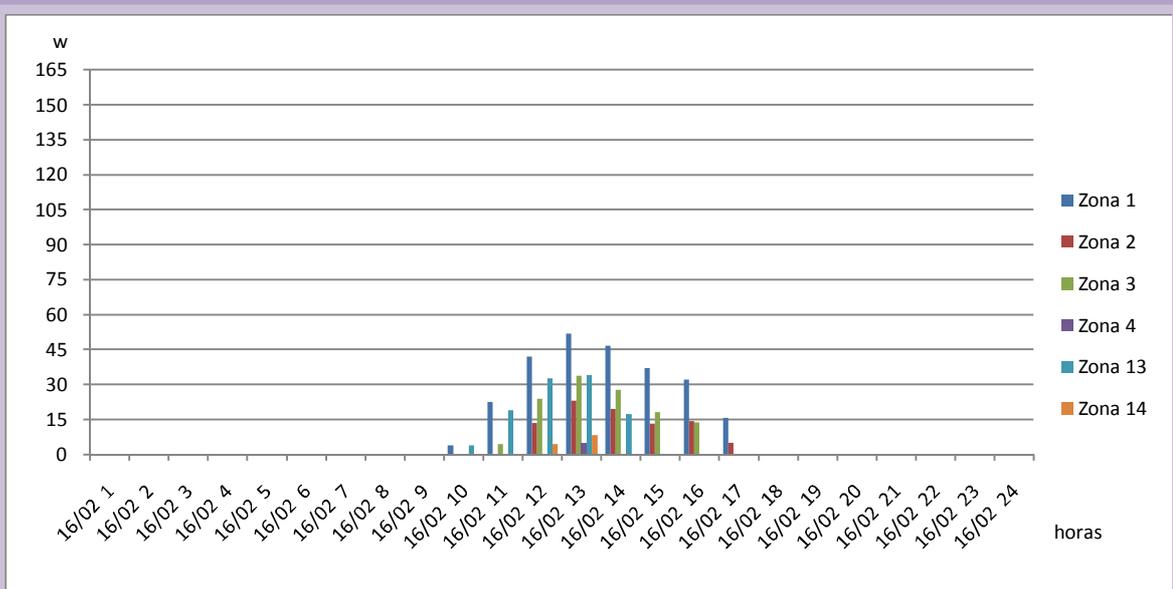


Gráfico 10: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.

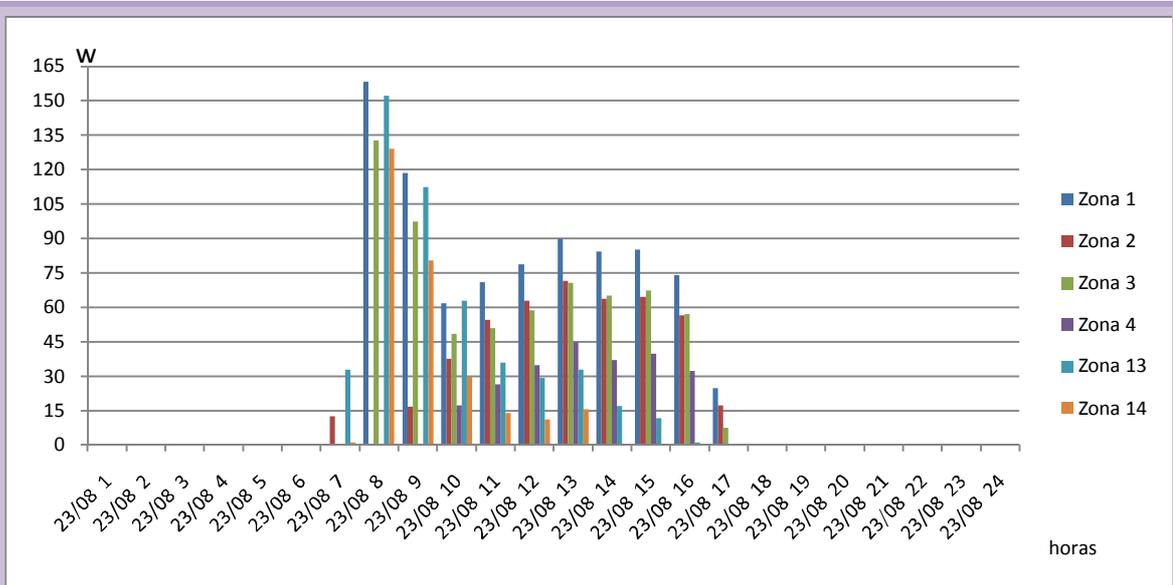


Gráfico 11: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.

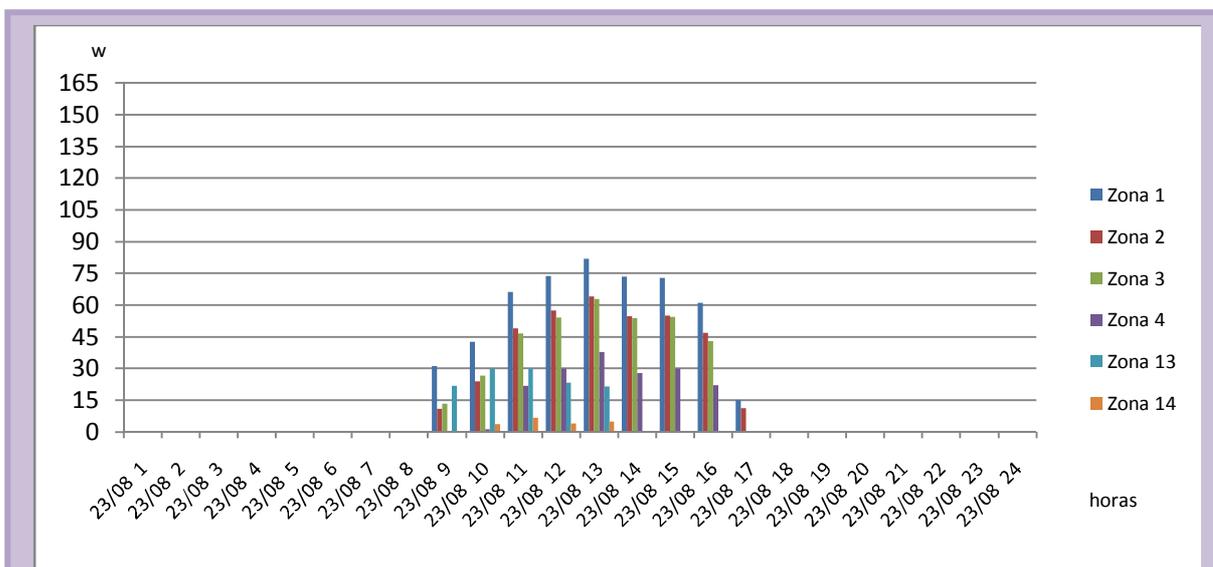


Gráfico 12: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.

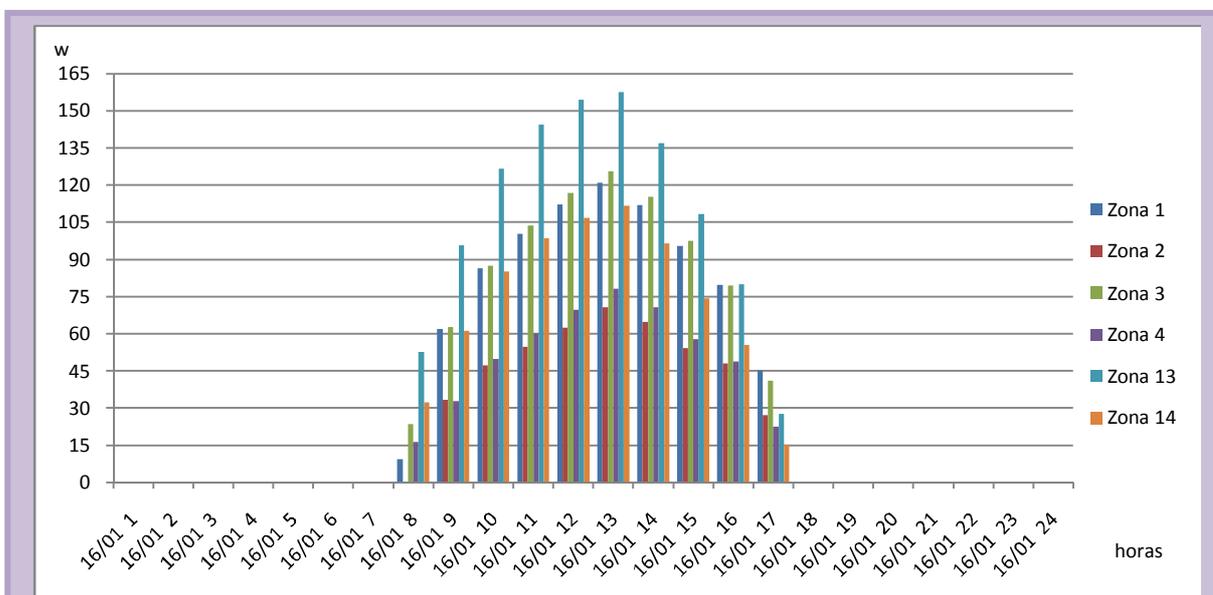


Gráfico 13: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração calculada (m³/s).

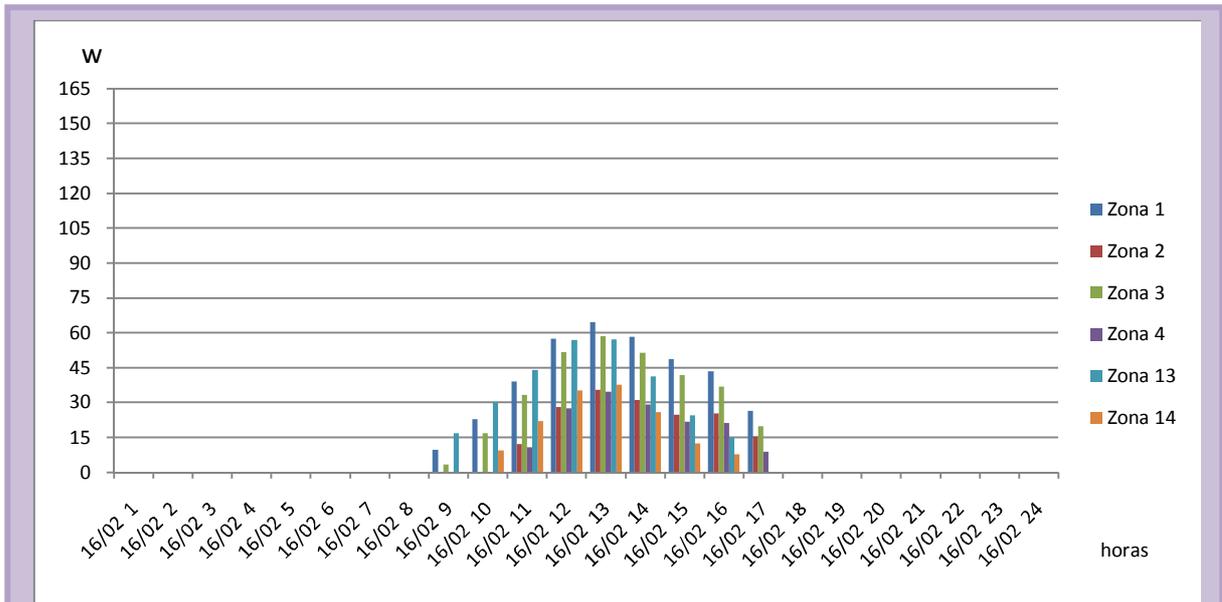


Gráfico 14: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração calculada (m³/s).

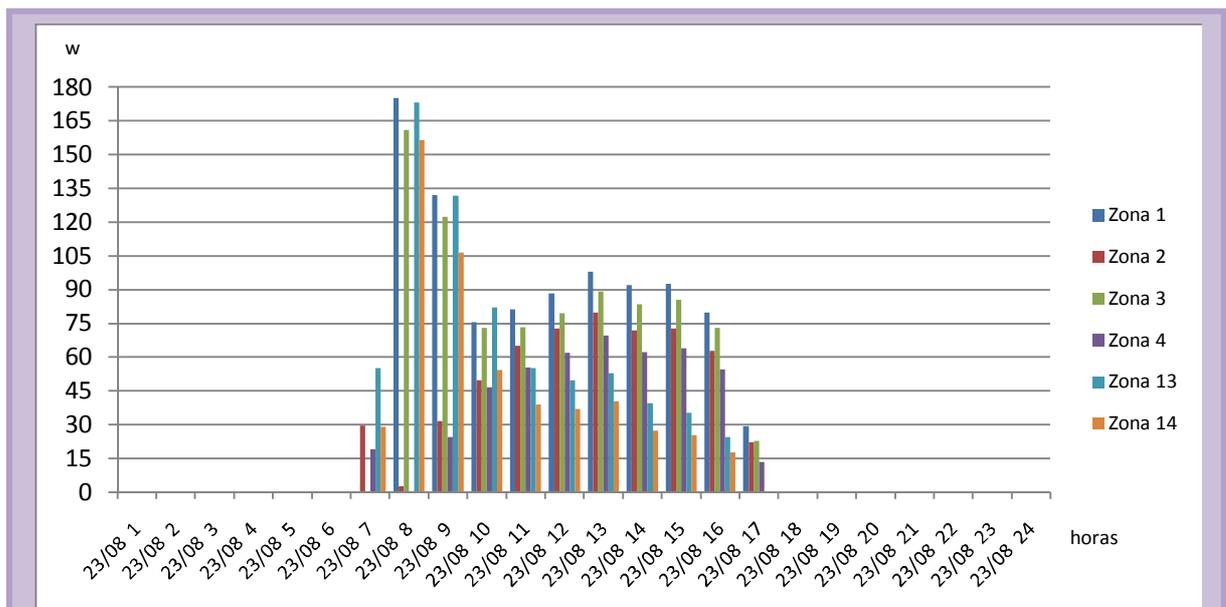
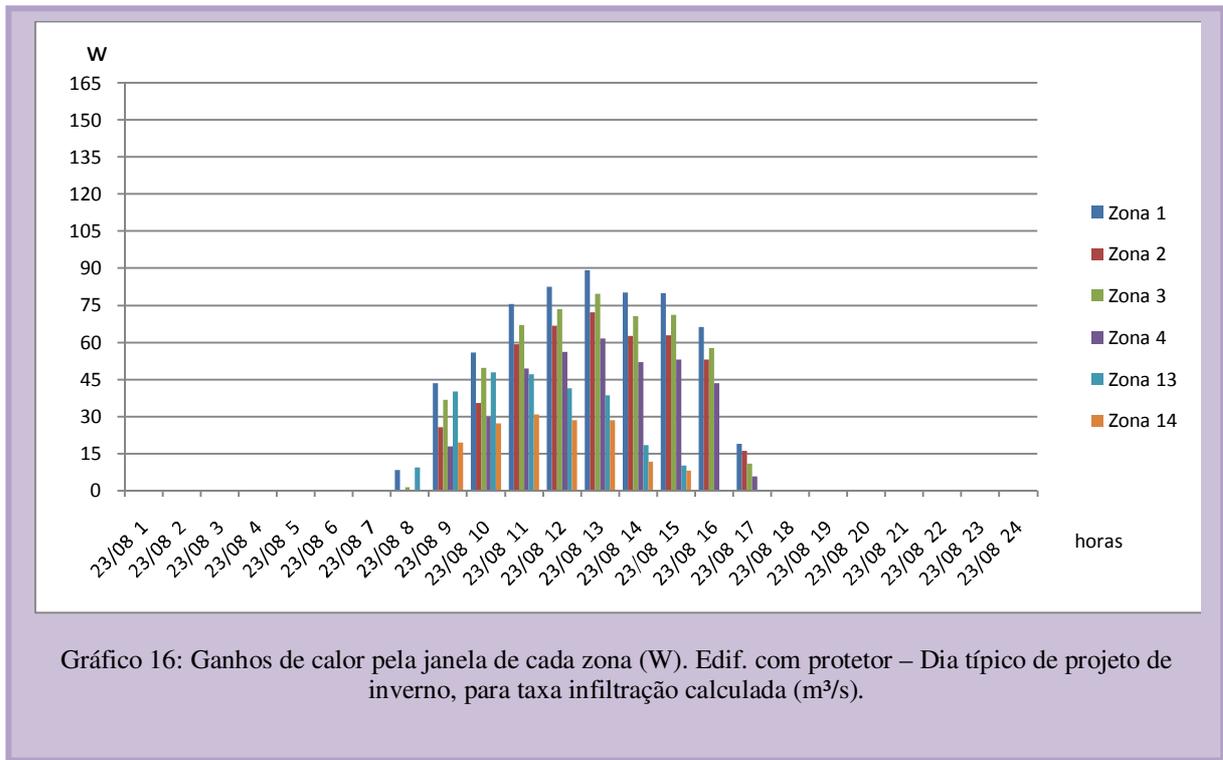


Gráfico 15: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração calculada (m³/s).



Nas zonas 1, 3 e 13 se verificaram os maiores ganhos de calor, tanto no edifício de referência como no edifício com protetor solar. Estima-se que tal situação ocorreu porque essas zonas tinham uma de suas paredes voltadas para sudoeste e porque as zonas 2, 4 e 14 eram protegidas pelo prolongamento do próprio edifício, como pode ser observado na figura 26, que indica o esquema de localização das zonas térmicas analisadas.

Das zonas 1, 3 e 13, observou-se que no edifício de referência as zonas térmicas que receberam maiores ganhos no verão e no inverno foram a zona 13 e a zona 1. Na condição com protetor solar, nos dois dias típicos de projeto analisados, a zona 1 foi a que recebeu maiores ganhos de calor, como pode ser observado na tabela 9.

Tabela 9: Ganhos de calor solar máximo e mínimo por zonas térmicas (W).

TAXA DE INFILTRAÇÃO 1 ren/h			
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - verão		EDIFÍCIO COM PROTETOR - verão	
Zona 13 = 132.3w	zona 14 = 79.8w	Zona 13 = 34.1w	zona 14 = 8.1w
zona 3 = 97.8w	zona 4 = 44w	zona 3 = 33.8w	zona 4 = 4.6w
zona 1 = 106.5w	zona 2 = 56.8w	zona 1 = 51.9w	zona 2 = 23w
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - inverno		EDIFÍCIO COM PROTETOR - inverno	
Zona 13 = 152.1w	zona 14 = 129.2w	Zona 13 = 30.1w	zona 14 = 6.7w
zona 3 = 132.8w	zona 4 = 44.7w	zona 3 = 62.8w	zona 4 = 37.8w
zona 1 = 158.4w	zona 2 = 71.4w	zona 1 = 81.9w	zona 2 = 64.1w
TX DE FLUXO DE AR CALCULADA (M³/S)			
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - verão		EDIFÍCIO COM PROTETOR - verão	
Zona 13 = 157.6w	zona 14 = 111.7w	Zona 13 = 57.2w	zona 14 = 37.8w
zona 3 = 125.7w	zona 4 = 78.3w	zona 3 = 58.6w	zona 4 = 34.7w
zona 1 = 120.9w	zona 2 = 70.7w	zona 1 = 64.6w	zona 2 = 35.4w
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - inverno		EDIFÍCIO COM PROTETOR - inverno	
Zona 13 = 173.2w	zona 14 = 156.3w	Zona 13 = 47.8w	zona 14 = 30.8w
zona 3 = 160.8w	zona 4 = 69.6w	zona 3 = 79.7w	zona 4 = 61.6w
zona 1 = 175.1w	zona 2 = 79.8w	zona 1 = 89.1w	zona 2 = 72.2w

Obs.: Em vermelho, maior ganho de calor; em cinza, menor ganho.

De acordo com os gráficos e tabela apresentados, percebeu-se que **a utilização do protetor solar representou maiores reduções dos ganhos de calor nos horários registrados do dia típico de verão, e dentre as zonas térmicas analisadas, foram as localizadas do 4º pavimento (13 e 14) as que apresentaram reduções mais expressivas, vindo logo em seguida as zonas do pavimento intermediário (3 e 4), como pode ser observado da tabela 10.**

Tabela 10: Reduções médias de ganhos de calor solar através do uso do protetor solar.

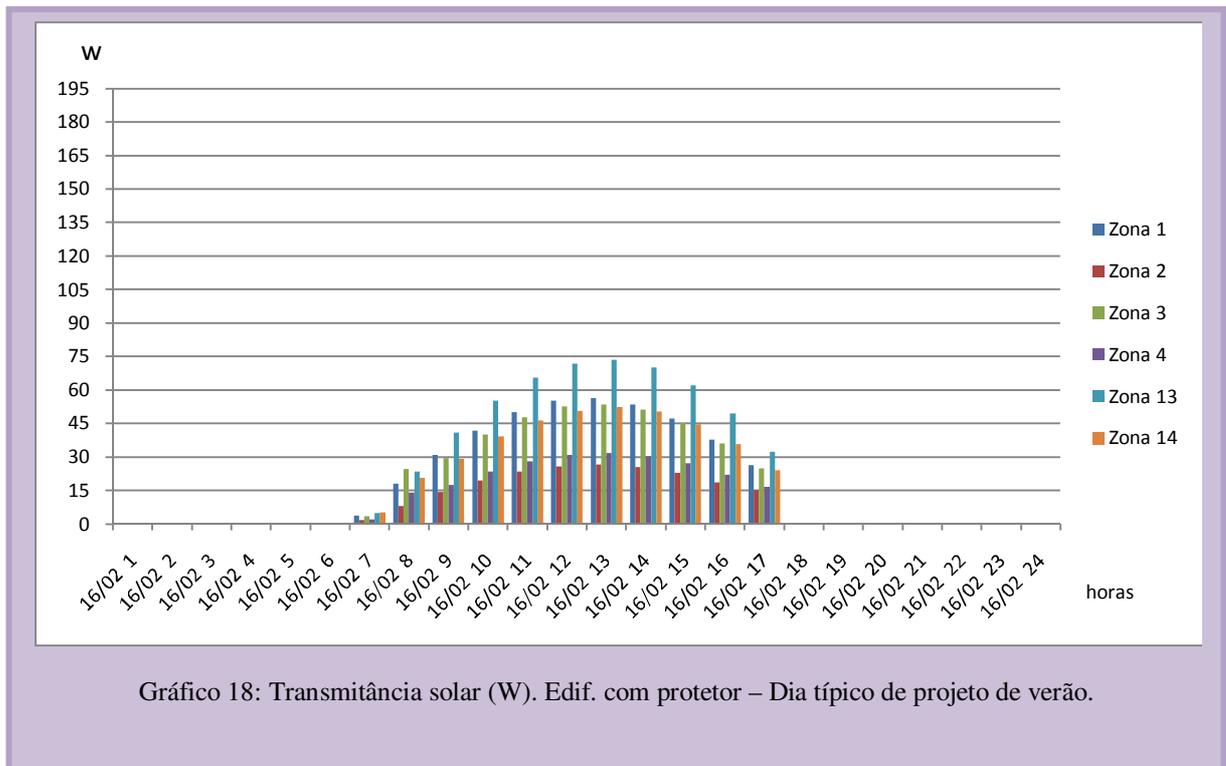
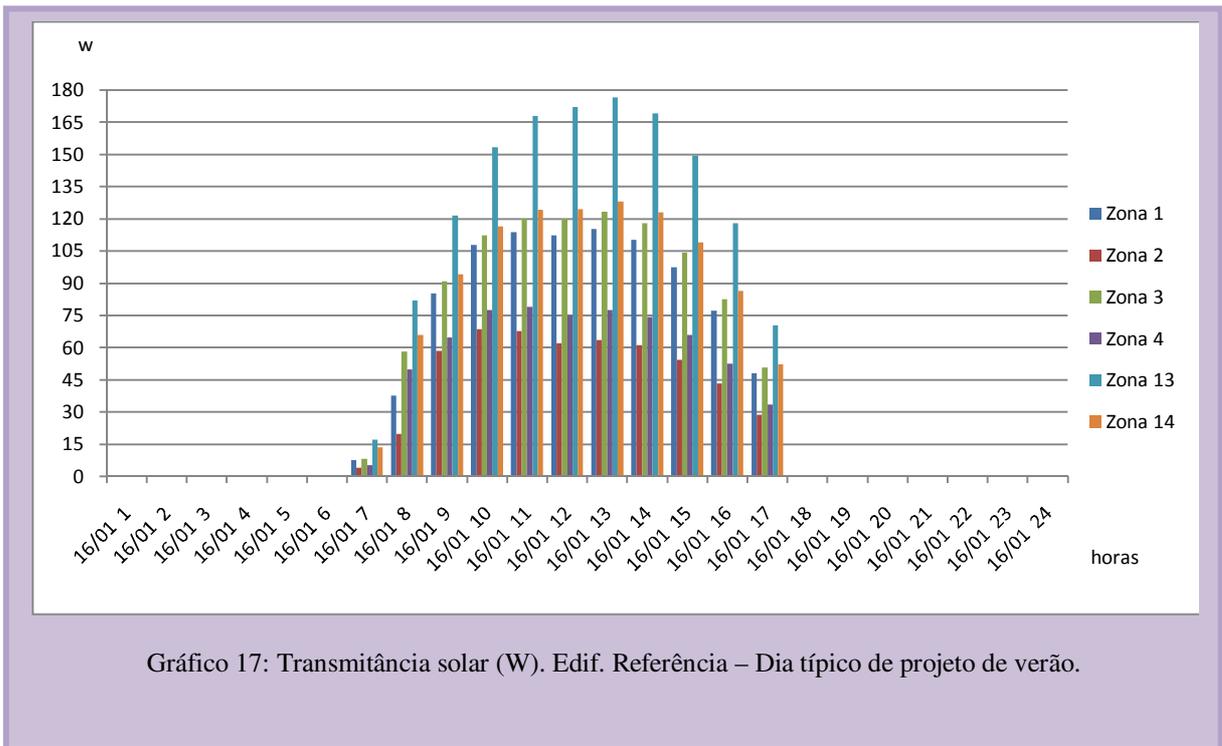
ZONAS	TAXA DE INFILTRAÇÃO 1 ren/h		TAXA INFILTRAÇÃO CALCULADA (m³/s).	
	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno
Zona 1	65%	21%	60%	29%
Zona 2	76%	20%	64%	24%
Zona 3	83%	32%	67%	33%
Zona 4	99%	32%	74%	23%
Zona 13	89%	67%	78%	54%
Zona 14	98%	82%	84%	59%

Obs: em vermelho, maior porcentagem de ganhos de calor; em cinza, menor porcentagem de ganhos de calor.

3.2.1.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)

O valor da transmissão da carga solar pela janela indica a soma da transmissão da radiação solar direta com a transmissão da radiação solar difusa. Desta forma, as taxas de infiltração nas simulações realizadas não influenciaram tal variável.

A transmissão solar através da janela nas simulações realizadas foi observada das 7h às 17h, e nas duas situações analisadas verificou-se uma maior variação dessa transmissão no edifício de referência, cujo maior valor registrado foi de 194,6W (na zona 1, no dia típico de inverno); enquanto a utilização de dispositivos de sombreamento permitiu uma maior uniformidade desses valores, de forma que o maior valor registrado não passou de 73,5W (na zona 13, no dia típico de verão), conforme pode ser observado nos gráficos 17 a 20.



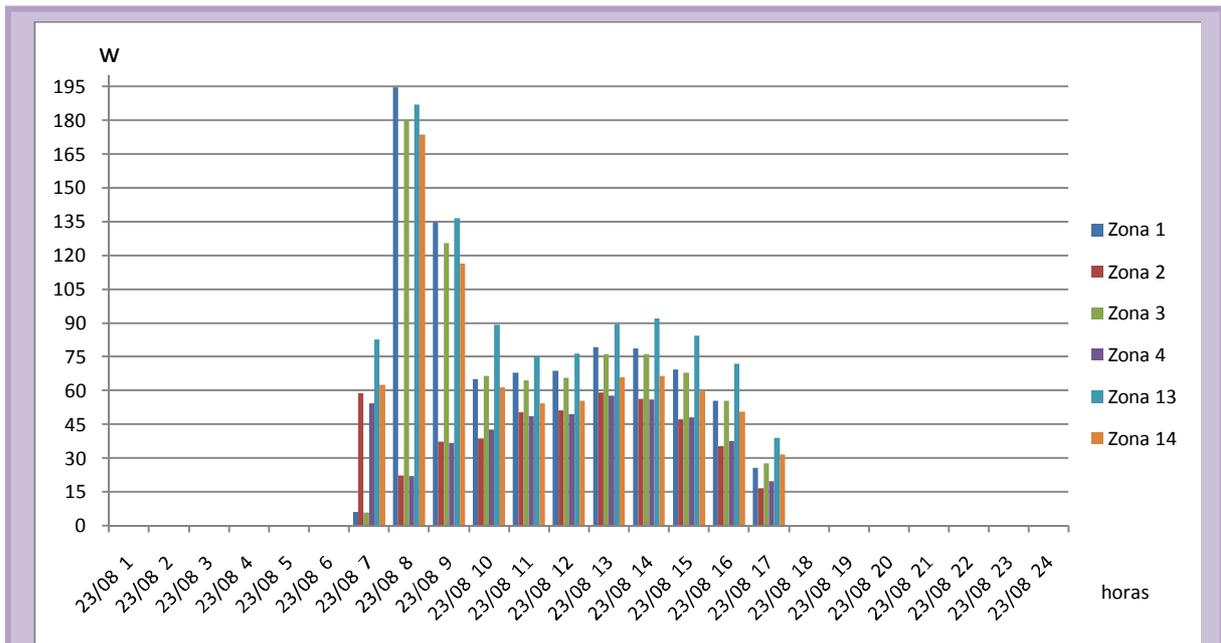


Gráfico 19: Transmitância solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno.
Fonte: Autor (2009).

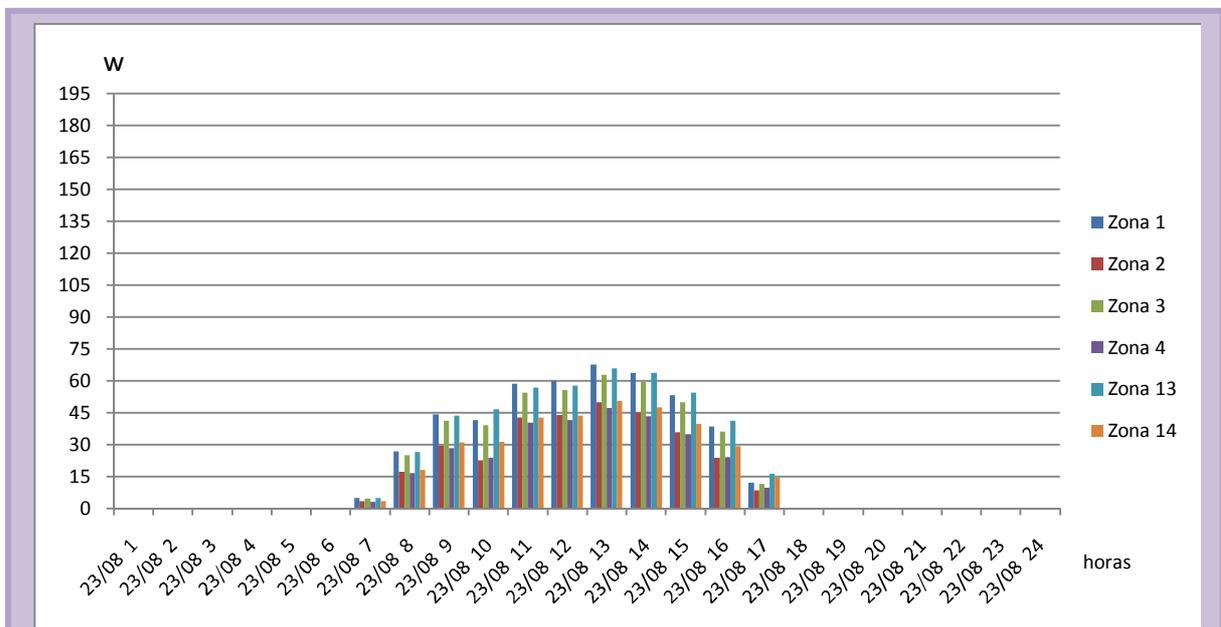


Gráfico 20: Transmitância solar (W). Edif. com protetor – Dia típico de projeto de inverno.
Fonte: Autor (2009).

No dia típico de verão, a zona térmica que recebeu maior transmissão solar foi a 13, enquanto na zona 2 essa transmissão foi menor. No dia típico de inverno, a zona 1 foi a que recebeu maior transmissão solar, enquanto a zona 4 foi a que recebeu menos. Tais constatações foram observadas nas duas situações analisadas, como pode ser observado na tabela 11.

Tabela 11: Valores máximos e mínimos de transmissão solar registrados em cada zona térmica (w).

TX DE INFILTRAÇÃO DO AR 1 ren/h			
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - verão		EDIFÍCIO COM PROTETOR - verão	
Zona 13 = 176.6w	zona 14 = 128.1w	Zona 13 = 73.5w	zona 14 = 52.2w
zona 3 = 123.3w	zona 4 = 79.1w	zona 3 = 53.6w	zona 4 = 31.6w
zona 1 = 115.3w	zona 2 = 68.7w	zona 1 = 56.2w	zona 2 = 26.5w
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - inverno		EDIFÍCIO COM PROTETOR - inverno	
Zona 13 = 186.9w	zona 14 = 173.6w	Zona 13 = 66.0w	zona 14 = 50.5w
zona 3 = 179.9w	zona 4 = 57.7w	zona 3 = 62.8w	zona 4 = 47.3w
zona 1 = 194.6w	zona 2 = 59.1w	zona 1 = 67.5w	zona 2 = 49.9w

Obs.: Em vermelho, valores máximos; em cinza, valores mínimos.

Com base nos valores horários obtidos de transmissão solar, foram calculadas as reduções médias entre as duas situações analisadas e pôde-se constatar que a utilização de dispositivo de sombreamento foi capaz de promover as seguintes reduções na transmissão solar:

Tabela 12: Reduções médias (%) da transmissão solar através do uso do protetor solar.

ZONAS	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno
Zona 1	53.9%	33.7%
Zona 2	62.3%	31.6%
Zona 3	58.7%	36.5%
Zona 4	62.9%	34.1%
Zona 13	60.8%	48.8%
Zona 14	61.6%	48.2%

Obs.: Em vermelho, maior porcentagem de redução; em cinza, menor porcentagem de redução.

3.2.1.4 Síntese das análises Edifício de referência x Edifício com protetor solar

Quanto aos valores de transmissão solar, a avaliação comparativa entre os resultados de simulação do modelo de referência e o modelo com a utilização de dispositivo de protetor solar mostrou que durante todo o ano os quartos (zonas térmicas 1, 3 e 13), ambientes estes que no modelo de simulação possuem uma de suas paredes voltadas para SO, e que recebem pouco sombreamento do entorno, apresentaram valores mais acentuados de ganhos térmicos e de transmissão solar, se comparado, às zonas 2, 4 e 14, que possuem maior sombreamento, inclusive do próprio edifício. **A utilização de protetores solares resultou em reduções bastante significativas dessas duas variáveis (máxima redução da transmissão solar na zona 4, no verão, da ordem de 63% e 99% para ganhos térmicos também na zona 4).**

Em relação à temperatura média interna resultante, verificou-se que os maiores valores médios foram registrados nas zonas térmicas localizadas mais distantes do solo e mais expostas a radiação solar através da cobertura (zonas 13 e 14), mas ao relacionar esta variável com a umidade relativa do ar no seu interior, verificou-se que a zona térmica 14 (sala do 4º pavimento) apresentou a maior duração das horas do dia em situação de conforto, principalmente no inverno, quando foram registrados os menores valores temperaturas média interna, se comparado ao verão.

Notou-se ainda, nas simulações realizadas, que **a variação dos parâmetros construtivos analisados resultou em pouca variação da temperatura média interna.** Tal fato assemelha-se à análise desenvolvida por Pereira e Ghisi (2009), que, ao variarem seis parâmetros (temperatura do solo, geometria da edificação, resistência térmica dos materiais da envoltória, absorvância dos materiais da envoltória, ganhos internos de calor por equipamentos e infiltração de ar) para uma residência unifamiliar localizada em Florianópolis, verificaram

apenas variações entre 0,1 a 0,5°C na temperatura média interna. Os autores, a fim de calibrar os resultados das simulações, compararam esses resultados com resultados de medições *in loco*, e com isso constataram algumas diferenças entre os valores encontrados. Essas diferenças foram mais identificadas nas situações de menores valores médios de temperatura.

Da mesma forma, Loura e Assis (2007) analisaram o comportamento dos valores de temperatura do ar interna gerados pelo *Energyplus* versão 1.2.2 considerando o algoritmo de transferência térmica, *conduction transfer function* (o mesmo algoritmo utilizado nas simulações do presente trabalho), através de simulações de diferentes condições de ocupação de um ambiente e tendo como parâmetro valores de medições *in loco*. Observaram que a queda da temperatura simulada acontece de forma mais lenta; que em todo o período analisado as temperaturas internas simuladas são mais elevadas que as medidas; e que as diferenças são mais significativas nos momentos de temperaturas internas mais baixas.

Comprova-se, portanto, que resultados de simulações até aqui realizadas em algumas pesquisas têm demonstrado limitações nos dados de saída, relacionados a valores de temperatura do ar, do *Energyplus* (ENERGYPLUS, 2009), que devem ser consideradas e relativizadas, em face da importância desse instrumento como ferramenta para os diversos estudos e ações de certificação na área.

3.2.2 Edifício de referência x Edifício sem entorno

O presente subitem descreve os resultados obtidos através da análise paramétrica do edifício de referência com a simulação em que não foi considerado o entorno que compõe o arranjo construtivo, para as duas considerações de taxas de infiltração do ar.

3.2.2.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C)

Como já mencionado anteriormente, no modelo de referência as zonas térmicas avaliadas sob uma taxa de infiltração de ar de 1ren/h apresentaram valores médios de temperaturas internas entre 28,5°C a 34,2°C no dia típico de verão e 25,2°C a 33,9°C no dia típico de inverno. Já na simulação em que não foi considerado o entorno, os valores médios de temperatura interna no dia típico de verão variaram de 28.8 a 34.4°C, e no inverno de 25.3 a 34.1°C. (Gráficos 21 a 24).

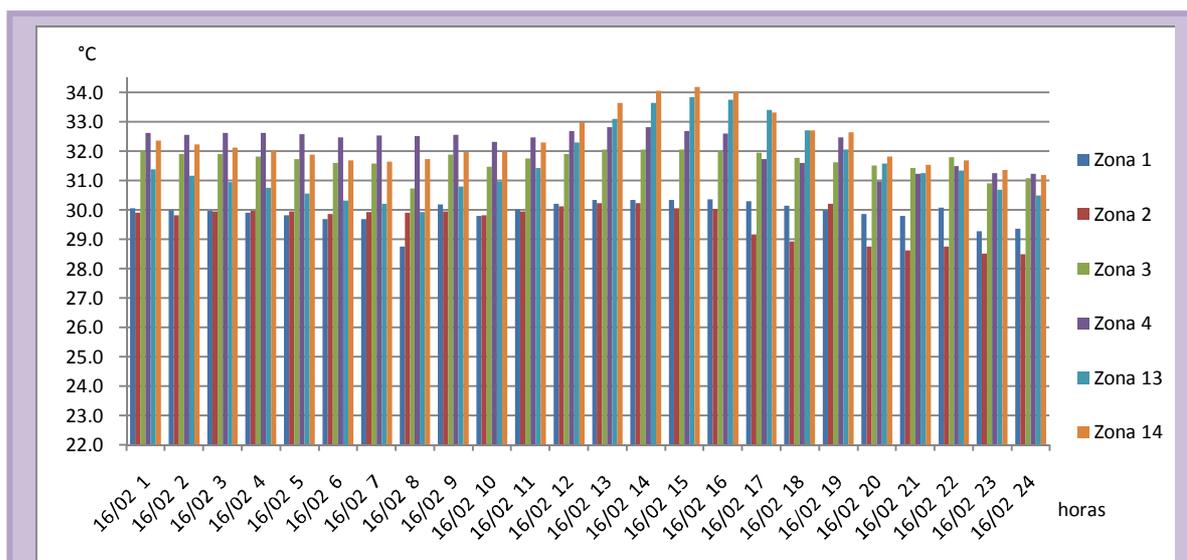


Gráfico 21: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.

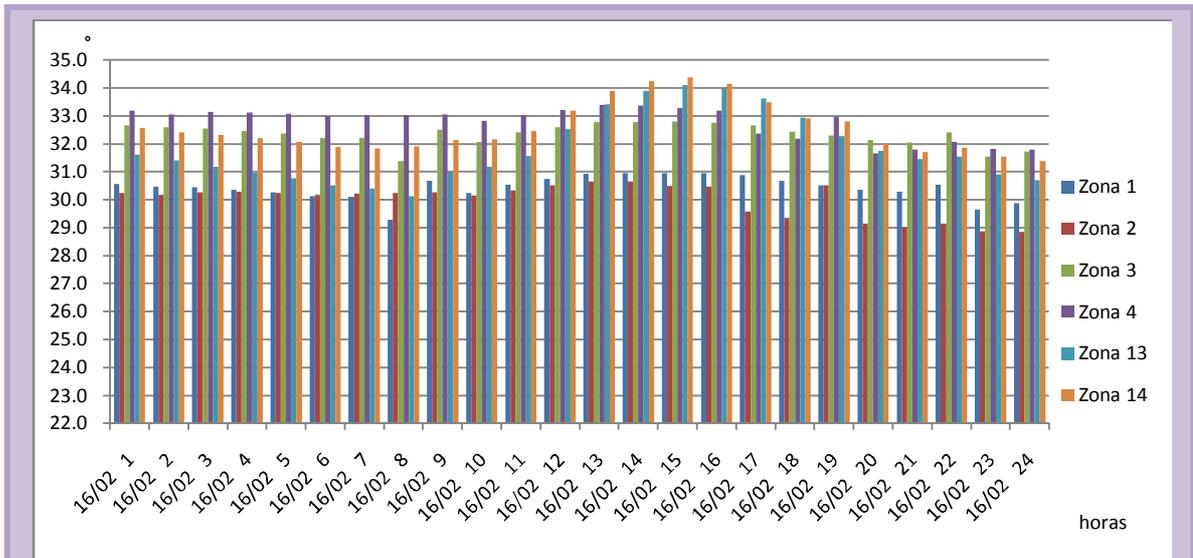


Gráfico 22: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.

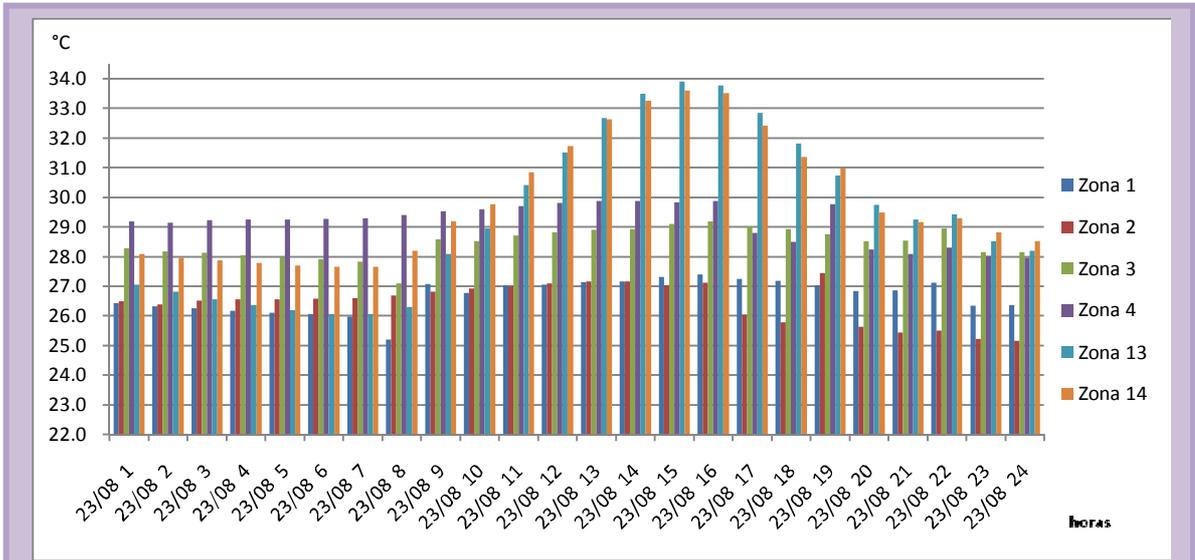
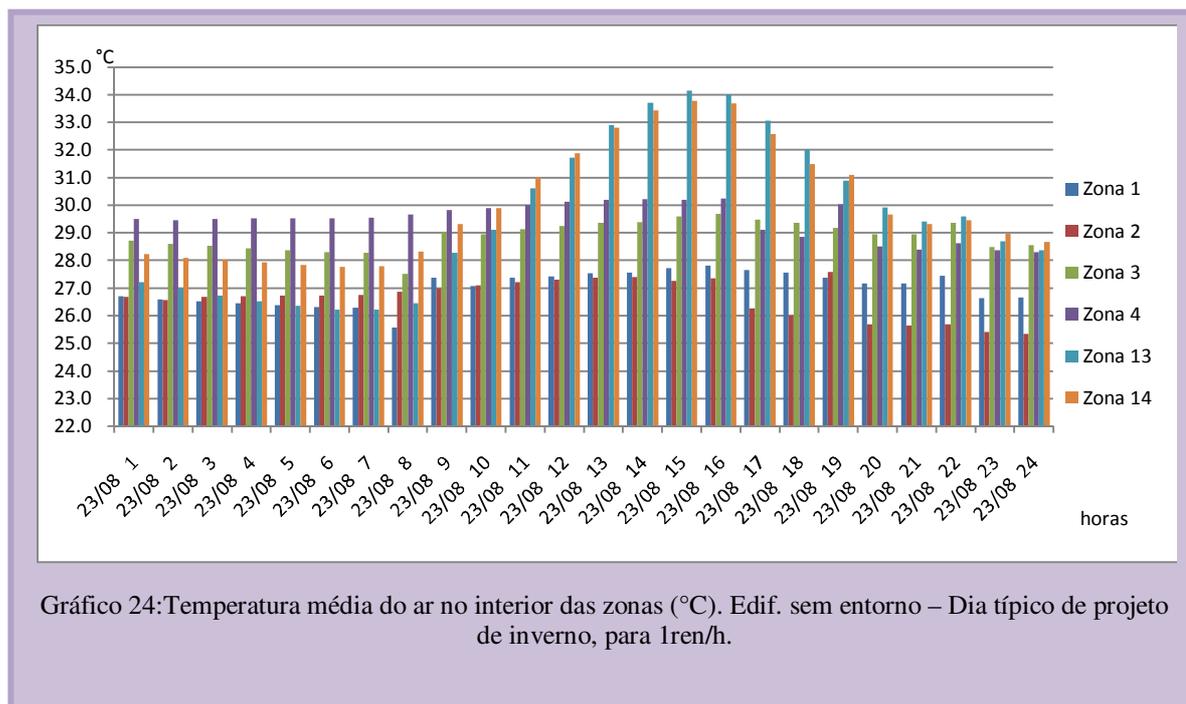


Gráfico 23: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.

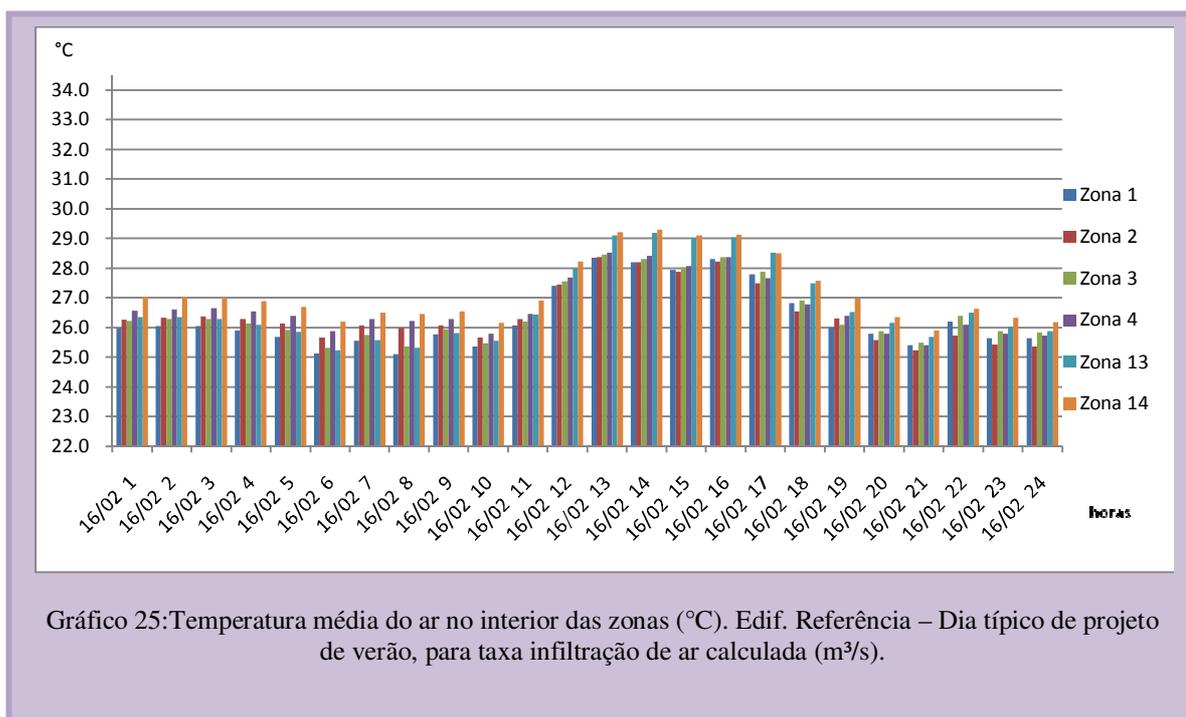


De acordo com os gráficos apresentados, observou-se que a desconsideração do entorno resultou em aumentos nos valores de temperatura média interna; **porém, no dia típico de verão, observou-se que essas alterações de temperatura tiveram seus maiores registros nas zonas localizadas no pavimento térreo, zonas 1 e 2, e no pavimento intermediário, nas zonas 3 e 4 (aproximadamente 0,7 °C de diferença). As zonas térmicas 13 e 14, localizadas no 4º pavimento, foram as que apresentaram menor alteração de temperatura, aproximadamente 0,2°C.** Tais valores reiteram o que já foi identificado no item 3.1 deste capítulo, ou seja, que a presença do entorno imediato contribui no verão para o sombreamento apenas nas zonas localizadas do térreo ao 2º pavimento.

No dia típico de inverno, verificou-se uma menor variação dos valores de temperatura interna. Nas zonas 1 e 2 do térreo essa variação foi entre 0,2°C a 0,3°C; nas zonas 3 e 4 do pavimento intermediário houve uma variação entre 0,3°C a 0,4°C, e assim como no verão, foram nas zonas 13 e 14 localizadas no 4º pavimento, que ocorreram as menores diferenças de temperatura entre: 0,1° a 0,2°C. Ou seja, **para essa orientação e configuração de arranjo**

construtivo, no dia típico de inverno o entorno exerce pouca influência nos valores de temperatura interna registrados.

A consideração de taxas de infiltração do ar calculadas (quadro 4) resultou em reduções significativas nos valores de temperaturas internas. O modelo de referência apresentou valores médios de temperaturas internas entre 25,4°C a 29,3°C no dia típico de verão e 22,1°C a 29,9°C no dia típico de inverno. No modelo sem considerar a influência do entorno, os valores de temperaturas internas variaram entre 25,5°C a 29,4°C no dia típico de verão e 22,3°C a 30°C no dia típico de inverno (ver gráficos 25 a 28).



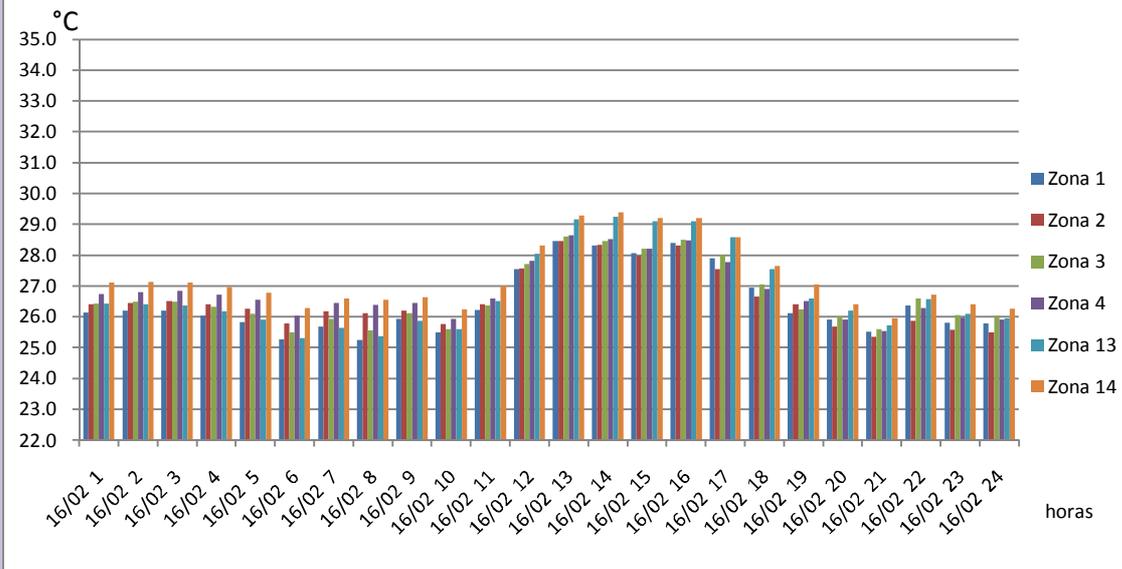


Gráfico 26: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).

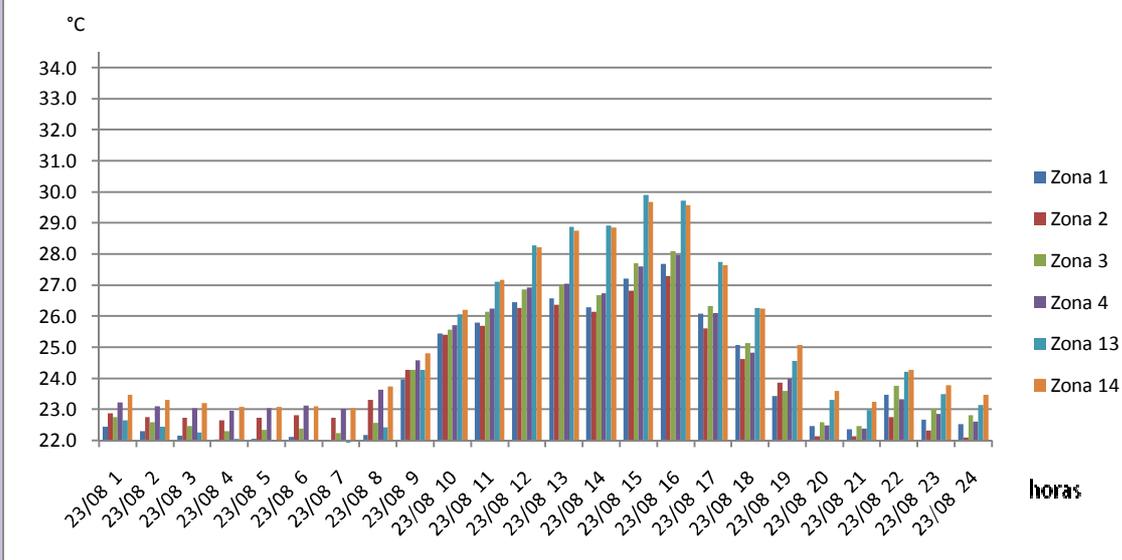
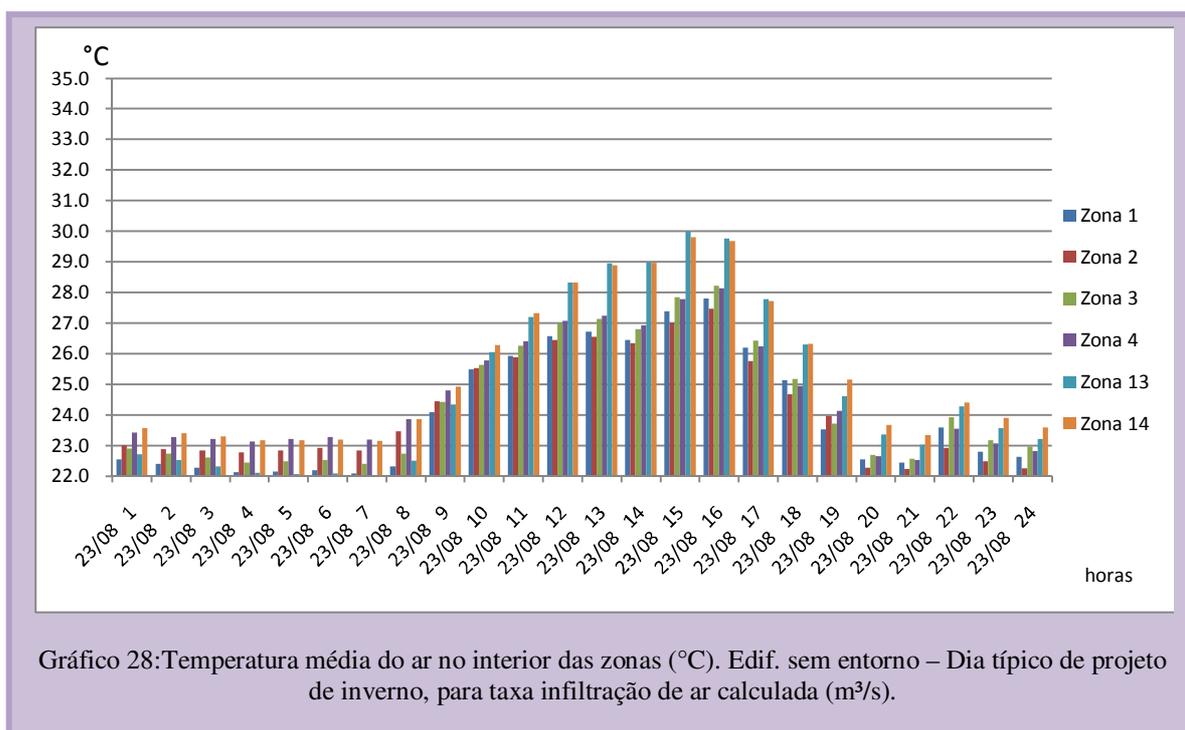


Gráfico 27: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).



A consideração de maiores taxas de infiltração do ar contribuiu para a redução das diferenças de temperatura entre as zonas, ou seja, para taxas de infiltração de ar de 1 ren/h, observa-se claramente que nas zonas do último pavimento (zonas 13 e 14) é onde se registram as maiores temperatura ao longo do dia, vindo em seguida as zonas do pavimento intermediário (zonas 3 e 4); já para taxas de infiltração do ar calculadas (quadro 4), verifica-se que essa diferença entre a temperatura interna das zonas diminui.

As diferenças dos valores de temperatura interna entre o modelo de referência e o sem considerar o entorno, para taxas de infiltrações calculadas (quadro 4), foram mínimas. Verificou-se que a desconsideração do entorno acarretou um aumento de 0,1°C a 0,2°C nos dois dias típicos. Ou seja, **ao considerar maiores taxas de infiltração do ar, o entorno apresentou-se como um parâmetro de pouca influência nos valores de temperatura média no interior das zonas térmicas.**

Com base nos valores de temperatura média interna e nos de umidade relativa do ar, observou-se que no dia típico de verão, a taxa de infiltração de 1ren/h representou cem por cento de horas de desconforto, tanto no modelo de referência como no modelo sem entorno em todas as zonas térmicas. A consideração de taxas de infiltração do ar calculadas (quadro 4) resultou em horas de conforto nas duas condições analisadas, porém permaneceu na maior parte do dia a sensação de desconforto. As maiores porcentagens de horas de conforto foram registradas nas zonas 4 e 14, que representam as salas do pavimento intermediário e 4º pavimento, respectivamente (Tabela 13).

Tabela 13: Porcentagem de horas de conforto e desconforto no dia típico de verão nas zonas – edf. Referência x sem entorno.

Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
3	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
13	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	0%	100%	0	100%	4.17%	91.7%	0%	91.7%
4	0%	100%	0	100%	12.5%	83.3%	0%	83.3%
14	0%	100%	0	100%	33.3%	62.5%	0%	62.5%

Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO SEM ENTORNO							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
3	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
13	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	0%	100%	0	100%	4.17%	91.7%	0%	91.7%
4	0%	100%	0	100%	20.8%	75%	0%	66.7%
14	0%	100%	0	100%	33.3%	62.5%	0%	62.5%

Obs: em vermelho, maior porcentagem; em cinza, menor porcentagem.

No dia típico de inverno, para taxa de infiltração do ar de 1ren/h, observa-se o registro de algumas horas de conforto na zona 2 (16,7%) e zona 13 (8,33%), apresentando idêntica porcentagem de horas de conforto tanto no edifício de referência como no sem entorno.

Ao considerar as taxas de infiltração do ar calculadas (quadro 4), verificou-se a ocorrência de maior porcentagem de horas de conforto nas zonas térmicas 1, 2, 4 e 13; as horas de conforto foram percentualmente menores no modelo sem entorno em relação ao de referência (20,8%, 8,33%, 4,17% e 0%, respectivamente), como pode ser observado na tabela 14.

Tabela 14: Porcentagem de horas de conforto e desconforto no dia típico de inverno nas zonas – edf. Referência x sem entorno.

Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA							
Quarto	Horas de conforto (%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	95.8%	0%	95.8%	70.8%	29.2%	0%	29.2%
3	0%	100%	0%	100%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
13	8.33%	91.7%	0%	91.7%	87.5%	4.17%	0%	4.17%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	16.7%	83.3%	0%	83.3%	79.2%	20.8%	0%	20.8%
4	0%	87.5%	0%	87.5%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
14	0%	62.5%	0	62.5%	91.7%	0%	0%	0%

Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO SEM ENTORNO							
Quarto	Horas de conforto (%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	79.2%	20.8%	0%	20.8%
3	0%	100%	0	100%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
13	8.33%	91.7%	0	91.7%	91.7%	0%	0%	0%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	16.7%	83.3%	0	83.3%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
4	0%	87.5%	0	87.5%	95.8%	4.17%	0%	4.17%
14	0%	62.5%	0	62.5%	91.7%	0%	0%	0%

Obs: em vermelho, maior porcentagem; em cinza, menor porcentagem.

Diante das informações obtidas a partir das cartas bioclimáticas geradas no programa *Analysis Bio* (LabEEE, 2010) para a obtenção de mais horas de conforto nos dois dias típicos de projeto avaliados, há a necessidade do uso de ar-condicionado ao considerar taxas de infiltração de 1 ren/h e a utilização da ventilação, nas taxas de fluxo de ar (quadro 4), como pode ser observado no apêndice C, situação 49 a 72.

3.2.2.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)

Para a análise dos ganhos de calor pelas janelas, através da avaliação comparativa do modelo de referência com o modelo em que foi desconsiderado o entorno, foram observados **aumentos significativos dos ganhos de calor em todas as zonas térmicas na situação sem entorno**, chegando a atingir em média 2,4 vezes a mais no dia típico de verão e 1,5 vezes a mais no dia típico de inverno, em relação aos valores de ganhos térmicos registrados no modelo de referência e para todas as taxas de infiltração consideradas. Tais valores de ganhos de calor foram registrados das 8h às 17 h, como pode ser observado nos gráficos 29 a 36.

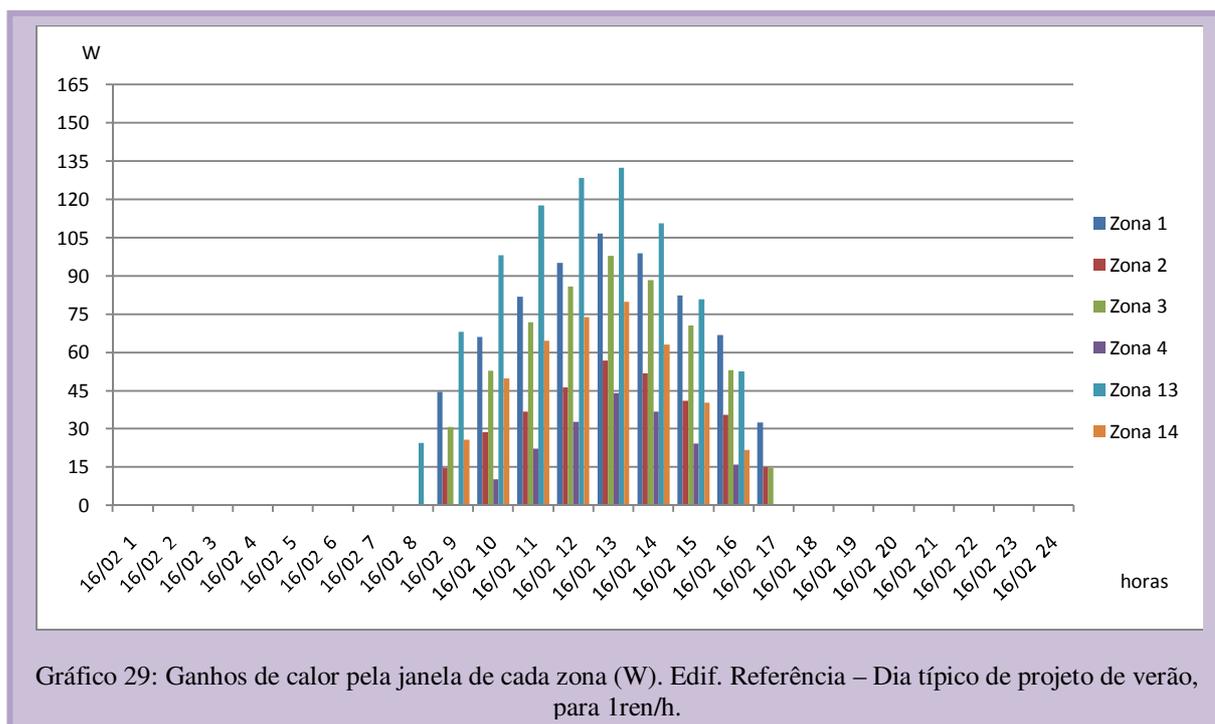
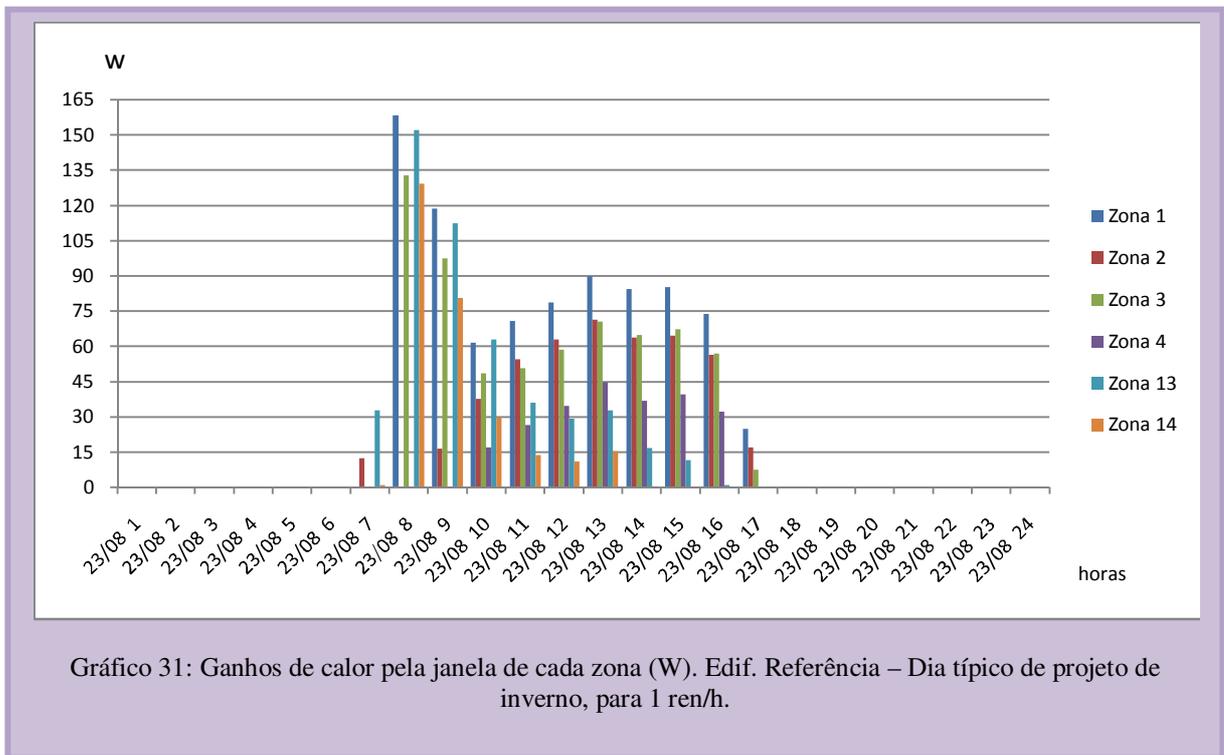
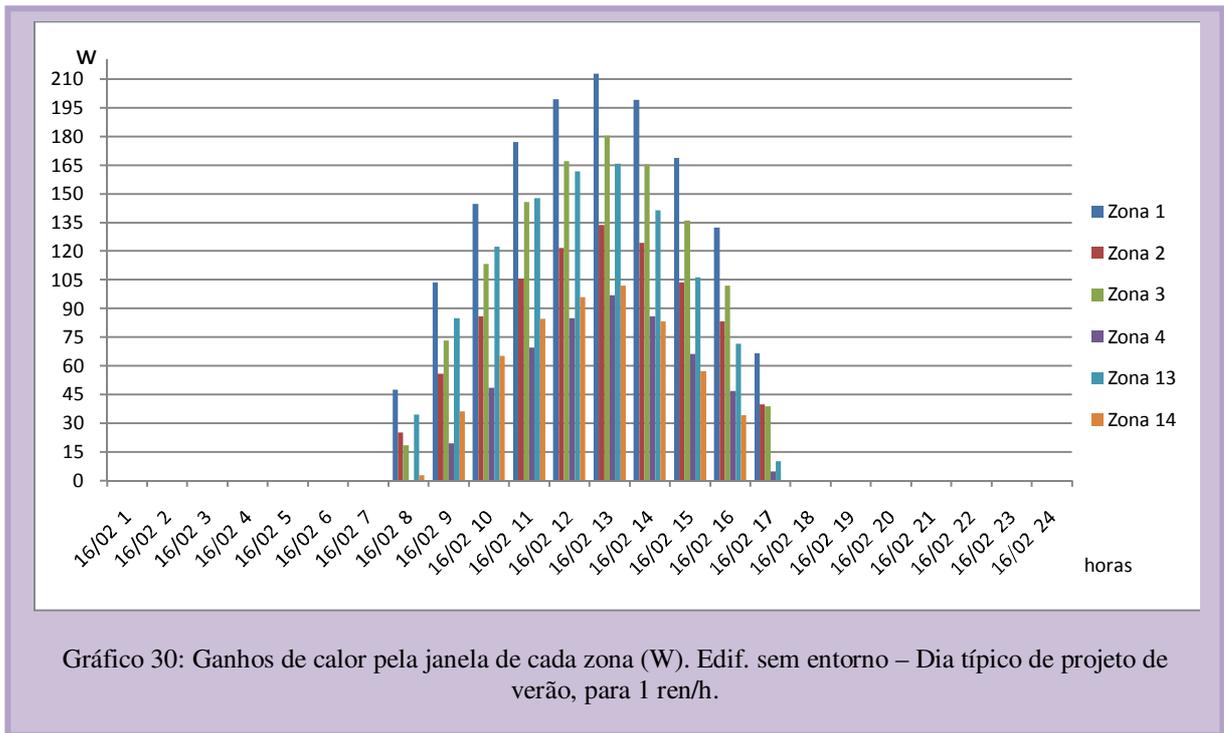


Gráfico 29: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.



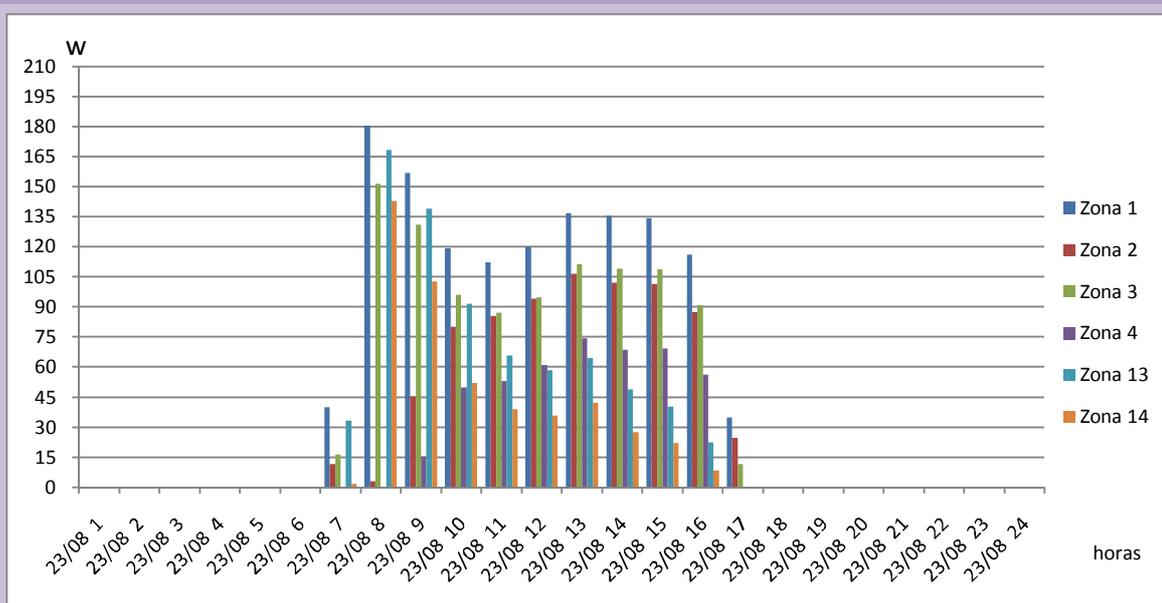


Gráfico 32: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.

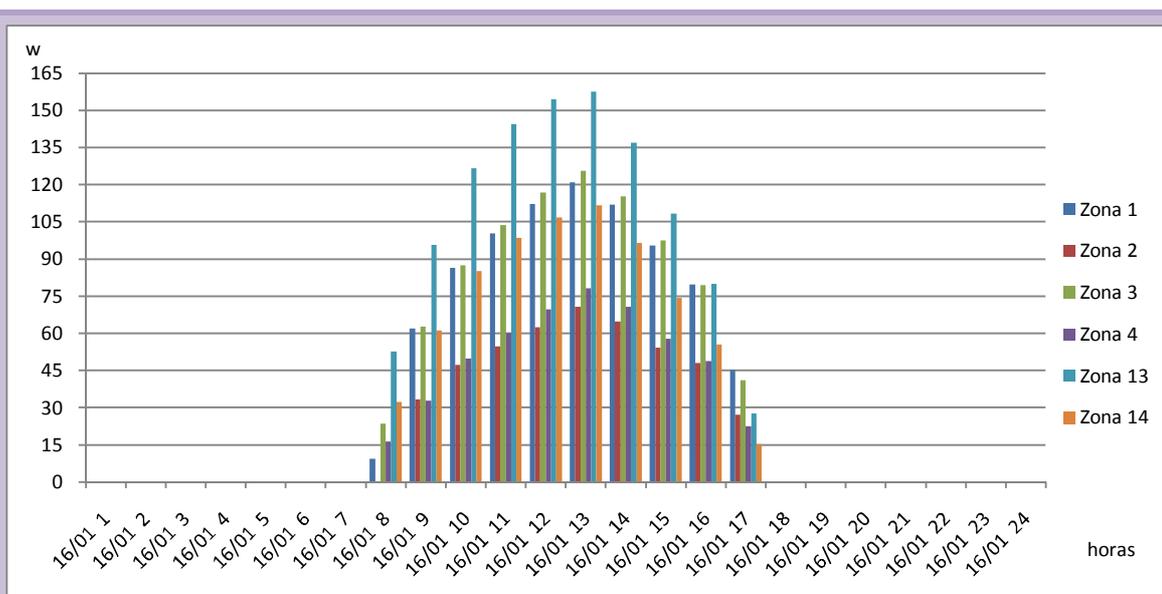
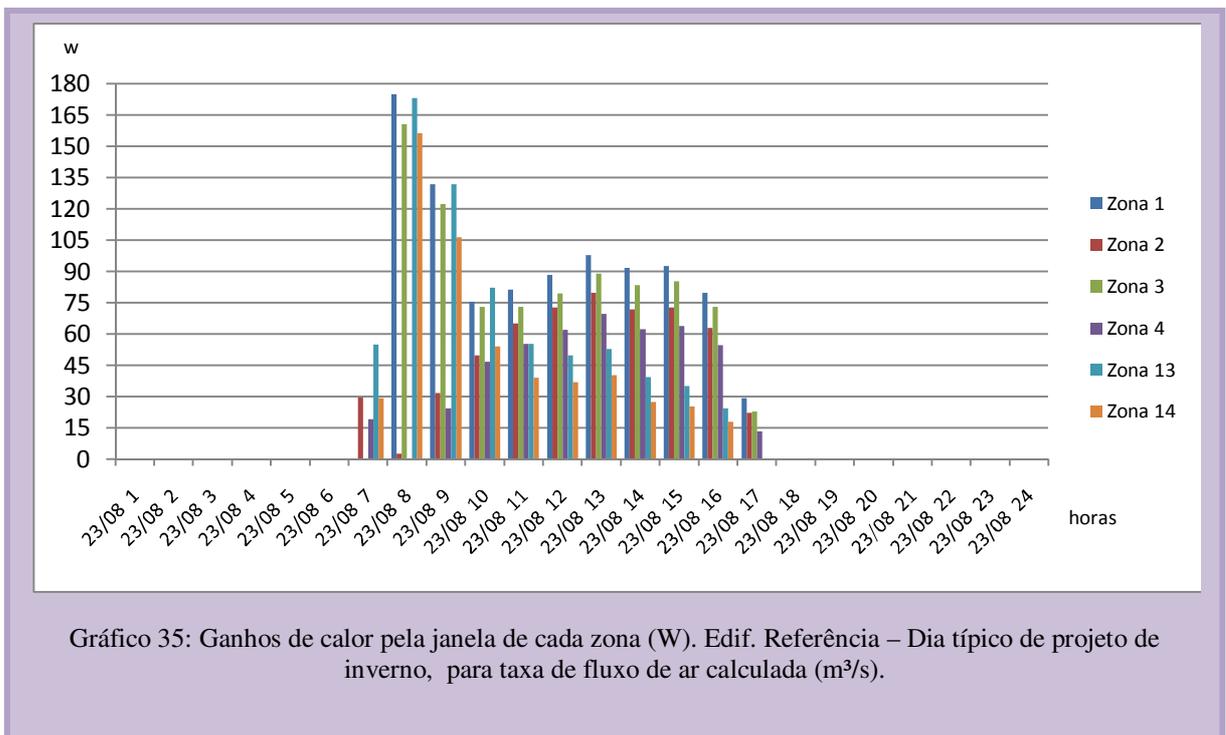
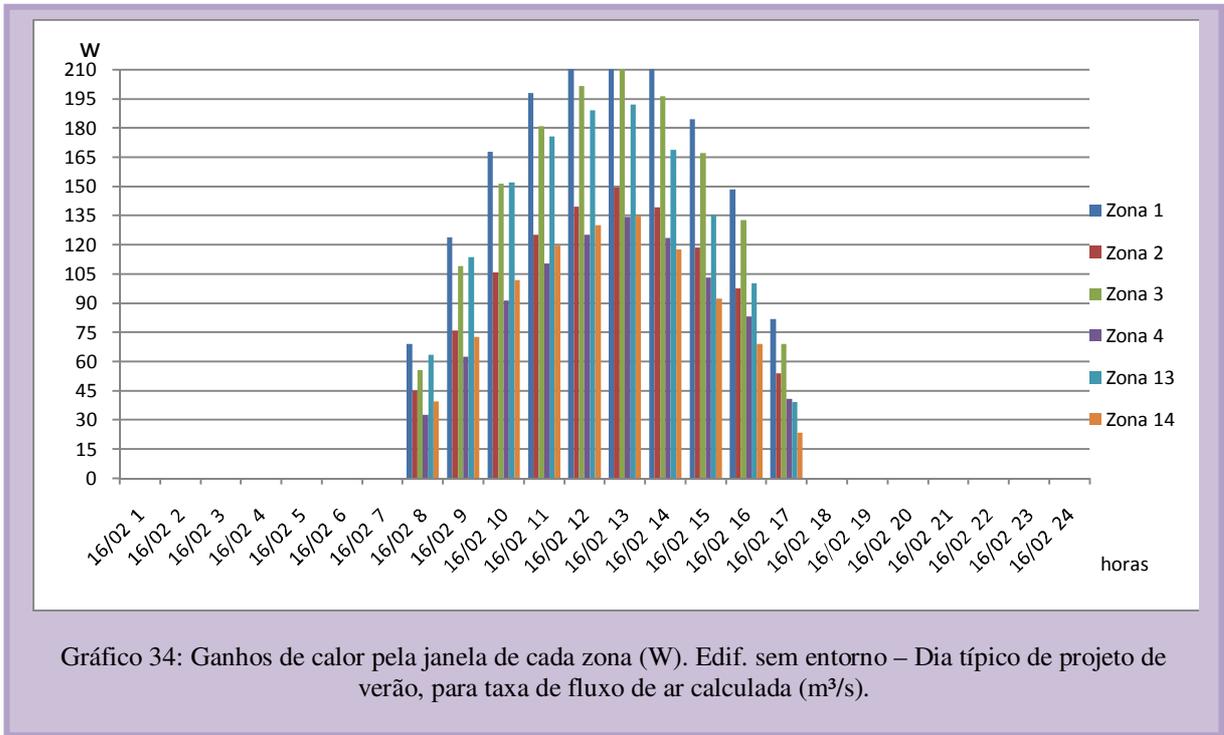


Gráfico 33: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de verão, para taxa de fluxo de ar calculada (m^3/s).



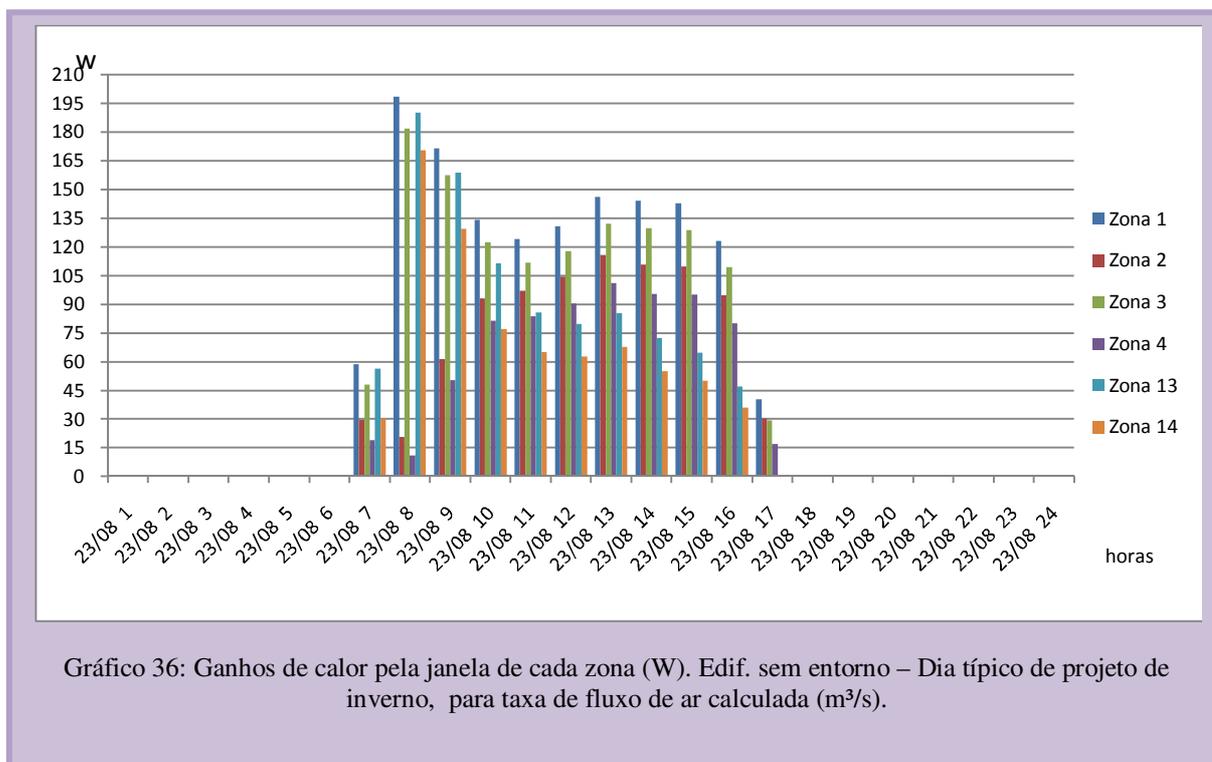


Gráfico 36: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno, para taxa de fluxo de ar calculada (m³/s).

Percebeu-se que ocorre nas zonas 1, 3 e 13(quartos) o registro dos maiores ganhos de calor, tanto no edifício de referência como no edifício sem a presença do entorno. Justifica-se tal situação pelo fato de estas zonas possuírem uma de suas paredes voltadas para sudoeste e nenhum elemento que promova sombreamento, a exemplo das zonas 2, 4 e 14, como pode ser observado na figura 26, do início do presente capítulo.

Das zonas 1, 3 e 13, observou-se que no edifício de referência a zona térmica que recebeu maior ganho térmico no verão foi a 13. Já no inverno foi a zona 1 que recebeu maior ganho. No modelo sem entorno, nos dois dias típicos de projeto analisados, a zona 1 foi a que recebeu maiores ganhos de calor, como pode ser observado na tabela 15.

Tabela 15: Ganhos de calor solar máximo e mínimo por zonas térmicas (W).

TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h			
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - verão		EDIFÍCIO S/ ENTORNO - verão	
Zona 13 = 132.3w	zona 14 = 79.8w	Zona 13 = 165.7w	zona 14 = 101.8w
zona 3 = 97.8w	zona 4 = 44w	zona 3 = 180.3w	zona 4 = 97.1w
zona 1 = 106.5w	zona 2 = 56.8w	zona 1 = 212.9w	zona 2 = 133.8w
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - inverno		EDIFÍCIO S/ ENTORNO - inverno	
Zona 13 = 152.1w	zona 14 = 129.2w	Zona 13 = 168.5w	zona 14 = 142.9w
zona 3 = 132.8w	zona 4 = 44.7w	zona 3 = 151.5w	zona 4 = 74.2w
zona 1 = 158.4w	zona 2 = 71.4w	zona 1 = 180.5w	zona 2 = 106.6w
TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - verão		EDIFÍCIO S/ENTORNO - verão	
Zona 13 = 157.6w	zona 14 = 111.7w	Zona 13 = 192.0w	zona 14 = 134.8w
zona 3 = 125.7w	zona 4 = 78.3w	zona 3 = 211.8w	zona 4 = 134.5w
zona 1 = 120.9w	zona 2 = 70.7w	zona 1 = 229.7w	zona 2 = 149.4w
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - inverno		EDIFÍCIO S/ ENTORNO- inverno	
Zona 13 = 173.2w	zona 14 = 156.3w	Zona 13 = 190.3w	zona 14 = 170.6w
zona 3 = 160.8w	zona 4 = 69.6w	zona 3 = 181.8w	zona 4 = 101.0w
zona 1 = 175.1w	zona 2 = 79.8w	zona 1 = 198.6w	zona 2 = 115.9w

Obs.: Em vermelho, maior ganho de calor; em cinza menor ganho.

De acordo com os gráficos e tabela apresentados, **percebeu-se que a ausência do entorno representou maiores ganhos de calor nos horários registrados dos dois dias típico**. Nas simulações realizadas com a taxa de infiltração de 1ren/h, a zona 2 e a zona 14 foram as que mais sofreram aumentos, em média 173% e 104%, no verão e inverno, respectivamente. O mesmo ocorreu nas simulações com taxas de infiltração do ar calculada (quadro 4): a zona 2 teve um aumento médio de 117% e a zona 14 um aumento de 58%, no verão e inverno, respectivamente, como pode ser observado da tabela 16. Notou-se que a consideração de taxas de infiltração de ar maiores representou menores ganhos de calor, se comparada à situação com taxa de infiltração do ar de 1ren/h.

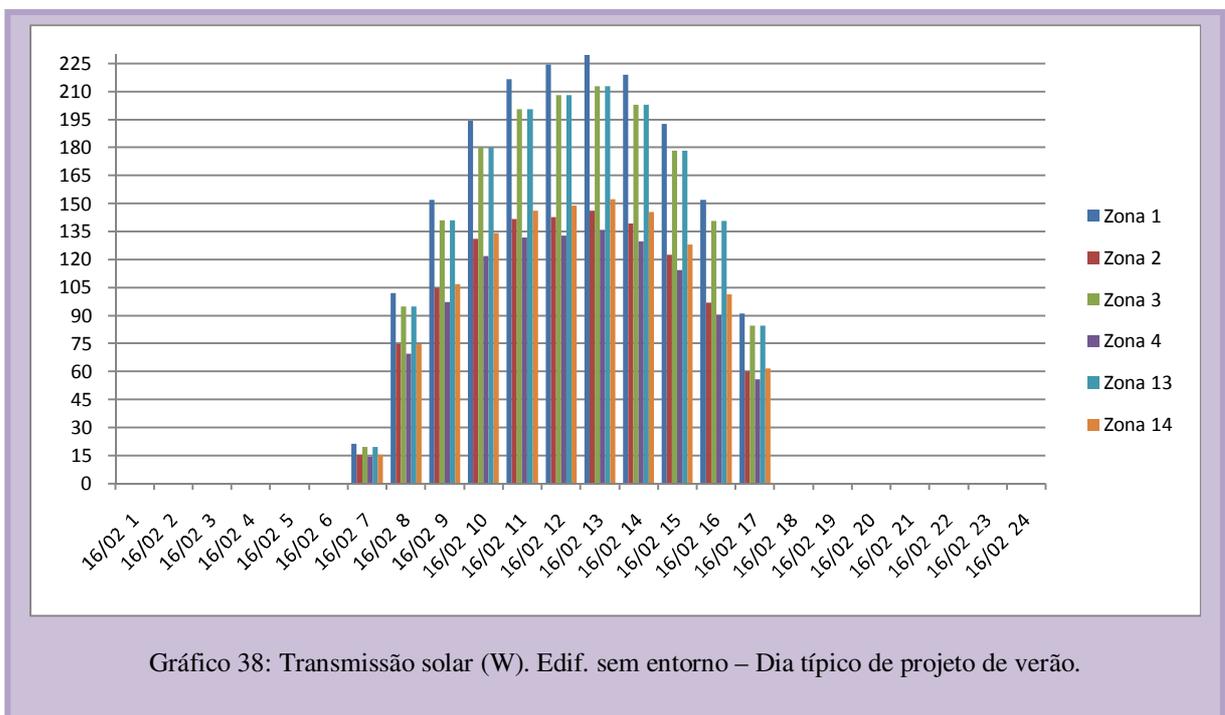
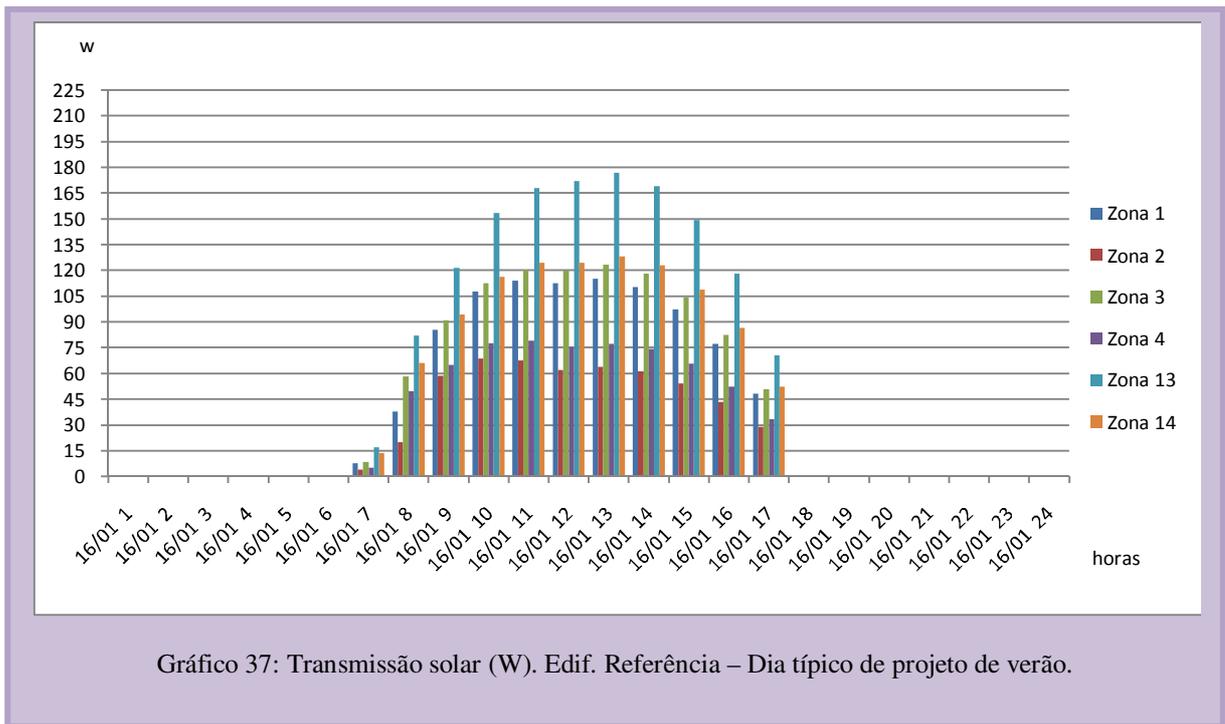
Tabela 16: Média de aumento dos ganhos de calor solar com a ausência do entorno.

ZONAS	TAXA DE INFILTRAÇÃO 1 ren/h		TAXA INFILTRAÇÃO CALCULADA (m³/s).	
	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno
Zona 1	110%	52%	92%	47%
Zona 2	173%	65%	117%	51%
Zona 3	108%	58%	78%	44%
Zona 4	166%	95%	82%	49%
Zona 13	29%	88%	24%	50%
Zona 14	36%	104%	25%	58%

Obs: em vermelho, maior porcentagem de ganhos de calor; em cinza, menor porcentagem de ganhos de calor.

3.2.2.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)

A transmissão solar através da janela nas simulações realizadas foi registrada entre 7h e 17h, tanto no edifício de referência como no edifício com a desconsideração do entorno. Notou-se que **a presença do entorno contribui significativamente para a redução das taxas de transmissão solar no edifício de referência**, pois no modelo sem entorno foram registradas no dia típico de verão diferenças médias 1,7 vez maiores do que no edifício de referência, e no dia típico de inverno, diferenças médias 1,5 vez maior. Além disso, percebeu-se que **as diferenças médias de transmissão solar apresentaram valores bastante semelhantes de acordo com a altura em que cada zona se encontra em relação ao solo**, sendo as zonas 1 e 2 (térreo) as que apresentaram maiores diferenças entre o modelo sem entorno e o de referência, como pode ser observado nos gráficos 37 a 40.



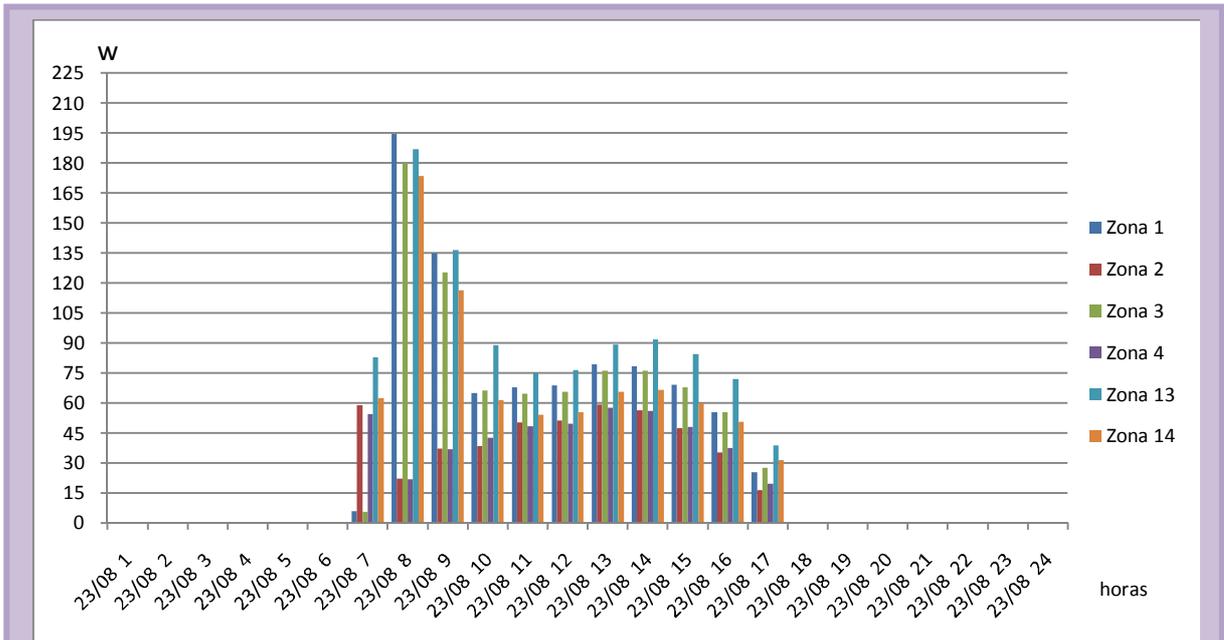


Gráfico 39: Transmissão solar (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno.

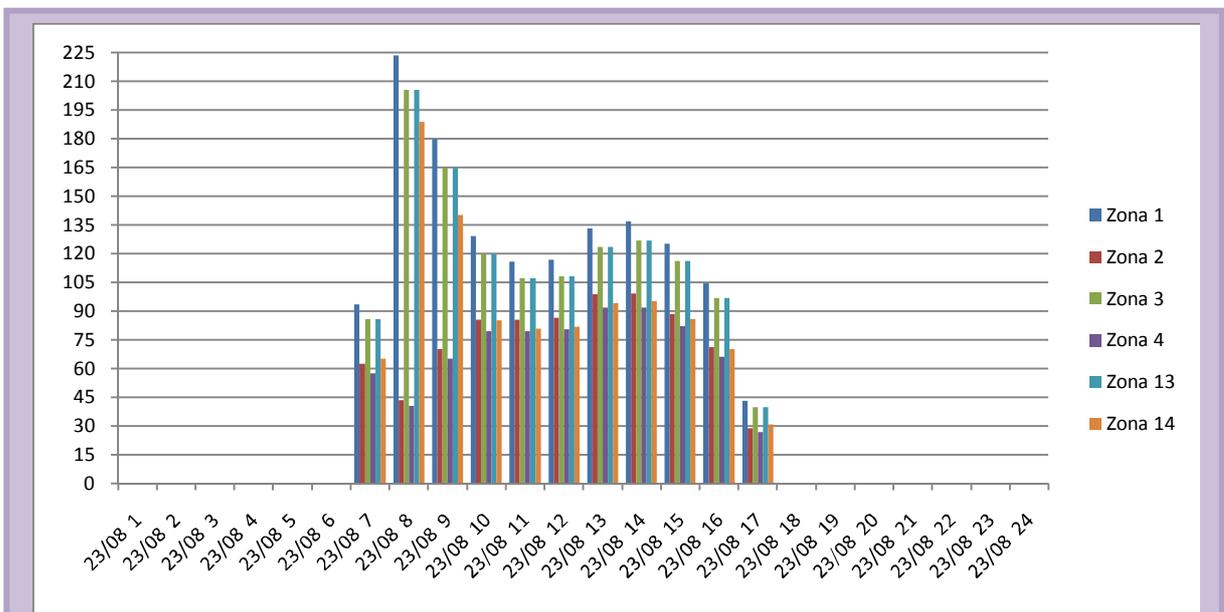


Gráfico 40: Transmissão solar (W). Edif. sem entorno – Dia típico de projeto de inverno.

Verificou-se que o modelo de referência apresentou maiores transmissões solares, no dia típico de verão, na zona térmica 13, enquanto a que menos recebeu foi a zona 2. No dia típico de inverno, a zona 1 foi a que recebeu maior transmissão solar, enquanto a zona 4 foi a que recebeu menos. A desconsideração do entorno fez com que a zona 1 e a zona 4 recebessem maior e menor transmissão solar, respectivamente, para as dois dias típicos analisados (Tabela 17).

Tabela 17: Valores máximos de transmissão solar registradas em cada zona térmica (w).

TX DE INFILTRAÇÃO DO AR 1 ren/h			
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - verão		EDIFÍCIO SEM ENTORNO - verão	
Zona 13 = 176.6w	zona 14 = 128.1w	Zona 13 = 212.8w	zona 14 = 152.2w
zona 3 = 123.3w	zona 4 = 79.1w	zona 3 = 212.8w	zona 4 = 135.9w
zona 1 = 115.3w	zona 2 = 68.7w	zona 1 = 229.6w	zona 2 = 146.0w
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - inverno		EDIFÍCIO SEM ENTORNO - inverno	
Zona 13 = 186.9w	zona 14 = 173.6w	Zona 13 = 205.5w	zona 14 = 189.1w
zona 3 = 179.9w	zona 4 = 57.7w	zona 3 = 205.5w	zona 4 = 92.0w
zona 1 = 194.6w	zona 2 = 59.1w	zona 1 = 223.7w	zona 2 = 99.1w

Obs.: Em vermelho, valores máximos; em cinza, valores mínimos.

Com base nos valores obtidos de transmissão solar, calcularam-se os aumentos médios entre as duas situações analisadas e pôde-se constatar que a desconsideração do entorno foi capaz de promover aumentos bastante significativos (da ordem de 190%) na transmissão solar (tabela 18):

Tabela 18: Aumentos médios (%) da transmissão solar com a desconsideração do entorno.

ZONAS	Dia Típico de verão	Dia típico de inverno
Zona 1	107%	195%
Zona 2	142%	78%
Zona 3	73%	181%
Zona 4	75%	62%
Zona 13	18%	28%
Zona 14	16%	31%

Obs.: Em vermelho, maior porcentagem de aumento; em cinza, menor porcentagem de aumento.

3.2.2.4 Síntese das análises Edifício de referência x Edifício sem entorno

Neste contexto, na avaliação comparativa entre a simulação do modelo de referência e o modelo com a desconsideração do entorno, observa-se que durante os dias típicos de projeto analisados, os ambientes em que a ausência do entorno interferiu de forma mais significativa foram as zonas térmicas localizadas no térreo 1 e 2 e nas zonas do 4º pavimento 13 e 14, estas duas últimas com valores mais acentuados no dia típico de inverno.

A ausência de entorno representou ganhos de calor de até 2,4 vezes em relação ao modelo de referência. Esses ganhos de calor obtiveram seus maiores registros nas zonas 1, 3 e 13; porém, no comparativo entre as duas situações analisadas, a zona 2 obteve um maior aumento médio de ganhos de calor com a ausência do entorno.

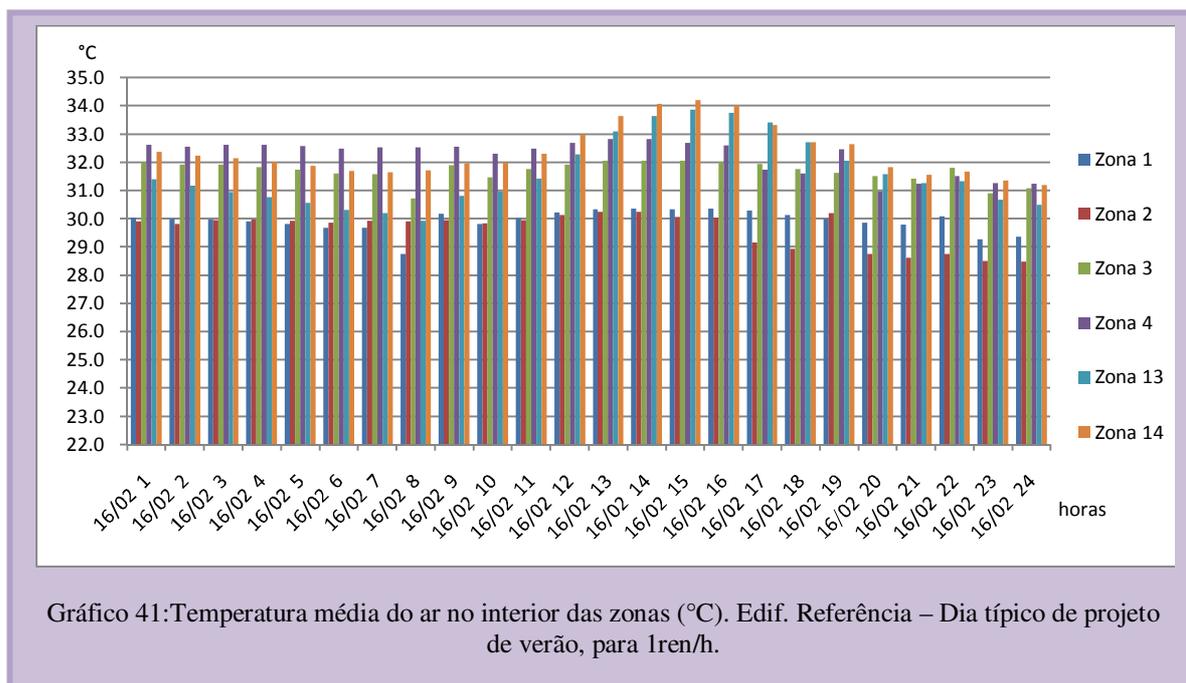
A ausência de entorno também alterou significativamente a transmissão solar pelas janelas, apresentando maiores valores no modelo sem entorno nas zonas 1,3 e 13, sendo que as diferenças médias entre os dois modelos parametrizados mais acentuadas no verão nas zonas 1 e 2 (107% e 142%, respectivamente), e no inverno nas zonas 1 e 3 (195% e 181%, respectivamente).

3.2.3 Edifício de referência x Edifício com absorvância de 0,63

O presente subitem descreve os resultados obtidos através da análise paramétrica do edifício de referência com o edifício que apresenta paredes externas com absorvância 0,63, que representou as paredes pintadas na cor “amarelo antigo”, para as duas considerações de taxas de infiltração do ar.

3.2.3.1 Análise da variação da temperatura média interna (°C)

No modelo de referência as zonas térmicas avaliadas sob uma taxa de infiltração de ar de 1ren/h apresentaram médias de temperaturas internas entre 28,5°C a 34,2°C no dia típico de verão e 25,2°C a 33,9°C no dia típico de inverno; no modelo considerando a absorvância de 0,63, os valores médios de temperatura interna no dia típico de verão foram de 28,5°C a 34,3°C, e no inverno de 25,2°C a 34,1°C, ou seja, **as variações de temperatura entre os dois modelos no verão foram em torno de 0,1°C a 0,2°C. Percebeu-se que na zona 13 houve a ocorrência de variações um pouco maiores, de 0,2°C a 0,4°C. No inverno essa variação é ainda menor, chegando a ser nula nas zonas 2 e 4 em algumas horas do dia, conforme observado nos gráficos 41 a 44.**



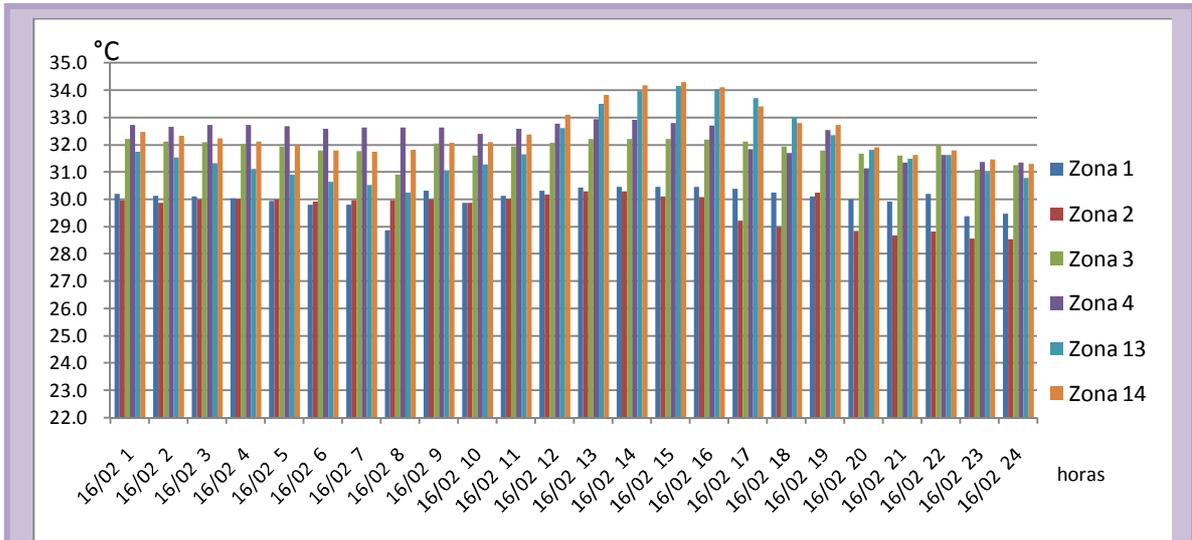


Gráfico 42: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edifício absorvância das paredes externas 0,63– Dia típico de projeto de verão, para 1ren/h.

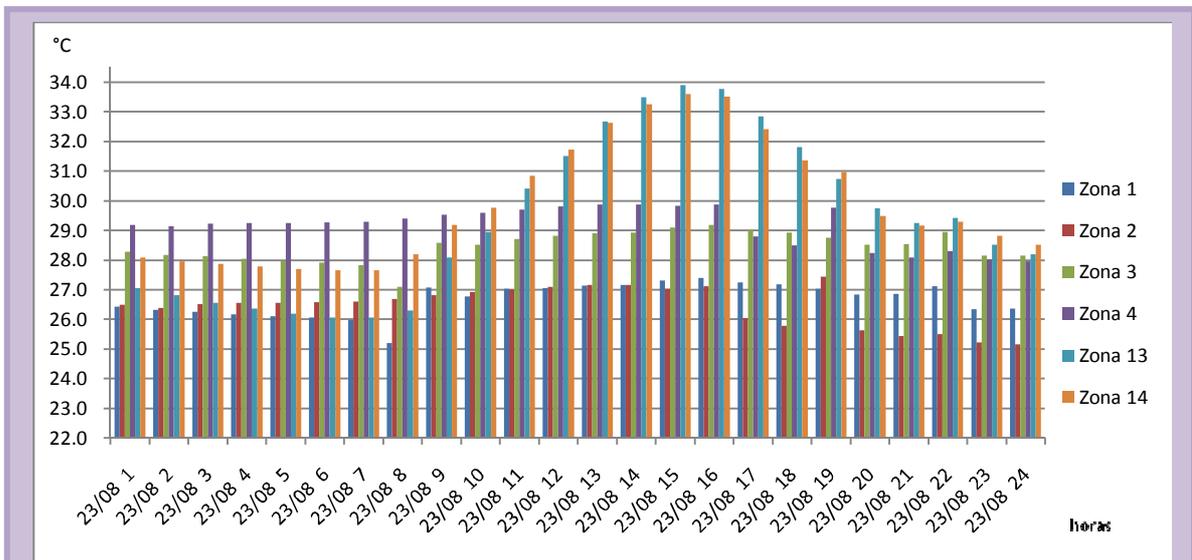
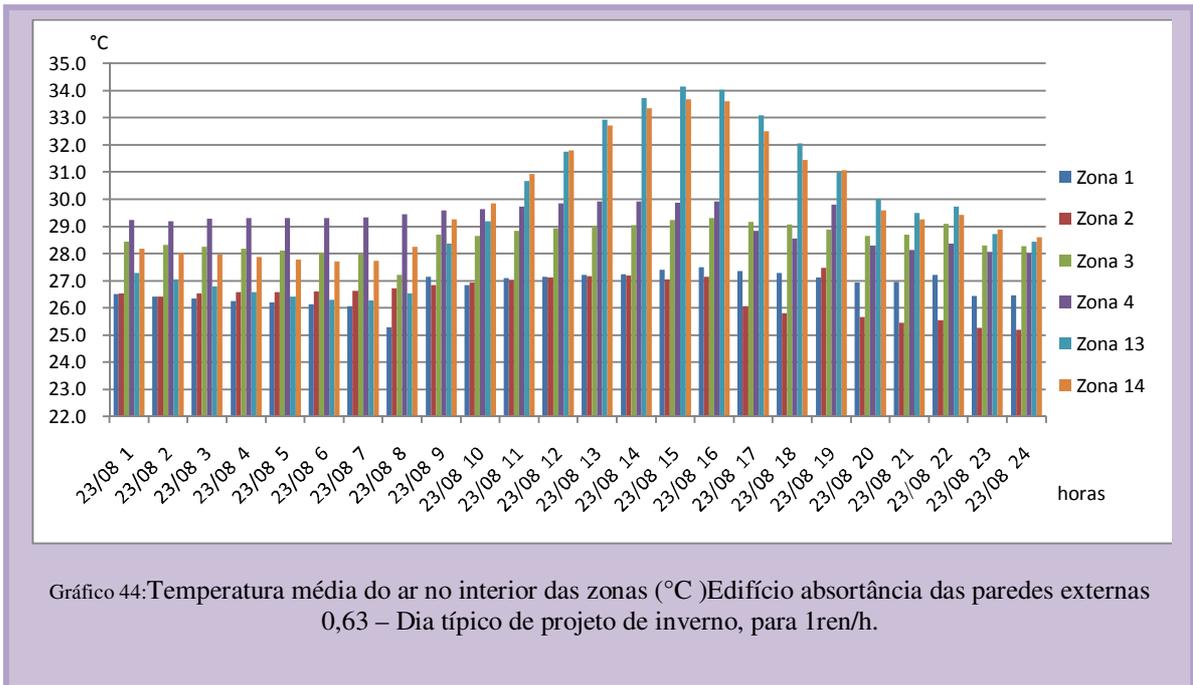
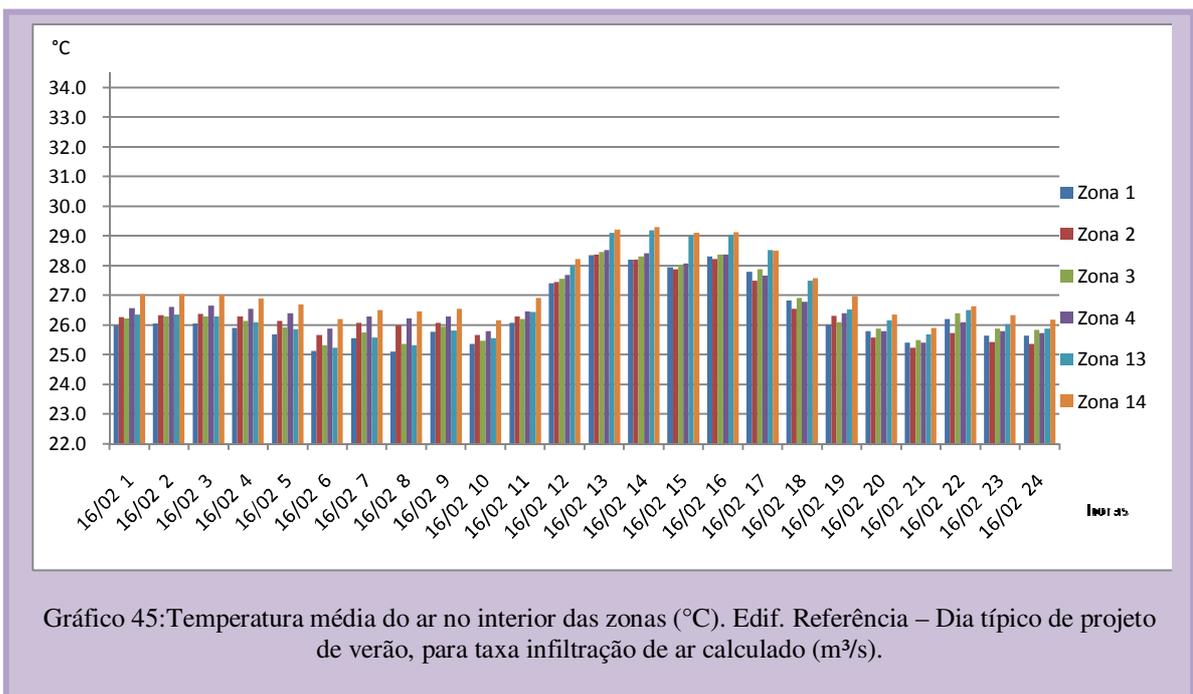


Gráfico 43: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para 1ren/h.



Para taxas de infiltração de ar calculadas (quadro 4), o modelo de referência apresentou médias de temperaturas internas entre 25,4°C e 29,3°C no dia típico de verão e 22,1°C a 29,9°C no dia típico de inverno. O modelo com absorvância 0,63 não apresentou nenhuma variação significativa de temperatura interna se comparado ao de referência, como mostram os gráficos 45 a 48.



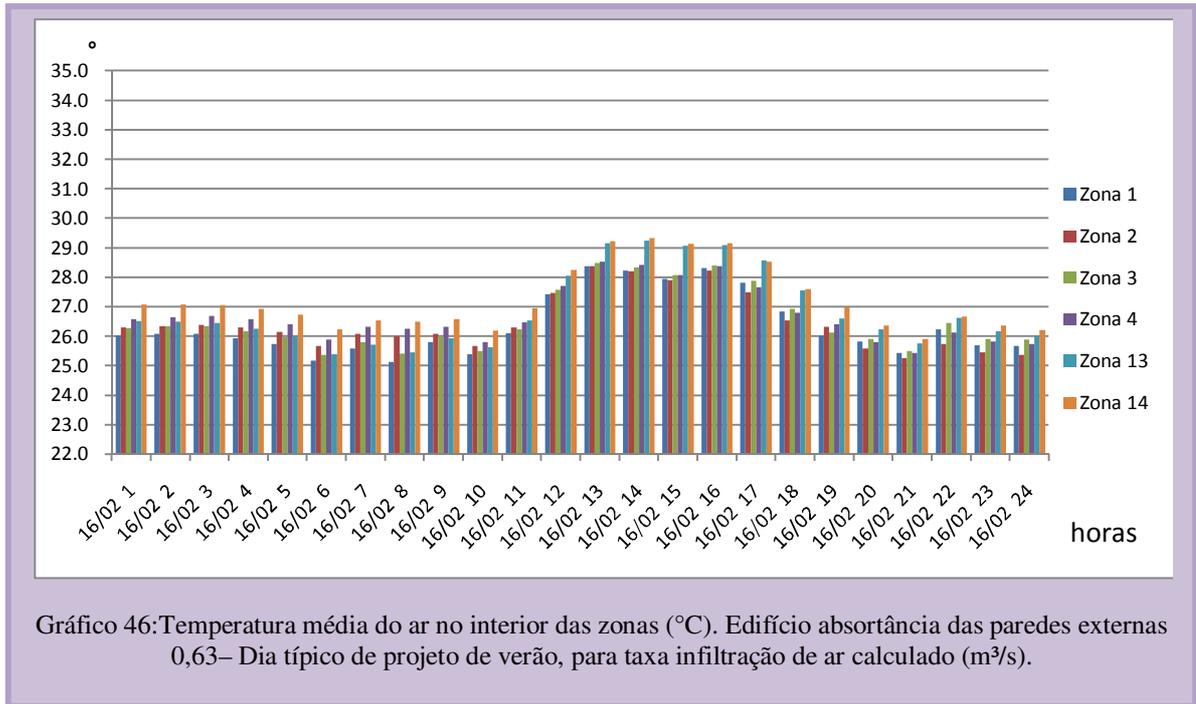


Gráfico 46: Temperatura média do ar no interior das zonas (°C). Edifício absorvância das paredes externas 0,63– Dia típico de projeto de verão, para taxa infiltração de ar calculado (m³/s).

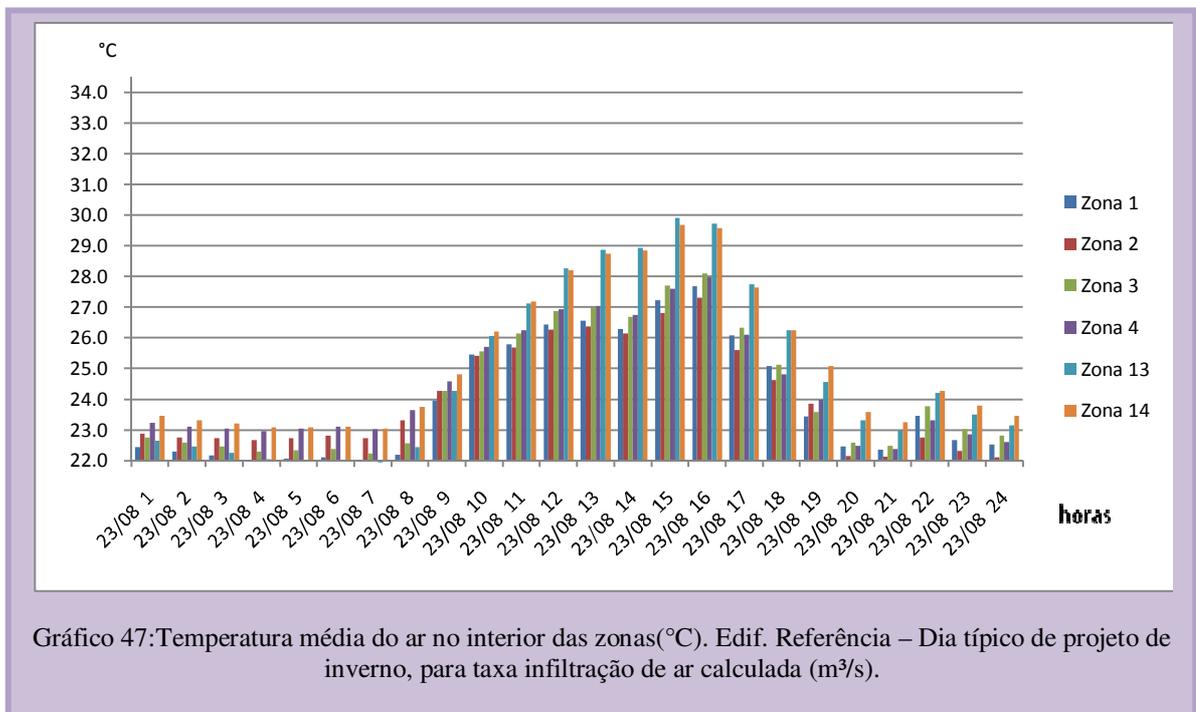
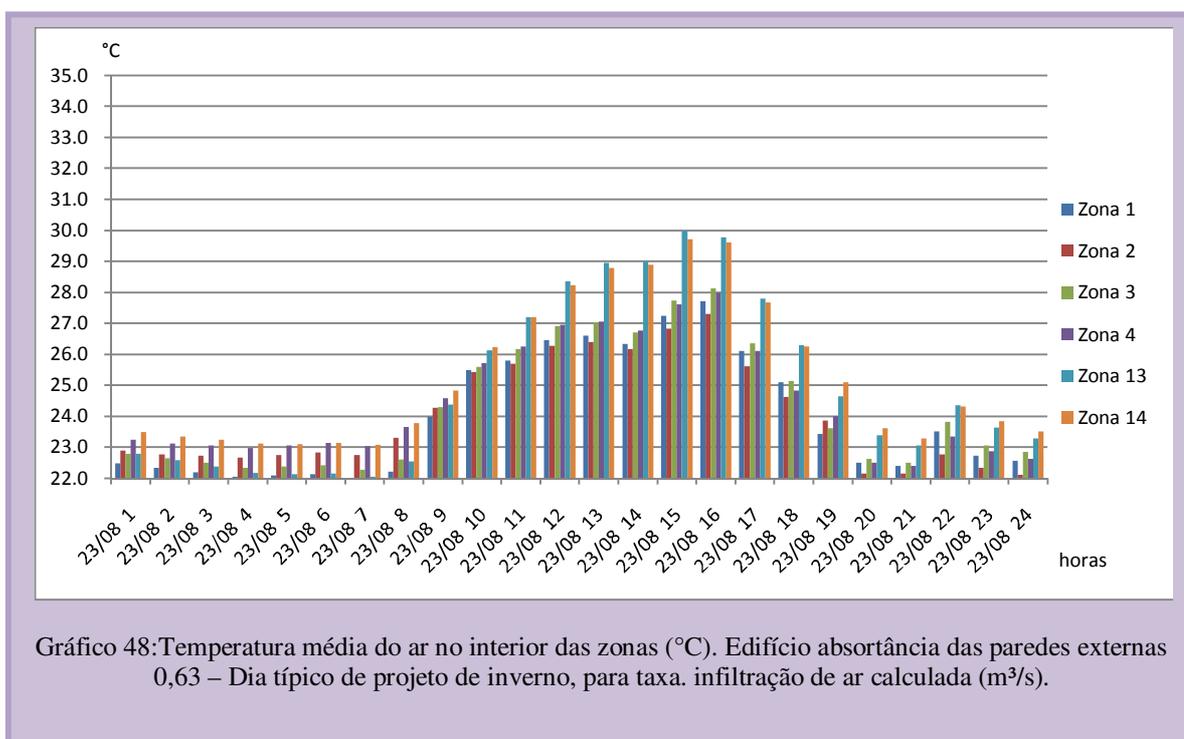


Gráfico 47: Temperatura média do ar no interior das zonas(°C). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa infiltração de ar calculada (m³/s).



Mesmo com a consideração de uma absorvância maior do que a do edifício de referência, constatou-se que **as zonas que recebem sombreamento da própria volumetria do edifício (zonas 2, 4 e 14) não sofreram nenhum acréscimo nos valores de temperatura interna.**

Quanto às horas de conforto e desconforto nos ambientes, a inserção dos valores de temperatura média e umidade relativa do ar do interior de cada zona no programa *Analysis Bio* (LabEEE, 2010) identificou que no dia típico de verão as horas de conforto são praticamente as mesmas da condição de referência (0% com taxa de infiltração de ar de 1renh/h e entre 4,17% a 33,3% com taxas calculadas), exceto na zona 13, na qual, para a taxa de infiltração de ar calculada (quadro 4), houve uma redução de hora de conforto de 4,27% (tabela 19).

Tabela 19: Porcentagem de horas de conforto e desconforto no dia típico de verão nas zonas – edf. Referência x edifício absorvância das paredes externas 0,63.

Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
3	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
13	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	0%	100%	0	100%	4.17%	91.7%	0%	91.7%
4	0%	100%	0	100%	12.5%	83.3%	0%	83.3%
14	0%	100%	0	100%	33.3%	62.5%	0%	62.5%
Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO ABSORVÂNCIA DAS PAREDES EXTERNA 0,63							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
3	0%	100%	0	100%	8.33%	91.7%	0%	91.7%
13	0%	100%	0	100%	4.17%	95.8%	0%	95.8%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	0%	100%	0	100%	4.17%	91.7%	0%	91.7%
4	0%	100%	0	100%	12.5%	83.3%	0%	83.3%
14	0%	100%	0	100%	33.3%	62.5%	0%	62.5%

Obs: em vermelho, maior porcentagem; em cinza, menor porcentagem.

No dia típico de inverno, para taxa de infiltração de 1ren/h, verificou-se a predominância de horas de desconforto, tendo no modelo com absorvância de 0,63 um aumento nas horas de desconforto nas zonas 1, 2 e 4, em relação ao modelo de referência. Ao considerar as taxas de infiltração do ar calculadas (quadro 4), observou-se que no edifício com parede externa com absorvância de 0,63 as horas de desconforto aumentaram 0,18% na zona 13 e diminuíram 4,2% na zona 1, conforme tabela 20.

Tabela 20: Porcentagem de horas de conforto e desconforto no dia típico de inverno nas zonas – edf. Referência x edifício absorvância das paredes externas 0,63.

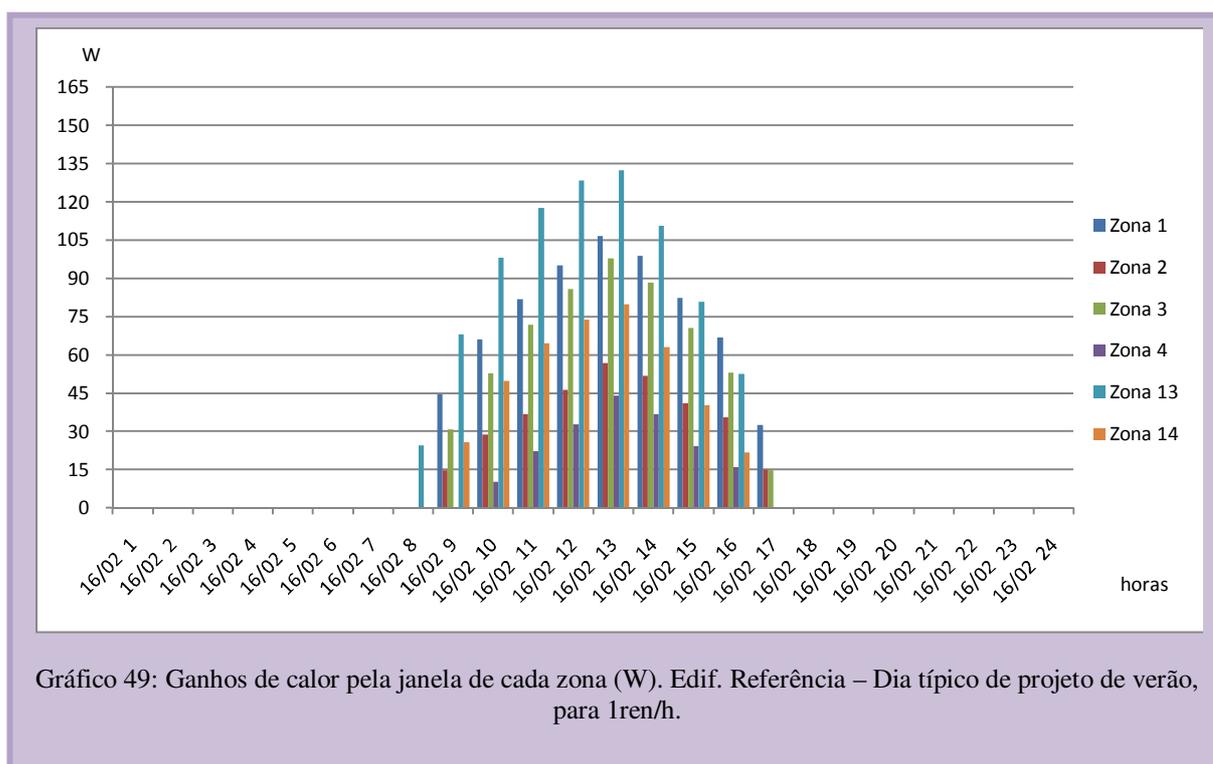
Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	95.8%	0%	95.8%	70.8%	29.2%	0%	29.2%
3	0%	100%	0%	100%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
13	8.33%	91.7%	0%	91.7%	87.5%	4.17%	0%	4.17%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	16.7%	83.3%	0%	83.3%	79.2%	20.8%	0%	20.8%
4	0%	87.5%	0%	87.5%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
14	0%	62.5%	0	62.5%	91.7%	0%	0%	0%
Zonas	TX DE INFILTRAÇÃO. 1 ren/h				TX DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)			
	EDIFÍCIO ABSORVÂNCIA DAS PAREDES EXTERNA 0,63							
Quarto	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
1	0%	100%	0	100%	75%	25%	0%	25%
3	0%	100%	0	100%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
13	8.33%	91.7%	0	91.7%	87%	4.35%	0%	4.35%
Sala	Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)			Horas de conforto(%)	Horas de desconforto(%)		
		Total	Frio	Calor		Total	Frio	Calor
2	4.17%	95.8%	0	95.8%	79.2%	20.8%	0%	20.8%
4	0%	95.8%	0	95.8%	91.7%	8.33%	0%	8.33%
14	0%	65.2%	0	65.2%	91.7%	0%	0%	0%

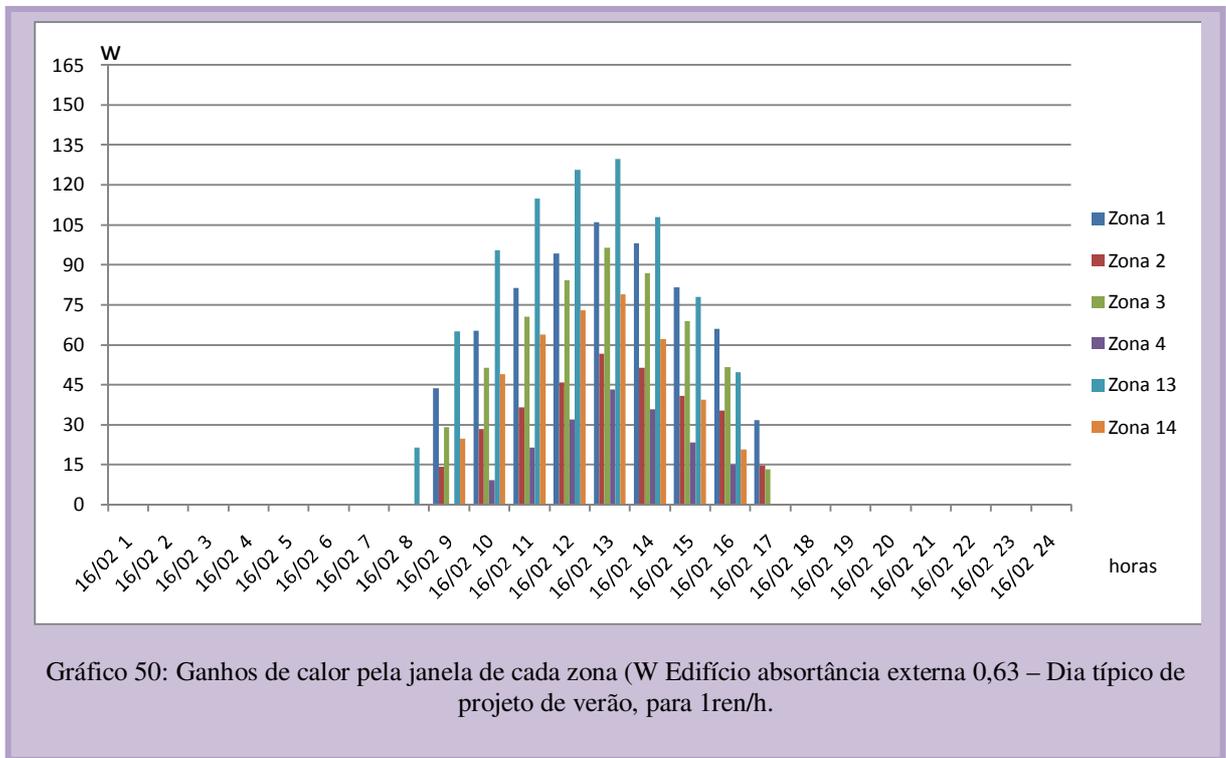
Obs: em vermelho, maior porcentagem; em cinza, menor porcentagem.

Nos gráficos e tabelas apresentados, observou-se que os valores médios de temperatura do ar interna sofreram um aumento pouco significativo para as duas taxas de infiltração de ar, chegando a ser nula nas zonas que receberam sombreamento (zonas 2, 4 e 14), nos dois dias típicos analisados. Isso se refletiu nas análises das horas de conforto nos ambientes, que registrou pequeno aumento de horas de desconforto na zona 13 (0,18%) e redução das horas de desconforto na zona 1 (4,2%).

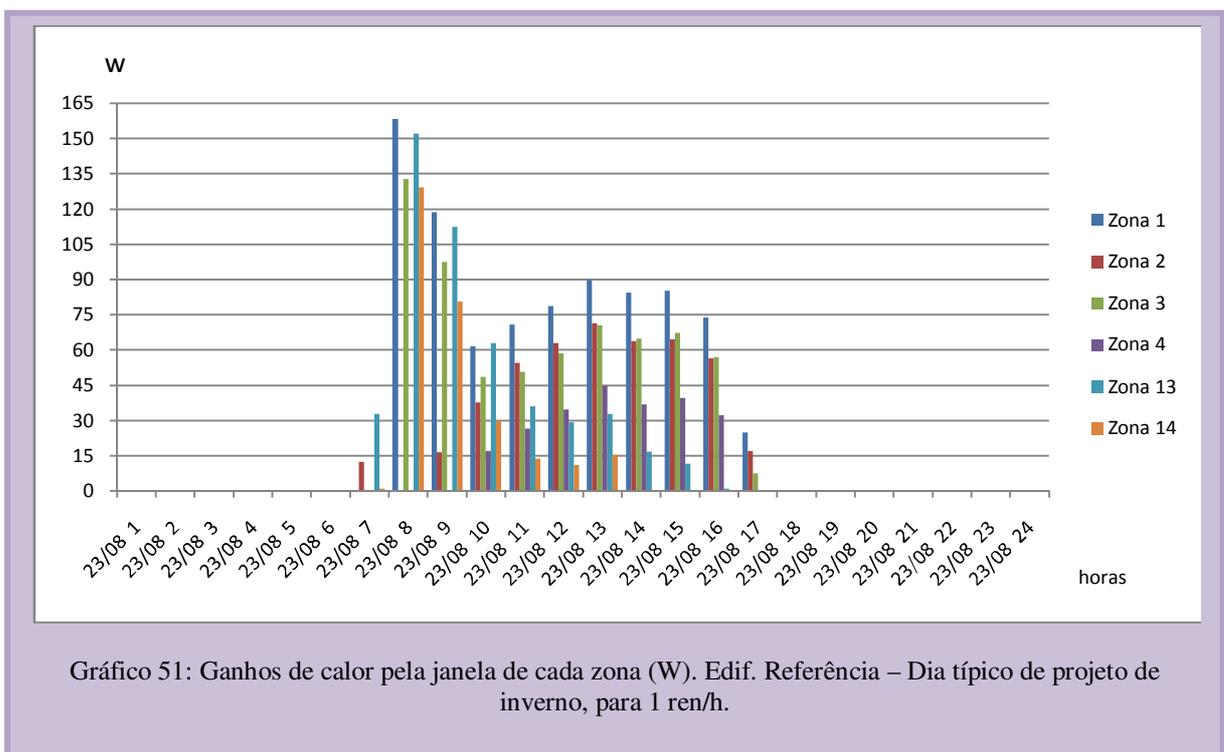
3.2.3.2 Análise dos ganhos de calor pela janela de cada zona (W)

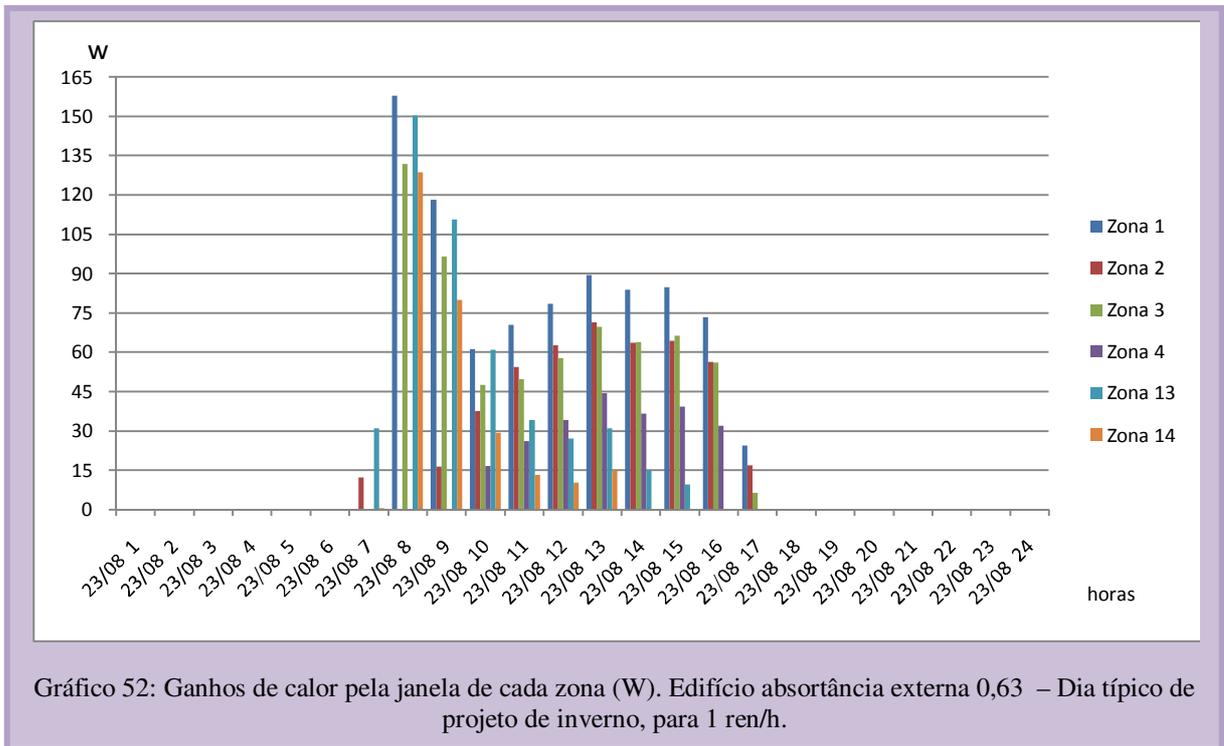
Na comparação entre o edifício de referência e o edifício com alteração da absorvância das paredes externas, constatou-se a **diminuição dos valores de ganhos de calor nas duas taxas de infiltração consideradas**, e nas taxas de infiltração de ar calculadas (quadro 4) ocorreu menor variação, da ordem de 0,1%. Além disso, as diferenças desses ganhos de calor, para taxas de infiltração de 1ren/h, foram maiores nas zonas térmicas mais distantes do solo, zonas 13 e 14 (no verão 0,4% e no inverno 0,8%), como pode ser observado nos gráficos 49 a 56.



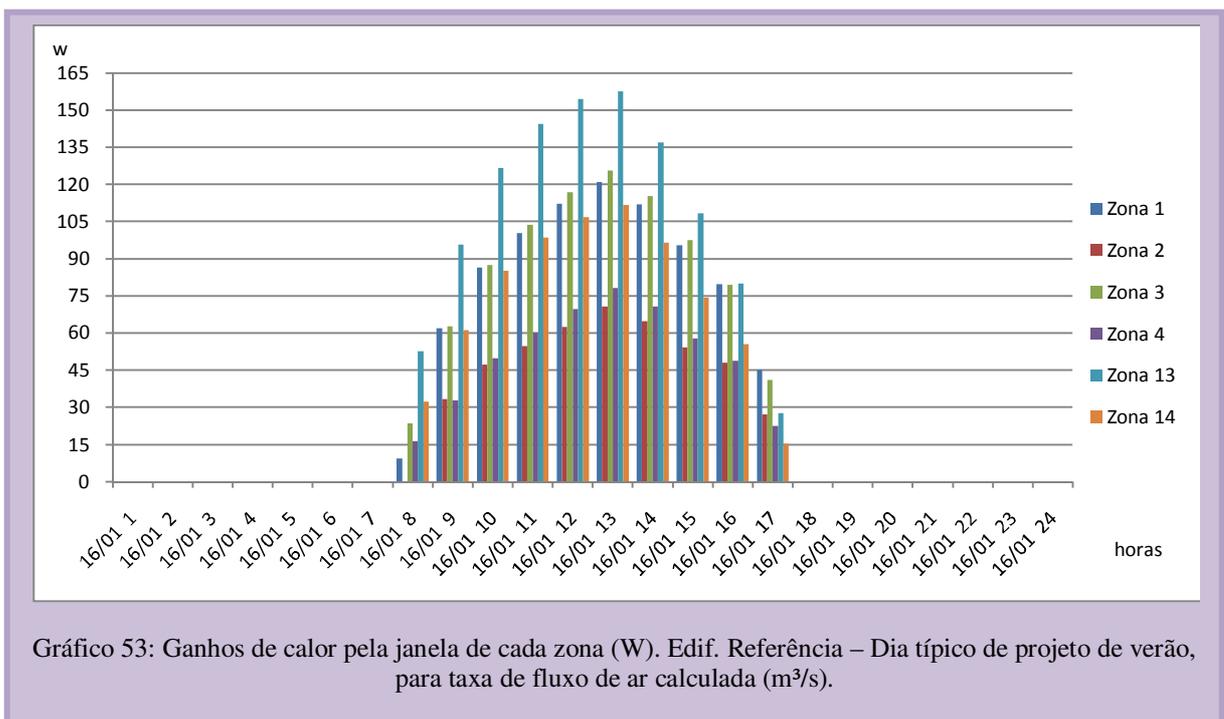


Como pode se verificado nos gráficos 49 e 50, no dia típico de verão e taxa de infiltração de 1ren/h, a alteração da absorvância das paredes externas resultou em uma redução média de 2,5%. No inverno, essa redução foi em torno de 3,2% (Gráficos 51 e 52).





Como já mencionado, ao se considerar as taxas de infiltração de ar calculadas (quadro 4) verificou-se em média redução insignificante (0,1%) nos ganhos de calor do modelo com a alteração da absorvância das paredes externas, como pode ser observado nos gráficos 53 a 56.



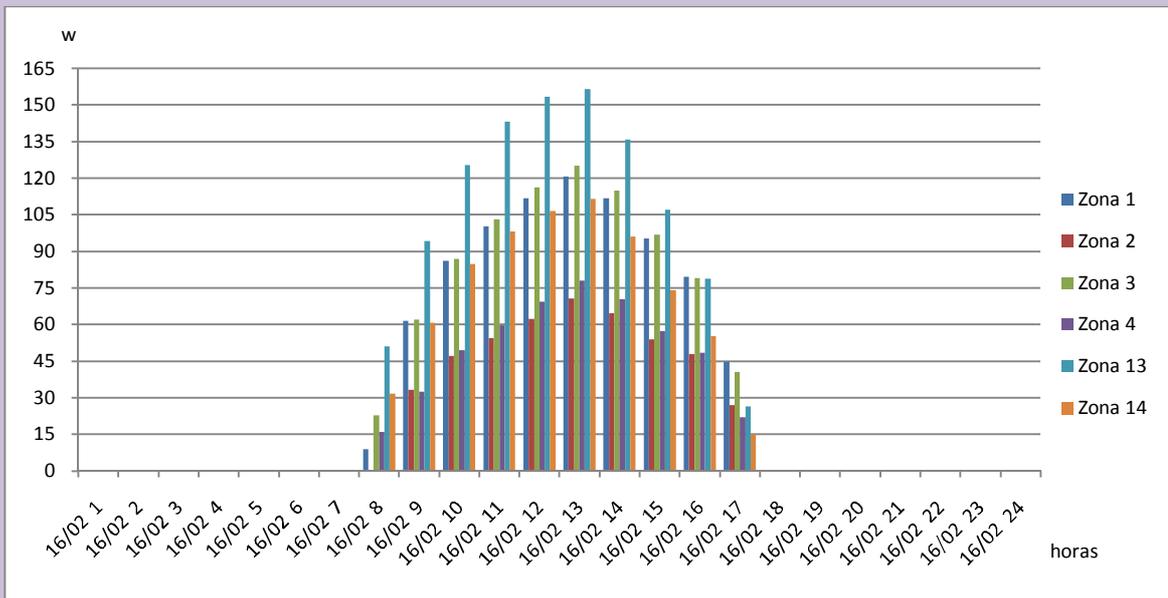


Gráfico 54: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edifício absorvância externa 0,63 – Dia típico de projeto de verão, para taxa de fluxo de ar calculada (m³/s).

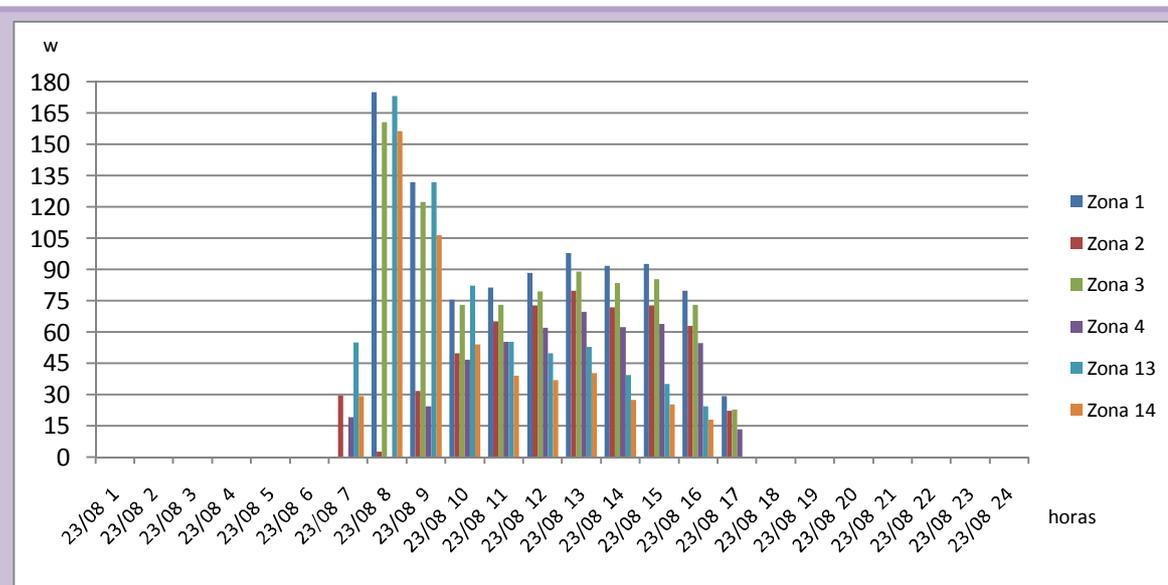
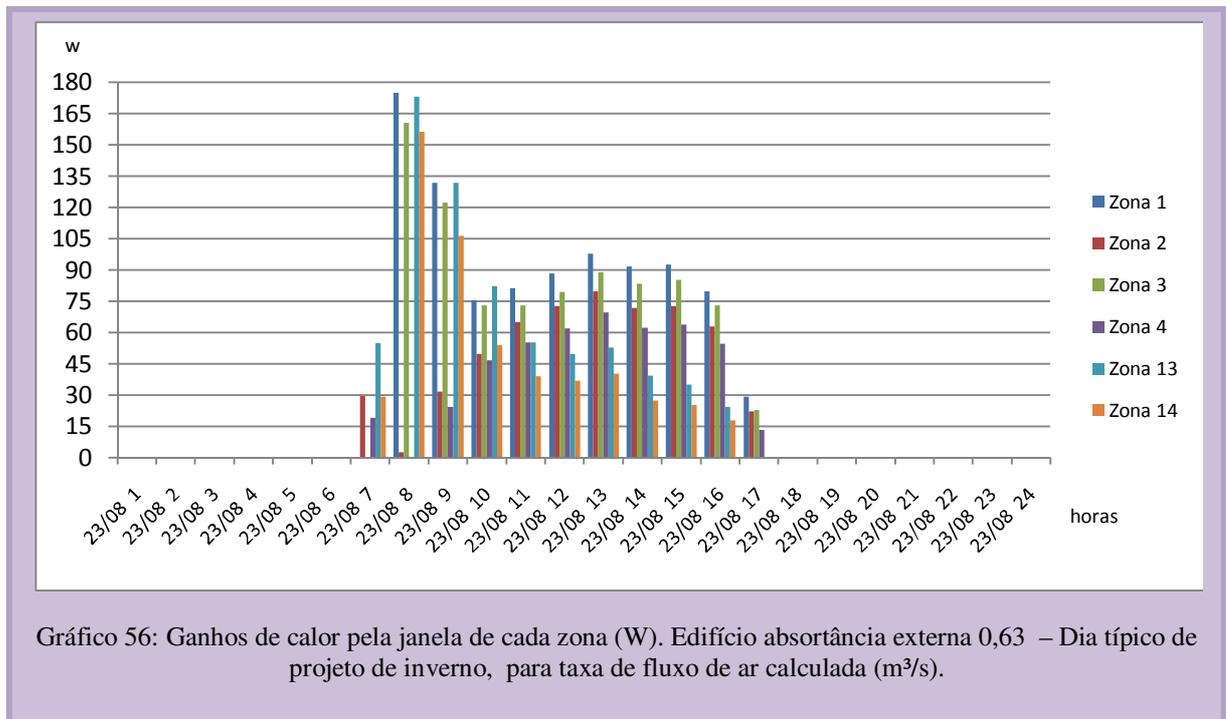


Gráfico 55: Ganhos de calor pela janela de cada zona (W). Edif. Referência – Dia típico de projeto de inverno, para taxa de fluxo de ar calculada (m³/s).



Seguindo-se os procedimentos metodológicos, para as simulações foram utilizados dados de absorvâncias retirados de DORNELLES (2008), e seguindo o padrão construtivo dos empreendimentos do PAR, nestes foram utilizados valores das absorvâncias de superfícies rugosas; porém foram utilizados valores médios para as simulações do presente trabalho, pois para estes tipos de superfícies não se dispõe de valores ajustados às três faixas do espectro solar padrão (ultravioleta, visível e infravermelho), como ocorre para superfícies lisas.

A fim de verificar o comportamento dos valores de ganhos de calor com a aplicação de cores com valores de absorvâncias ajustados para as três faixas do espectro solar (ultravioleta, visível e infravermelho) conhecidas, foram realizadas simulações considerando duas cores de superfícies lisas diferenciadas e de valores bastantes distintos: branco e concreto (figura 35). Desta forma, verificou-se que a consideração de valores corretos para as três

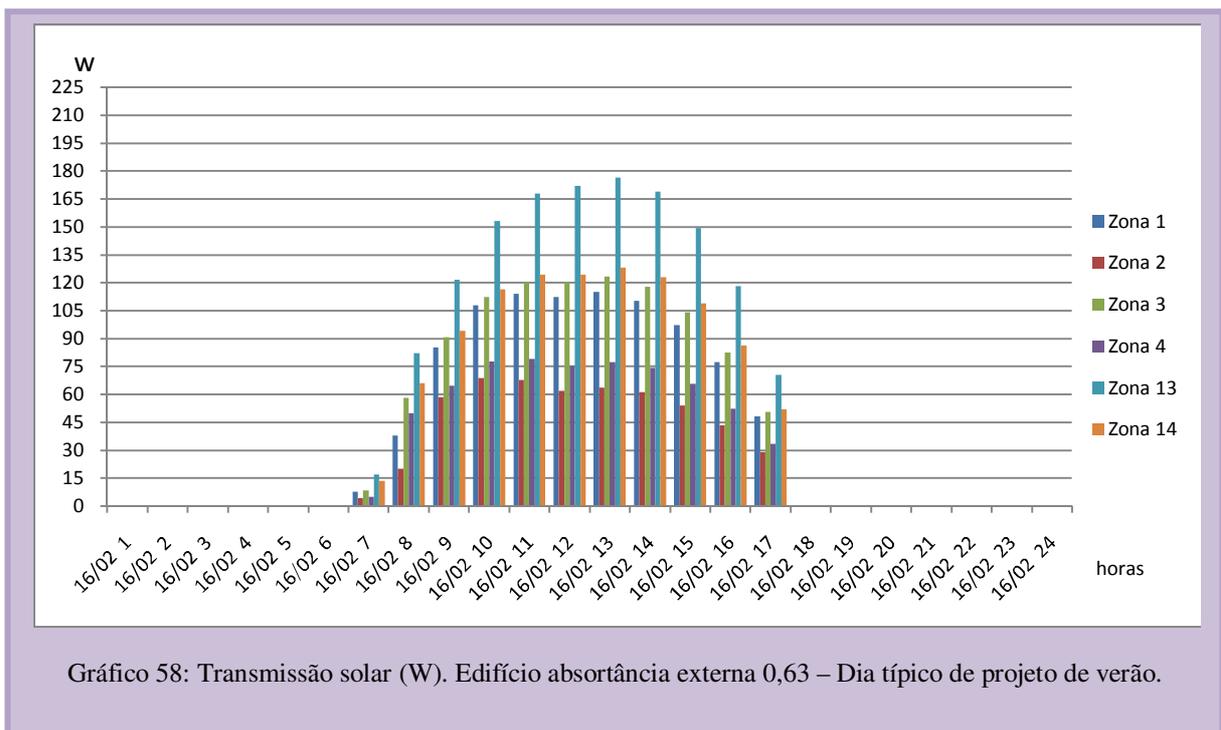
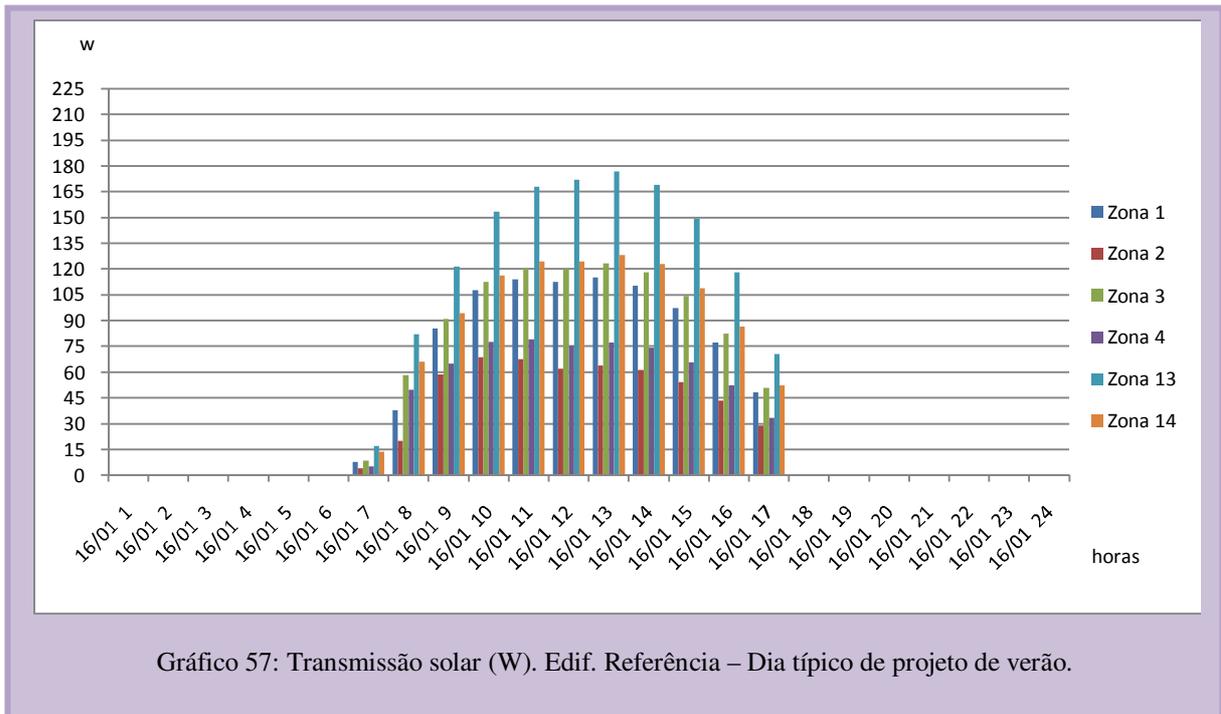
faixas determina uma considerável estabilidade desses valores de ganhos de calor, diferentemente do que ocorre ao se utilizar valores médios de absorvância para as três faixas.

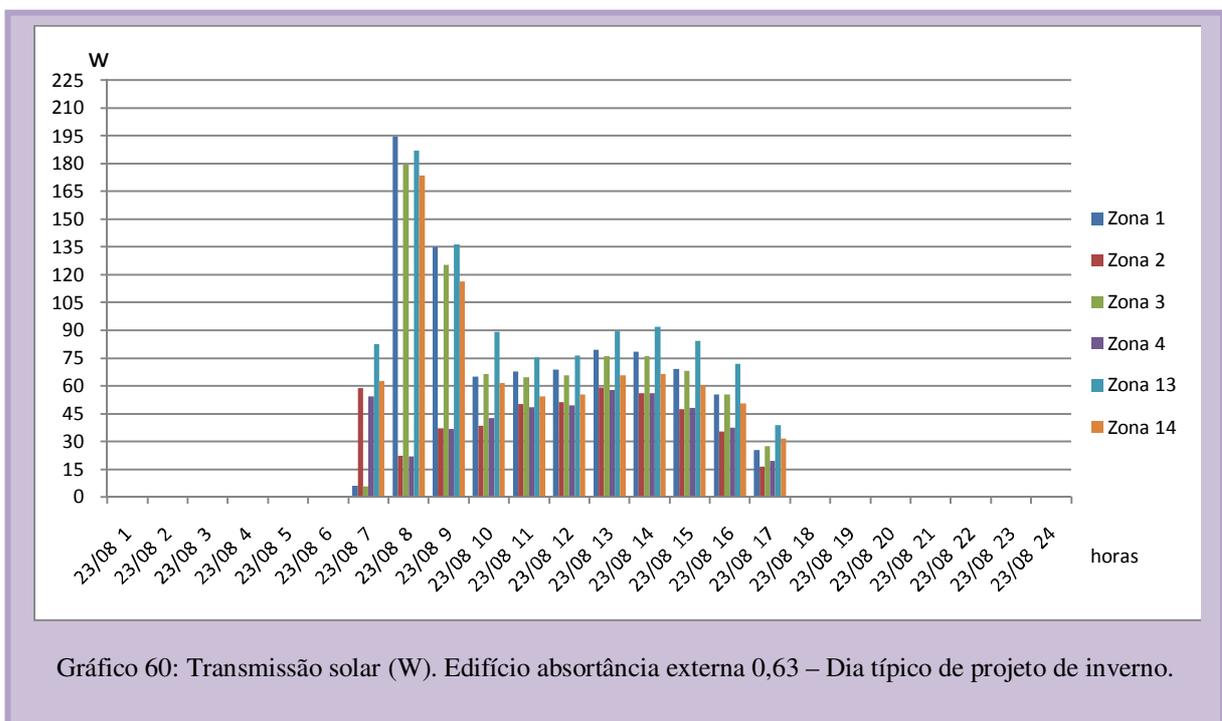
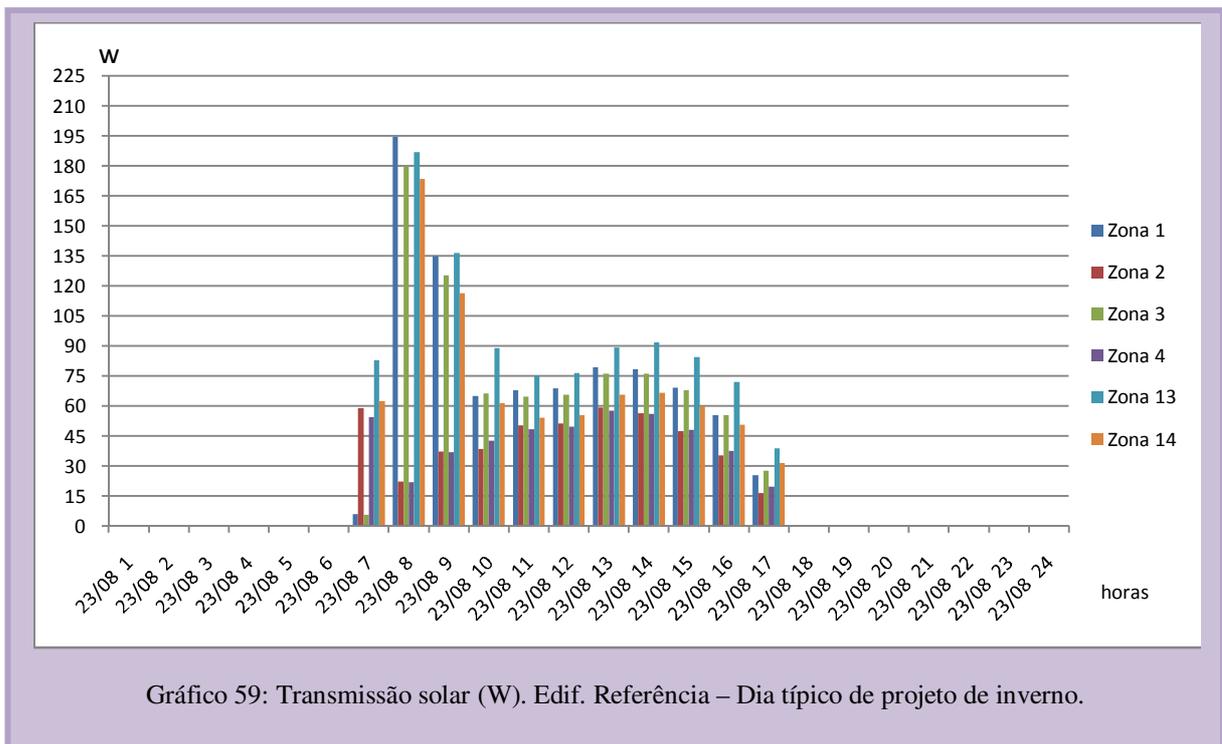
Tipo	Nº	Nome Comercial	ULTRAVIOLETA		VISÍVEL		INFRAVERMELHO		TOTAL	
			Espect.	Ajust.	Espect.	Ajust.	Espect.	Ajust.	Espect.	Ajust.
Suvinit Acrilica Fosca	48	Alecrim	95,5	95,2	64,2	63,3	68,1	63,5	68,4	64,0
	49	Azul bali	95,7	95,3	60,1	59,8	45,2	34,0	49,7	48,9
	50	Branco Neve	92,2	91,7	10,0	7,6	18,2	9,0	19,4	19,2
	51	Branco Gelo	91,9	91,4	28,5	26,8	37,1	30,0	37,5	29,7
	52	Camurça	94,9	94,6	57,3	56,3	59,9	53,2	60,7	55,8
	53	Concreto	94,3	94,1	71,6	70,9	75,0	70,9	75,1	71,5
	54	Marfim	92,0	91,5	29,3	27,4	30,4	22,5	32,4	26,7
	55	Marrocos	95,6	95,5	61,6	60,7	52,2	45,7	55,5	54,7
	56	Mel	95,9	95,6	47,8	46,4	43,1	33,8	45,9	41,8
	57	Pálida	93,0	92,5	28,4	26,6	32,8	24,6	34,2	27,2
	58	Pérola	91,8	91,3	24,4	22,6	26,9	18,1	28,8	22,1
59	Pêssego	93,7	93,4	38,5	37,1	30,2	29,7	41,1	35,0	

Fonte: DORNELLES, 2008.

3.2.3.3 Análise da transmissão solar pela janela (W)

As simulações não mostraram alteração nos valores de transmissão solar entre o edifício de referência e o modelo com paredes externas de 0,63 de absorvância, como pode ser observado nos gráficos 57 a 60.





No dia típico de verão, as zonas mais sombreadas tiveram os menores valores de transmissão solar, exceto a zona 14, muito provavelmente devido à sua exposição à radiação

solar pela cobertura, obtendo assim maior transmissão solar do que a zona 1 (quarto localizado no térreo). No somatório diário dos valores de transmissão solar, observou-se que a zona 13 (quarto do último pavimento) apresentou maior registro, 1.397.7W (Tabela 21).

Tabela 21: Transmissão solar edifício paredes externas absorvância 0,63 - dia típico de verão.

EDIFÍCIO ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63						
TAXA DE INFILTRAÇÃO DE 1 ren/h						
TRANSMISSÃO SOLAR (W)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
16/02 1	0	0	0	0	0	0
16/02 2	0	0	0	0	0	0
16/02 3	0	0	0	0	0	0
16/02 4	0	0	0	0	0	0
16/02 5	0	0	0	0	0	0
16/02 6	0	0	0	0	0	0
16/02 7	7.8	4.2	8.3	5.1	17.1	13.7
16/02 8	37.8	20.0	58.1	49.9	82.1	65.9
16/02 9	85.2	58.5	90.8	64.8	121.6	94.2
16/02 10	107.8	68.7	112.4	77.6	153.2	116.4
16/02 11	113.9	67.6	120.2	79.1	168.0	124.3
16/02 12	112.4	62.0	120.1	75.3	172.1	124.4
16/02 13	115.3	63.7	123.3	77.4	176.6	128.1
16/02 14	110.3	61.1	118.0	74.3	169.1	123.0
16/02 15	97.4	54.2	104.2	65.9	149.4	109.0
16/02 16	77.2	43.3	82.6	52.5	118.1	86.4
16/02 17	48.2	28.9	50.7	33.5	70.5	52.2
16/02 18	0	0	0	0	0	0
16/02 19	0	0	0	0	0	0
16/02 20	0	0	0	0	0	0
16/02 21	0	0	0	0	0	0
16/02 22	0	0	0	0	0	0
16/02 23	0	0	0	0	0	0
16/02 24	0	0	0	0	0	0
MÁXIMO	115.3	68.7	123.3	79.1	176.6	128.1
soma	913.3	532.1	988.7	655.4	1397.7	1037.5

Obs: Em amarelo, maior valor registrado; em cinza, menores valores registrados; em vermelho, maior somatório diário de transmissão solar.

No dia típico de inverno, os menores valores de transmissão solar também foram registrados nas zonas 2 e 4, além da zona 14 (salas), que receberam sombreamento do volume do próprio edifício. A zona 1 recebeu o maior registro de transmissão solar (194,6W), porém a maior soma acumulada ao longo do dia foi registrada na zona 13 (1.023,5W), conforme tabela 22.

Tabela 22: Transmissão solar edifício paredes externas absorvância 0,63 - dia típico de inverno.

EDIFÍCIO ABSORVÂNCIA EXTERNA 0,63 TAXA DE INFILTRAÇÃO DE 1 ren/h						
TRANSMISSÃO SOLAR (W)						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 13	Zona 14
23/08 1	0	0	0	0	0	0
23/08 2	0	0	0	0	0	0
23/08 3	0	0	0	0	0	0
23/08 4	0	0	0	0	0	0
23/08 5	0	0	0	0	0	0
23/08 6	0	0	0	0	0	0
23/08 7	5.9	58.8	5.7	54.3	82.8	62.5
23/08 8	194.6	22.2	179.9	22.0	186.9	173.6
23/08 9	134.9	37.2	125.5	36.8	136.4	116.5
23/08 10	65.1	38.6	66.4	42.6	89.1	61.4
23/08 11	67.8	50.2	64.6	48.6	75.3	54.3
23/08 12	68.9	51.3	65.7	49.6	76.4	55.3
23/08 13	79.4	59.1	76.1	57.7	89.4	65.8
23/08 14	78.6	56.2	76.2	55.9	92.0	66.6
23/08 15	69.2	47.3	68.0	48.2	84.4	60.0
23/08 16	55.3	35.4	55.5	37.5	71.9	50.7
23/08 17	25.6	16.5	27.6	19.7	38.9	31.6
23/08 18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23/08 19	0	0	0	0	0	0
23/08 20	0	0	0	0	0	0
23/08 21	0	0	0	0	0	0
23/08 22	0	0	0	0	0	0
23/08 23	0	0	0	0	0	0
23/08 24	0	0	0	0	0	0
MÁXIMO	194.6	59.1	179.9	57.7	186.9	173.6
SOMA	845.1	472.8	811.1	473.0	1023.5	798.3

Obs: Em amarelo, maior valor registrado; em cinza, menores valores registrados; em vermelho, maior somatório diário de transmissão solar.

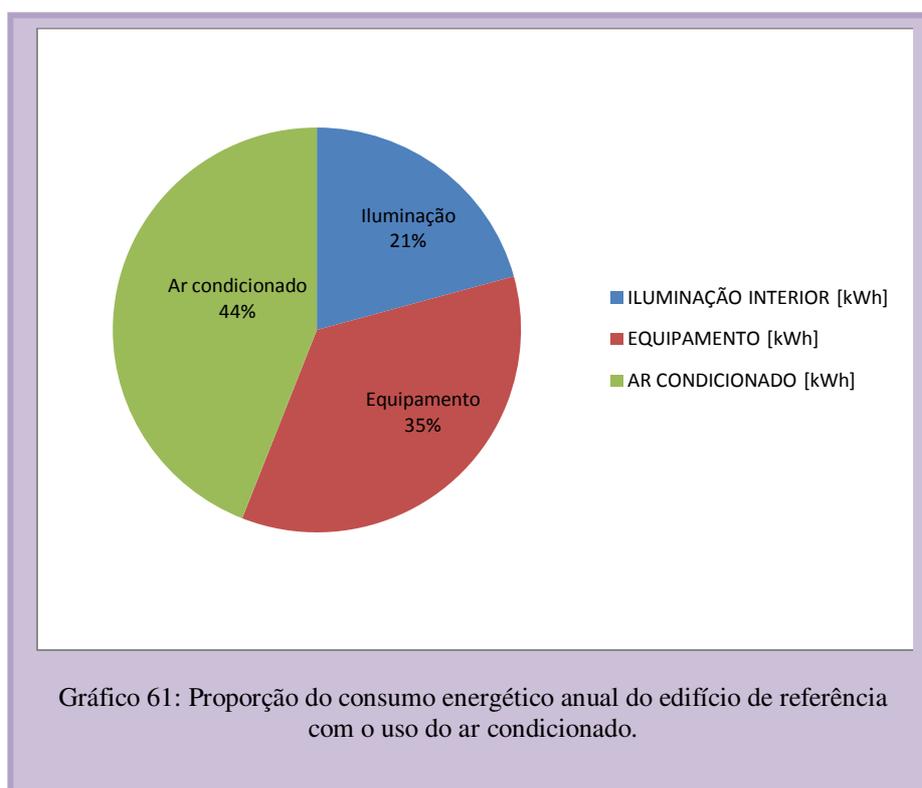
3.3.3.4 Síntese das análises Edifício de referência x Edifício com absorvância de 0,63

Diante das informações apresentadas, constatou-se que o aumento da absorvância das paredes externas alterou de maneira pouco significativa a temperatura média interna para as duas taxas de infiltração de ar e os dois dias típicos analisados. O mesmo foi observado nos valores de ganhos de calor, mas, para esta variável, observou-se que maiores taxas de infiltração do ar representaram menor variação desses ganhos (da ordem de 0,1%). Os valores de transmissões solares pela janela não apresentaram nenhuma variação, comparados aos valores registrados no edifício de referência.

3.3 CONSUMO ENERGÉTICO

3.3.1 Edifício de referência x Edifício com protetor solar

Para avaliar o impacto no consumo energético em habitações de interesse social através da utilização de equipamento de condicionamento de ar, adotou-se um ar-condicionado de janela que foi programado para ser ativado no período de ocupação do quarto de casal, das 22h às 7h. Assim, o consumo energético no edifício de referência que, sem a utilização desse aparelho era de 26.221,6 kWh anualmente, passou para 47.453,72 kWh, ou seja, **houve um acréscimo de 44% no consumo energético anual para as zonas térmicas analisadas**, e essas proporções de consumo por ar condicionado também são observadas nos outros casos analisados (Gráfico 61). Este aumento do consumo energético ao se utilizar um aparelho de ar-condicionado representa um aumento mensal de R\$ 205,10¹⁵ na conta de energia do usuário do imóvel.



¹⁵ Para este cálculo utilizou-se o valor da taxa do kWh de R\$ 0,463662, determinada pela concessionária local, dados de março/2010.

Comparando-se o consumo energético mensal do edifício de referência ao modelo com protetor solar, constatou-se que **a utilização de elemento de proteção solar representou reduções desse consumo**. As maiores diferença de consumo foram registradas nos meses de janeiro (3,62%), dezembro (3,53%) e novembro (3,41%), como pode ser observado na tabela 23.

Tabela 23: Consumo mensal kWh – edif. referência x edifício com protetor.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA	4703.97	4214.07	4544.7	3942.06	3756.96	3300.44	3266.91	3344.9	3521.74	4100.06	4212.73	4545.18	47453.72
EDIFÍCIO COM PROTETOR	4533.47	4104.49	4443.72	3926.24	3750.67	3292.31	3244.63	3300.65	3433.79	3970.56	4068.96	4384.91	46454.4
DIFERENÇA ABSOLUTA (kWh)													Economia Kwh
	170.5	109.58	100.98	15.82	6.29	8.13	22.28	44.25	87.95	129.5	143.77	160.27	999.32
DIFERENÇA RELATIVA (%)													Economia %
	3.62	2.60	2.20	0.40	0.17	0.25	0.68	1.32	2.50	3.16	3.41	3.53	2.11

Esses resultados assemelham-se aos registrados por Martins (2007), que também verificou que para janelas em fachadas sudeste na cidade de Maceió, os dispositivos de proteção solar propiciam maior redução de consumo energético nos meses de verão; já nas estações chuvosas o protetor solar tem pouca influência na redução desse consumo. Para essa pesquisa foi obtida redução relativa em torno de 4,2% .

Observou-se, enfim, que **o consumo energético tem seus maiores valores registrados nas zonas térmicas mais distantes do solo, pois houve a necessidade de uma maior retirada de carga térmica para o resfriamento dos ambientes**. A tabela 24 identifica as cargas térmicas máximas retiradas dos ambientes condicionados. É possível identificar que na condição com protetor solar a necessidade de retirada é menor, pelo fato de suas superfícies envidraçadas estarem mais protegidas contra os ganhos de calor solar.

Tabela 24: Carga térmica máxima retirada (W) – edifício referência x edifício com protetor.

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	984.5	969.8	971.2	963.4	960.3	704.7	423.0	412.8	952.4	948.6	949.4	969.4
ZONA 3	1162.2	1147.3	1157.9	1149.0	1146.3	1048.8	773.1	790.4	1136.7	1134.2	1136.0	1158.8
ZONA 13	3888.6	3871.9	3925.6	3890.6	2930.6	1910.0	1834.4	1918.7	3927.3	3975.6	3910.2	3909.9
EDIFÍCIO COM PROTETOR												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	805.9	813.3	818.3	802.1	790.2	771.8	462.5	410.8	781.2	777.6	801.4	795.5
ZONA 3	897.9	905.0	907.6	880.9	877.0	865.9	814.8	775.7	867.9	865.7	898.3	885.7
ZONA 13	3682.	3689.8	3697.1	2962.5	2161.7	2077.1	1878.6	1825.9	3507.0	3732.9	3700.8	3722.5
DIFERENÇA ABSOLUTA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	178.6	156.4	152.8	161.3	170.1	-67.0	-39.5	1.9	171.1	170.9	148	173.9
ZONA 3	264.3	242.	250.2	268.1	269.2	182.9	-41.7	14.6	268.8	268.4	237.6	273.1
ZONA 13	206.4	182.0	228.5	928.1	768.8	-167.0	-44.1	92.8	420.2	242.7	209.3	187.4
DIFERENÇA RELATIVA (%)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	18.1%	16.1%	15.7%	16.7%	17.7%	-9.5%	-9.3%	0.4%	17.9%	18.0%	15.5%	17.9%
ZONA 3	22.7%	21.1%	21.6%	23.3%	23.4%	17.4%	-5.4%	1.8%	23.6%	23.6%	20.9%	23.5%
ZONA 13	5.3%	4.7%	5.8%	23.8%	26.2%	-8.7%	-2.4%	4.8%	10.7%	6.1%	5.3%	4.7%

3.3.2 Edifício de referência x Edifício sem entorno

Comparando-se o consumo energético mensal do edifício de referência com o edifício sem entorno, observaram-se aumentos que variam de 1,81% a 4,21%, ou seja, a ausência do entorno interferiu no consumo, e as maiores diferenças são observadas nos meses de novembro (4,21%), janeiro (4,17%) e dezembro (3,95%). Já os menores valores de consumo energético foram registrados nos meses de maio (1,81%), junho (1,87%) e julho (1,93%), conforme tabela 25.

Tabela 25: Consumo mensal kWh – edifício referência x edifício sem entorno.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA	4703.97	4214.07	4544.7	3942.06	3756.96	3300.44	3266.91	3344.9	3521.74	4100.06	4212.73	4545.18	47453.72
EDIFÍCIO SEM ENTORNO	4908.79	4339.3	4650.86	4022.15	3826.36	3363.33	3331.3	3427.9	3629.27	4227.95	4397.71	4731.87	48856.79
DIFERENÇA ABSOLUTA													ACRESCIMO KWH
	204.8	125.2	106.1	80.0	69.4	62.8	64.3	83	107.5	127.8	184.9	186.6	1403.0
DIFERENÇA RELATIVA (%)													ACRESCIMO %
	4.17	2.89	2.28	1.99	1.81	1.87	1.93	2.42	2.96	3.02	4.21	3.95	2.87

Obs.: Em vermelho, maiores diferenças; em cinza, menores diferenças.

Desta forma, verificou-se um aumento anual de 1403,07 kWh ao desconsiderar a influência do entorno sobre o edifício, o que representou um aumento médio mensal de R\$ 54,21.

As cargas térmicas máximas retiradas dos ambientes foram registradas nas zonas mais distantes do solo, e verificou-se que as diferenças relativas entre o modelo de referência e o modelo sem entorno variam de 0,84% no mês de outubro, na zona 13, a 33,11% no mês de agosto, na zona 1 (tabela 26).

Tabela 26: Carga térmica máxima retirada (W) – edifício referência x edifício sem entorno.

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	984.5	969.8	971.2	963.4	960.3	704.7	423.0	412.8	952.4	948.6	949.4	969.4
ZONA 3	1162.2	1147.3	1157.9	1149.0	1146.3	1048.8	773.1	790.4	1136.7	1134.2	1136.0	1158.8
ZONA 13	3888.6	3871.9	3925.6	3890.6	2930.6	1910.0	1834.4	1918.7	3927.3	3975.6	3910.2	3909.9
EDIFÍCIO SEM ENTORNO												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	1189.8	1198.5	1209.	1199.4	1197.2	870.8	529.7	617.1	1191.9	1186.1	1188.1	1210.0
ZONA 3	1365.9	1372.7	1385.4	1373.9	1371.4	1282.7	949.7	1057.3	1363.5	1359.5	1364.2	1386.7
ZONA 13	3937.7	3943.0	3967.1	3952.3	3449.8	2443.9	1878.2	2153.3	3976.1	4009.3	3958.2	3967.6
DIFERENÇA ABSOLUTA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	205.2	228.7	237.8	235.9	236.8	166.1	106.7	204.3	239.4	237.5	238.7	240.5
ZONA 3	203.6	225.3	227.4	224.8	225.1	233.8	176.6	266.8	226.7	225.3	228.2	227.8
ZONA 13	49.1	71.0	41.4	61.7	519.1	533.8	43.7	234.5	48.7	33.6	48.0	57.6
DIFERENÇA RELATIVA (%)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	17.2%	19.0%	19.6%	19.6%	19.7%	19.0%	20.1%	33.1%	20.0%	20.0%	20.0%	19.8%
ZONA 3	14.9%	16.4%	16.4%	16.3%	16.4%	18.2%	18.6%	25.2%	16.6%	16.5%	16.7%	16.4%
ZONA 13	1.2%	1.8%	1.0%	1.5%	15.0%	21.8%	2.3%	10.8%	1.2%	0.8%	1.2%	1.4%

Obs.: Em amarelo, maior valor de carga térmica retirada; em vermelho; maior diferença relativa; em cinza, menor diferença relativa.

3.3.3 Edifício de referência x Edifício com absorvância externa 0,63

Ao alterar a absorvância das paredes externas para 0,63, referente à cor “amarelo antigo”, verificou-se, na comparação com o edifício de referência, um aumento do consumo energético mensal. As maiores diferenças entre as duas condições analisadas foram registradas nos meses de janeiro (3,50%), dezembro (3,41%) e novembro (3,4%), como observado na tabela 27.

Tabela 27: Consumo mensal kWh – edif. referência x edifício absorvância externa 0,63.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA	4703.97	4214.07	4544.7	3942.06	3756.96	3300.44	3266.91	3344.9	3521.74	4100.06	4212.73	4545.18	47453.72
PAREDE ABSORVÂNCIA 0,63	4874.45	4349.6	4673.76	4025.37	3824.6	3352.69	3316.18	3412.11	3616.95	4227.02	4360.88	4708.35	48741.96
DIFERENÇA ABSOLUTA													ACRÉSCIMO KWH
	170.4	135.5	129.0	83.3	67.6	52.2	49.2	67.2	95.2	126.9	148.1	163.1	1288.2
DIFERENÇA RELATIVA													ACRÉSCIMO %
	3.50%	3.12%	2.76%	2.07%	1.77%	1.56%	1.49%	1.97%	2.63%	3.00%	3.40%	3.47%	2.64%

Obs.: Em vermelho, maiores diferenças; em cinza, menores diferenças.

Sendo assim, o aumento anual de 1.288,24 kWh ao se utilizar as paredes externas de absorvância 0,63 representou um aumento médio mensal de R\$ 49,78.

Notou-se ainda que as cargas térmicas retiradas para o resfriamento foram maiores no modelo de absorvância de 0,63, e assim como no modelo sem entorno, a maior diferença de carga térmica foi identificada na zona 1, no mês de agosto (30,58%). Observou-se ainda que as menores diferenças de carga térmica retiradas foram registradas na zona 13 (Tabela 28). Um fator importante a ser destacado é que esta zona está exposta à radiação solar direta

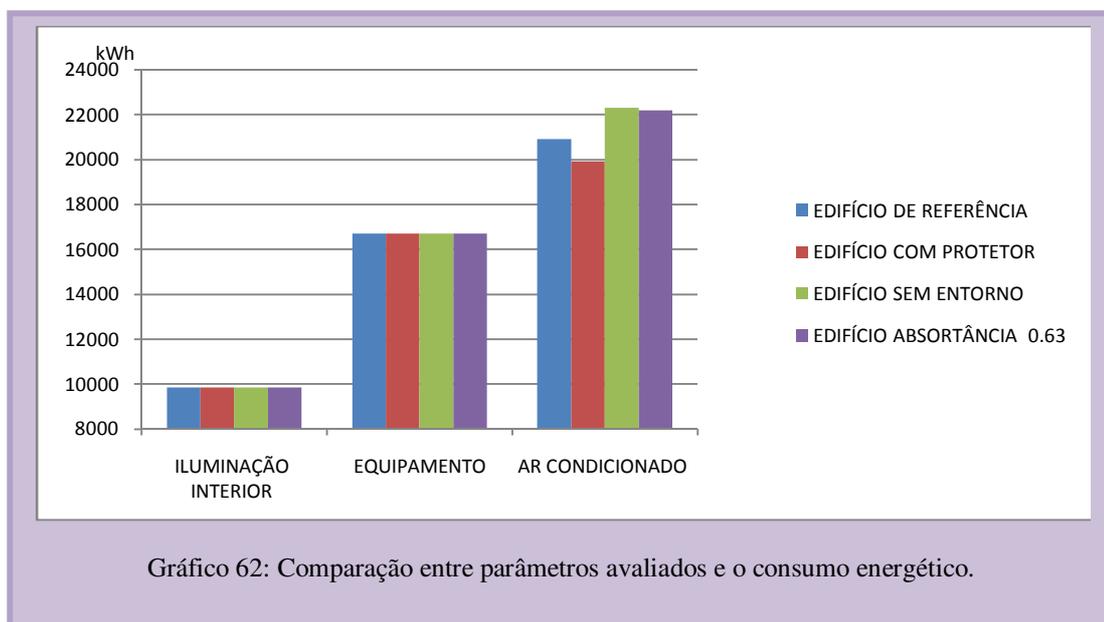
principalmente pela cobertura, ou seja, os maiores ganhos de radiação solar ocorrem através desse elemento construtivo.

Tabela 28: Carga térmica máxima retirada (W) – edifício referência x edifício absorvância externa 0,63.

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	984.5	969.8	971.2	963.4	960.3	704.7	423.0	412.83	952.45	948.6	949.4	969.4
ZONA 3	1162.2	1147.3	1157.9	1149.0	1146.3	1048.8	773.1	790.4	1136.7	1134.2	1136.0	1158.8
ZONA 13	3888.6	3871.9	3925.6	3890.6	2930.6	1910.0	1834.4	1918.7	3927.3	3975.6	3910.2	3909.9
EDIFÍCIO PAREDE COR AMARELO ANTIGO												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	1045.2	1025.3	1031.2	1025.4	1022.5	790.3	540.7	594.7	1012.8	1010.3	1011.3	1032.2
ZONA 3	1224.8	1229.3	1240.8	1230.8	1227.3	1112.3	957.3	1052.2	1217.4	1216.2	1217.8	1241.3
ZONA 13	3959.6	3962.7	3986.1	3971.5	3060.4	2100.9	1855.8	2156.3	3988.8	4021.7	3963.8	3987.8
DIFERENÇA ABSOLUTA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	60.6	55.5	60.0	61.9	62.1	85.5	117.7	181.8	60.4	61.7	61.8	62.7
ZONA 3	62.6	82.0	82.8	81.7	81.0	63.5	184.2	261.8	80.6	82.0	81.8	82.4
ZONA 13	71.0	90.7	60.5	80.9	129.7	190.8	21.3	237.5	61.4	46.0	53.6	77.8
DIFERENÇA RELATIVA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ZONA 1	5.8%	5.4%	5.8%	6.0%	6.0%	10.8%	21.7%	30.5%	5.9%	6.1%	6.1%	6.0%
ZONA 3	5.11%	6.67%	6.68%	6.64%	6.61%	5.71%	19.24%	24.88%	6.63%	6.75%	6.72%	6.64%
ZONA 13	1.79%	2.29%	1.52%	2.04%	4.24%	9.09%	1.15%	11.02%	1.54%	1.14%	1.35%	1.95%

Obs.: Em amarelo, maior valor de carga térmica retirada; em vermelho; maior diferença relativa; em cinza, menor diferença relativa.

Diante dos resultados expostos, e comparando-se as situações analisadas, verificou-se que a utilização de protetor solar contribuiu para uma redução de 2,1% no consumo anual o que em números absolutos representou uma economia de 999,32 kWh no consumo anual. Além disso, nas duas outras situações analisadas e que influenciaram no aumento deste consumo, a ausência do entorno contribuiu para um maior aumento do consumo de energia elétrica (aumento de 2,8% no consumo anual), o que em números absolutos implicou um acréscimo de 1.403,07 kWh anualmente. Já a utilização de paredes externas com absorvância de 0,63 significou um aumento de 1.288,2 kWh (aumento de 2,7%) (Gráfico 62).



Como já mencionado, o uso do protetor solar promoveu uma economia anual de energia de 999,32 kWh no edifício analisado. Ao dividir esse valor pelo número de apartamentos analisados (4 apartamentos), observou-se que cada um obteve uma redução anual de 249,83 kWh no consumo energético. Desta forma, considerando-se uma taxa de R\$ 0,463662 por kWh, a utilização do protetor solar resultou em uma economia anual de R\$ 115,85 por apartamento.

4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou o desempenho termoenergético de um edifício multifamiliar produzido pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR em Maceió – AL, diante da influência do sombreamento promovido pela utilização de dispositivo de proteção solar e pelo arranjo construtivo que constitui o entorno imediato, como também do uso de maior valor de absorvância para as paredes externas que compõem a envoltória.

A metodologia utilizada demonstrou-se satisfatória para a obtenção dos objetivos propostos. Observou-se, a partir da avaliação do sombreamento do arranjo construtivo, que para a orientação sudeste e dia típico de verão, o entorno influenciou significativamente no sombreamento dos ambientes localizados no pavimento térreo e em uma menor proporção no pavimento intermediário. Já no dia típico de inverno foi mínima a influência do sombreamento. A presença do beiral no modelo de referência significou apenas o sombreamento em algumas horas do dia dos ambientes localizados no 4º pavimento.

A fim de facilitar a visualização dos resultados encontrados, elaboraram-se os seguintes quadros-síntese:

Edif. Referência x Edif. com Protetor	DESEMPENHO TÉRMICO	DESEMPENHO ENERGÉTICO
	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca variação da temperatura média interna; • Maiores reduções de temperatura: zonas pavimento intermediário e 4º pavimento; • Para 1ren/h: predominaram a sensação de desconforto por calor (verão, 100%; inverno, aproximadamente 95%); • Para taxas de infiltração calculadas: verão predominou a sensação de desconforto por calor (aprox. 85%); inverno, predominou a sensação de conforto (aprox. 91%, principalmente zonas mais distantes do solo); • Utilização de protetor solar: menores ganhos de calor; • Taxas de infiltração calculadas: maiores ganhos de calor; • Maiores ganhos de calor: Zonas 1, 3 e 13 (edifício de referência e edifício com protetor solar); • Reduções mais expressivas dos ganhos 4º pavimento (zonas 13 e 14) e pavimento intermediário (3 e 4); • Transmissão solar: Maior redução: no verão, zona 4 (62,9%); no inverno, zona 14 (56%); • Transmissão solar: Menor redução: no verão, zona 1 (53,9%%); no inverno, zona 2 (31,7%%); 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduções no consumo energético; • Maiores diferença de consumo: janeiro (3,62%), dezembro (3,53%) e novembro (3,41%); • Maior consumo energético nas zonas térmicas mais distantes do solo; • Redução de 2.11% no consumo anual – 999,32 kWh - R\$ 115,85 por apartamento.

Quadro 5: Síntese edifício de referência x edifício com protetor.

Edif. Referência x Edif. Sem entorno	DESEMPENHO TÉRMICO	DESEMPENHO ENERGÉTICO
	<ul style="list-style-type: none"> • Maiores aumentos zonas pavimento térreo (zonas 1 e 2) e pavimento intermediário (zonas 3 e 4), aproximadamente 0,7 °C de diferença; • No verão, menores aumentos, zonas 13 e 14, localizadas no 4º pavimento, (aproximadamente) 0,2°C; • No inverno, menor variação dos valores de temperatura interna (entre 0,1°C a 0,4°C); • Taxas de infiltração do ar calculadas: redução das diferenças de temperatura entre as zonas; • Taxas de infiltração do ar calculadas: pouca influência do entorno nos valores de temperatura média no interior das zonas térmicas; • Aumentos significativos dos ganhos de calor em todas as zonas térmicas na situação sem entorno; • Maiores ganhos de calor: zonas 1, 3 e 13 (quartos); • Condição sem entorno: zona 1 maior ganho de calor; • Para 1ren/h, maior diferença de aumento: zona 2 e 14, entorno de 173% (verão) e 104% (inverno), respectivamente; • Diferenças médias de transmissão solar apresentaram valores bastante semelhantes de acordo com a altura em que cada zona se encontra em relação ao solo; • Maior diferença no aumento transmissão solar: zona 2 e 1, entorno de 142% (verão) e 195% (inverno), respectivamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência do entorno interferiu no consumo; • Maiores diferenças: novembro (4.21%), janeiro (4.17%) e dezembro (3.95%); • Aumento anual de 1403,07 kWh – R\$ 54.21 por apartamento.

Quadro 6: Síntese edifício de referência x edifício sem entorno.

Edf. Referência x Edf. com absorvância de 0,63	DESEMPENHO TÉRMICO	DESEMPENHO ENERGÉTICO
	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca variação da temperatura média interna; • Maiores variações de temperatura no verão foram em torno de 0,1 a 0,2°C; • Zonas 2, 4 e 14 não sofreram nenhum acréscimo nos valores de temperatura interna; • Para taxas de infiltração calculadas: nenhuma variação significativa de temperatura interna; • Horas de conforto: verão, 0% com taxa de infiltração de ar de 1renh/h e entre 4,17% a 33,3% com taxas calculadas. Exceto na zona 13, redução de hora de conforto de 4,27%; inverno, inverno, aumento nas horas de desconforto nas zonas 1, 2 e 4; • Diminuição dos valores de ganhos de calor nas duas taxas de infiltração consideradas. • Taxas de infiltração de ar calculadas: menor variação dos ganhos de calor (da ordem de 0,1%); • Para 1ren/h, maiores variações dos ganhos de calor: zonas mais distantes do solo, zonas 13 e 14 (no verão 0,4% e no inverno 0,8%); • Nenhuma alteração nos valores de transmissão solar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do consumo energético mensal; • Maiores diferença de consumo: janeiro (3.50%), dezembro (3.41%) e novembro (3.4%); • Aumento anual de 1288,24 kWh - R\$ 49.78 por apartamento.

Quadro 7: Síntese edifício de referência x edifício com absorvância de 0,63.

A avaliação inicial do sombreamento do entorno permitiu o entendimento da influência dos parâmetros analisados no desempenho térmico do edifício estudado. Os protetores solares contribuíram para reduções da temperatura interna principalmente nas zonas localizadas no pavimento intermediário e no 4º pavimento, ou seja, como o entorno foi considerado nas duas situações (referência e com protetor), a influência do protetor solar não foi percebida tão claramente nas zonas localizadas no térreo, por já serem sombreadas pelo entorno. A ausência do entorno, por outro lado, não interferiu significativamente nas transmissões solares e conseqüentemente nos ganhos de calor das zonas do 4º pavimento. Entretanto, contribuiu para o aumento desses ganhos nos ambientes localizados no térreo (Quadros 5 a 7).

Quanto à avaliação do consumo energético, os resultados indicaram que a utilização de ar condicionado provocou um forte impacto no consumo de energia do edifício,

representando cerca de 44% do consumo final. Mas através da análise comparativa entre o edifício de referência e com o uso do dispositivo de proteção solar, constatou-se que houve uma redução bastante significativa no consumo mensal por apartamento de cerca de R\$ 115,85. Além disto, verificou-se que o entorno também contribuiu para a redução desse consumo, uma vez que a sua desconsideração representou um aumento médio mensal de R\$ 54,21. A alteração da absorvância das paredes externas também foi um parâmetro que contribuiu para o aumento do consumo médio mensal, em torno de R\$ 49,78 (Quadros 5 a 7).

Diante das conclusões apresentadas observa-se a importância em se estabelecer critérios construtivos de acordo com a realidade climática onde a edificação será inserida, pois a desconsideração de certos aspectos pode vir a significar um baixo desempenho térmico e alto consumo energético no edifício.

Para o caso analisado, verifica-se que a utilização de protetor solar e o aproveitamento da morfologia do arranjo construtivo contribuíram para um melhor desempenho do modelo que representa um edifício elaborado pelo programa PAR. E ainda que a consideração da predominância da cor branca na textura das paredes externas é um aspecto positivo e que se deve ser mantido nos programas habitacionais para a cidade de Maceió, pois também significou redução no consumo energético.

Os resultados das simulações computacionais quanto ao desempenho dos protetores solares aqui apresentados comprovaram a importância de sua utilização nos projetos de edifícios para a cidade de Maceió, embora não tenha sido registrada grande sensibilidade quanto à magnitude dessas respostas na simulação com o *Energyplus*.

Neste contexto, reforça-se a necessidade de se considerar a utilização de protetores solares nos empreendimentos habitacionais para a cidade de Maceió, como também de se levar em conta a disposição do arranjo construtivo, de maneira a potencializar a sua função de

sombreamento e canalizador de ventilação natural, estratégias de grande importância para se obter conforto térmico e redução do consumo energético nas edificações localizadas na cidade de Maceió-AL.

Para as simulações com programa o *Energyplus* (ENERGYPLUS,2009) foram necessárias algumas simplificações, a exemplo da escolha do módulo do algoritmo *Conduction Transfer Functions*, que considera apenas o calor sensível no cálculo de trocas térmicas, dispensando outros dados não disponíveis para o presente trabalho.

A indisponibilidade de equipamentos para medições de temperatura do solo levou à utilização dos valores médios de temperatura externa do ar. Quanto aos valores de absorvâncias, utilizaram-se apenas os valores médios, pois para superfícies rugosas são as informações de que se tem registro.

Diante do exposto, para trabalhos futuros relacionados à área, sugerem-se os seguintes desdobramentos:

- Analisar a influência dos parâmetros protetor solar, entorno e absorvância em oito orientações geográficas, para o desempenho termoenergético;
- Considerar a influência da utilização do protetor solar no desempenho térmico de uma edificação de forma isolada, sem considerar a presença do entorno.
- Analisar o desempenho termoenergético diante de diferentes absorvâncias e associados a outras propriedades construtivas, como resistência térmica.
- Avaliar diferentes tipos de cobertura em edifícios verticais para o seu desempenho termoenergético.
- Realizar medições *in loco* em unidades habitacionais inseridas em região de mesma característica climática, para que os dados encontrados na presente pesquisa possam

ser confrontados, de modo a calibrar os resultados das simulações com o programa *Energyplus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. R. de O. *Conforto térmico em salas de aula localizadas em clima quente e úmido: Uma avaliação do limite inferior da zona de conforto*. Maceió, 2008. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

ARAÚJO, V. M. D de. *Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações Escolares no Litoral Nordestino Brasileiro*. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. *Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy*. ASHRAE: Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS: *NBR 15575. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2008.

ASTE, N.; Angelotti, A; Buzzetti, M. The influence of the external walls thermal inertia on the energy performance of well insulated buildings. *Energy and Buildings*. Volume 41, 2009, p.1181 – 1187.

BARBIRATO, G. M., LISBÔA, T. A., TORRES, S. C. *Microclimas em ruas e praças em Maceió – AL*. In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 2003, Curitiba – PR. *Anais...VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC*. Curitiba – PR, 2003, 1 CD ROM.

BITTENCOURT, L. S. *Uso das cartas solares: Diretrizes para arquitetos*. 3. ed. rev. Maceió: Edufal, 2000.

BITTENCOURT, L. S., CANDIDO, C. M. *Introdução à ventilação natural*. 2. ed., Maceió: Edufal, 2006.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas 1961-1990*. Brasília, DNMET, 1992. 84p.

BRASIL. Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. *Regulamenta a Lei no 10.295, 2001.a*.

BRASIL. *Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia*. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001.b. Disponível em: < www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/leis >. Acesso em: 11/06/09

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia ; *colaboração Empresa de Pesquisa Energética*. Brasília : MME : EPE, 2007.12 v.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. *REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS*. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. *Manual para aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C*. Rio de Janeiro, 2009.b.

BRE. Breeam: ecohomes. Ecohomes 2006 – The environmental rating for homes. 2006. Disponível em: www.Ecohomes.org. Acesso em: 20/ 06/ 2009.

BREEAM. disponível em: <http://www.breeam.org/index.jsp>. acesso em: 20/06/2009.

CABUS, Ricardo Carvalho. *Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil*. Thesis (Doctor of Philosophy). School of Architectural Studies. University of Sheffield. 2002.

CAIXA. Caixa Econômica Federal. Disponível em: www.caixa.gov.br. Acesso em: 22 de setembro de 2009.

CAMELO, S.; SANTOS, C. P. dos; HORTA, A. R. C.; GONÇALVES, H. MALDONADO, E. *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios: Manual de apoio à aplicação do RCCTE*. Lisboa, 2006.

CARLO, J.; ENEDIR G.; LAMBERTS, R.; (3), MASCARENHAS, A. C. *Eficiência energética no código de obras de salvador* In: ENCAC -VII Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre conforto no Ambiente Construído , 2003, Curitiba – PR , 2003.

CHENG, V.; NG E.; GIVONI, B. Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate. *Solar Energy*, v. 78, p. 528-534, 2005.

CORREA, C. B. *Arquitetura bioclimática: Adequação do projeto da arquitetura ao meio ambiente natural*. Portal vitruvius Disponível em: < http://www.vitruvius.com.br/drops/drops04_07.asp >. Acesso em: 11/06/09.

DORNELLES, K. A. *Absorção solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA*. Campinas, 2008. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

DUTRA, L.; LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R. *Determinação do fator solar desejável em aberturas*. In: ENCAC – III ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Gramado, RS; In: I ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Gramado, RS, 1995.

ECO & AÇÃO: *Ecologia e responsabilidade*. Saiba mais sobre a crise energética no Brasil. 11 de Jan. de 2008. Disponível em: <http://www.ecoeacao.com.br>. Acesso em: 20 de nov. de 2008.

ELETRONBRAS / PROCEL. *Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005 - classe residencial, relatório Brasil, 2007*.

ENERGYPLUS. *Input Output Reference*. The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input ENERGYPLUS. Versão.4.0. Disponível em: www.energyplus.gov/building/energyplus/, acesso em: 15 de setembro de 2009.

FANG, S.; CHEN, Y. Evaluation on energy efficiency of windows in different climate zones of china. Proceedings: *Building Simulation, 2007*.

FERNANDES, A. M. C. P. *Arquitetura e sombreamento: Parâmetros para a região climática de Goiânia*. Rio Grande do Sul, 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

GELLER, H. S. *Revolução energética: políticas para um futuro sustentável*. Trad. Maria Vidal Barbosa. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

GEOCONSTRUCTION. Disponível em: www.geoconstruction.com. Acesso em: 30 de setembro de 2009.

GHISI, E.; LAMBERTS, R.; RORIZ, M.; PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. C. R. de. Normalização em conforto ambiental: desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações. In: ROMAN, H.; BONIN, L. C. *Normalização e certificação na construção habitacional*. vol. 3, Porto Alegre : ANTAC, 2003. (Coletânea Habitare, v.3).

GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

GONÇALVES, W. DE B.; MENDES, R. A. S. *Elaboração de catalogo técnico de materiais e componentes nacionais para construção civil aplicáveis ao conforto ambiental e à eficiência energética das edificações*. In: ENCAC – X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN; In: VI ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, 2009.

GOULART, S. AET N° 03/04 - *Levantamento da Experiência Internacional: Experiência nos Estados Unidos*. Relatório: LabEEE-200508. Florianópolis, 2005.

GOULART, S. AET N° 03/04 - *Levantamento da Experiência Internacional: Experiência Européia*. Relatório: LabEEE-200520. Florianópolis, 2005.

GOULART, S. V. G., LAMBERTS, R., FIRMINO, S. *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. 2° ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

HABITAÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL. Disponível em: http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/projeto_objetivo.htm, acesso em: 15/10/2009.

KOWALTOWSKI, D.; SKUBS, D.; WATRIN, V. *O papel da varanda no conforto de moradias Autoconstruídas*. In: VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Curitiba, 2003. Anais...Curitiba, 2003.

LA ROCHE, P.; MILNE M. Effects of combining smart shading and ventilation on thermal comfort, *Solar Energy*, Number 77, p 421-434.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. *Programa Computacional Analysis Bio*, Versão: 2.1.5.- 2007. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html>>. Acesso em 22 de janeiro de 2010.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. *Programa Computacional Analysis SOL-AR*, Versão: 6.2. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.html>>. Acesso em 30 de setembro de 2009.

LAMBERTS, R; CARLO, J. *Uma discussão sobre a regulamentação de eficiência energética em edificações*. In: Mercofrio - IV Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul, 2004, Curitiba, PR, 2004.

LEÃO JUNIOR, R. S. N. *Impacto econômico do uso de ar condicionado em edifícios residências na cidade de Maceió/AL*. Maceió, 2008. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

LEED for Homes. *Rating System For Pilot Demonstration of LEED® for Homes Program*. US Green Building Council, 2005. Disponível em: <http://www.usgbc.org/>. Acesso em: 20/06/09.

LIMA, E. C. de M.. *Políticas Federais de habitação no Brasil (1930 – 2005): marcos históricos e institucionais*. Maceió, 2007. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

MARAGNO, G. V. *Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande - MS*. In: ENCAC – VI ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, São Pedro, SP; In: III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Pedro, SP, 2001.

MARAGNO, G. V.; COCH, H. *A varanda como espaço de transição*. Conceituação, tipologias, variáveis e repercussão ambiental. In: ENCAC – X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN; In: VI ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, 2009.

MARAMBAIA, N. C. *Questões projetuais e construtivas para o uso eficiente de energia elétrica em habitação popular: o estudo da comunidade do costa azul – Salvador/BA*. Salvador, 2005. Universidade Salvador. Programa de pós-graduação em engenharia. Mestrado em regulação da indústria de energia. Salvador, 2005.

MARINOSKI, D. L.; GÜTHS, S.; PEREIRA, F. O. R.; LAMBERTS, R. *Aperfeiçoamento de um sistema de medição de ganho de calor solar através de aberturas*. In: ENCAC -

ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, AL; In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, AL, 2005.

MARTINS, T. L. de O. G. *Dispositivos de proteção solar e eficiência energética em edifícios de escritório: uma avaliação para a cidade de Maceió/ AL*. Maceió, 2007. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

OFFIONG, A.; UKPOHO, U. External window shading treatment effects on internal environmental temperature of buildings. *Renewable Energy. Sciency direct .v. 29, Issue 14, 2004, p. 2153-2165.*

OLGYAY, V. *Arquitectura y clima*. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. 2ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, SL, 2002.

ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. *Metodologia Utilizada na Elaboração da Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros para Simulações no Visualdoe-3.1*. Relatório Interno – Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2003.

PAPST, A. L.; LAMBERTS, R. *Relacionamento da temperatura interna e externa em edificações residenciais naturalmente ventiladas*. In: VI Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre conforto no Ambiente Construído – ENCAC. São Paulo, 2001.

PARICIO, I. *La proteccion solar*. 3 ed. Barcelona: Bisagra, 1999.

PASSOS, I. C. da S. *Clima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar*. Maceió, 2009. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

PEREIRA, C. D. *A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente*. Florianópolis, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PEREIRA, C. D.; GHISI, E. *A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente*. In: ENCAC - X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2008, Natal, RN; In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Natal, RN, 2008.

PEREIRA, C. D.; GHISI, E. *Calibração de um modelo computacional de uma residência unifamiliar localizada em Florianópolis*. In: ENCAC - X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2008, Natal, RN; In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Natal, RN, 2008.

PEREIRA, I. M.; SOUZA, R. V. de. *Proteção solar em edificações residenciais e comerciais: Desenvolvimento de metodologia*. In: ENTAC - XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2008, Fortaleza, CE, 2008.

PEZZOPANE, J. R. M. *Temperatura do solo e do ar*. Tópico 7. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES-CEUNES, 2007. Disponível em: <http://www.ceunes.ufes.br/downloads/2/josepezzopane-topico%207%202009.pdf> . Acesso em: 22 de fevereiro de 2010.

PROCEL / ELETROBRÁS. *Programa Nacional de conservação de energia elétrica: áreas de atuações – edificações*. Disponível em: <http://www.eletronbras.gov.br/procel>. Acesso em: 20 de Nov. de 2008.

PROCEL / ELETROBRÁS. *Relatório da pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo (Residencial)*, 2007. Disponível em: <http://www.eletronbras.gov.br/procel>. Acesso em: 20 de Nov. de 2008.

REGULAMENTAÇÃO PARA ETIQUETAGEM VOLUNTÁRIA DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS. Versão aprovada para teste pelo GT edificações em outubro de 2007. Arquivo Particular. Prof. Dr. Leonardo Bittencourt.

ROAF, S. (Org.); FUENTES, M.; THOMAS, S. *Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável*. Tradução: SALVATERRA, A. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROCHA, A. P. de A.; ASSIS, E. S. de; GONÇALVES, W. de B. *Zoneamento bioclimático do estado de Minas Gerais*. Aperfeiçoamento dos resultados. In: ENCAC – X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN; In: VI ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, 2009.

RORIZ, M.; CHVATAL, K. M. S. (2); CAVALCANTI, F. S. *Sistemas construtivos de baixa resistência térmica podem proporcionar mais conforto*. In: ENCAC – X ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN; In: VI ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, 2009.

RORIZ, M.; NAVARRO, F. E. *Arquitetura e clima na Bolívia: três momentos da história*. In: ENCAC – VIII ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, AL; In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, AL, 2005.

SATTLER, M. A.; *Habitacões de baixo custo mais sustentáveis: a casa alvorada e o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis*. Porto Alegre: ANTAC, 2007. (Coleção Habitare,8).

SCHIPPER, L.; MEYER, S. *Energy efficiency and human activity: past trends, future prospects*. Cambridge - USA, 2005.

SILVA, V. G. da. *Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica*. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: Projeto Finep, 2007.

SKETCHUP, 2009. Disponível em: www.sketchup.google.com Acesso em: 10 de janeiro de 2009.

SOUZA, L. C. L. de; PIZARRO, P. R. *Analisando a influência da orientação no consumo de energia em um conjunto habitacional*. In: VI Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre conforto no Ambiente Construído – ENCAC. São Paulo, 2001.

TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R. *O potencial da mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios*. In: VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Curitiba, 2003. Anais...Curitiba, 2003.

TOLMASQUIM, M. *As origens da crise energética brasileira*. Ambient. soc., Campinas, n. 6-7, jun. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>. Acesso em: 05 fev. 2009.

TORRES, S. C. *Arranjos construtivos urbanos: um estudo sobre a influência da configuração de conjuntos habitacionais verticais na qualidade térmica de edificações em Maceió - AL*. Maceió, 2006. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

USGBC. U.S. *Green Building Council*. Disponível em: <http://www.usgbc.org/>. Acesso em: 20/06/2009.

YOSHIDA, R. *Das normas em conforto térmico ao projecto de arquitectura: Estudo de Caso para Edifícios de Habitação - Zona Bioclimática Brasileira Z3 – Brasil*. Lisboa, 2006. Dissertação (Mestrado de Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, UniversidadeTécnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

APÊNDICE A: Listagem dos empreendimentos de tipologia vertical do Programa de Arrendamento Residencial – PAR (1999-2008):

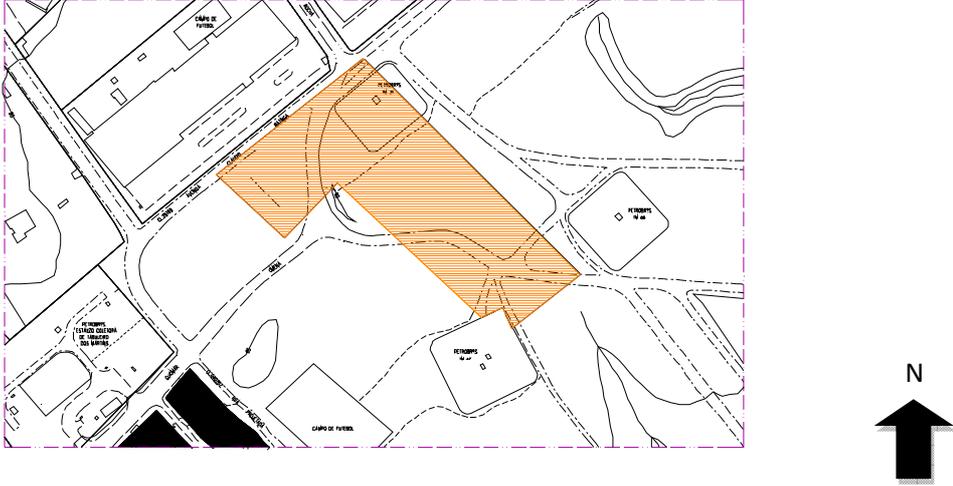
EMPREENHIMENTO	BAIRRO	DATA HABITE-SE	UNIDADES
1. Parque dos poetas	São Jorge	04/12/2000	80
2. Residencial Parque dos Cantores	Barro Duro	24/09/2001	64
3. Residencial Bela Vista	Jacintinho	06/08/2001	160
4. Residencial Costa Dourada	Jacintinho	25/01/2001	112
5. Residencial Costa Norte I	São Jorge	03/05/2001	48
6. Residencial Costa Norte II	São Jorge	03/05/2001	64
7. Residencial Costa Norte III	São Jorge	03/05/2001	48
8. Residencial Ilha Vitória A	Farol	10/07/2001	140
9. Residencial Ilha Vitória B	Farol	10/07/2001	160
10. Residencial Villa Rica	Antares	02/05/2001	112
11. Residencial Canto dos Pássaros	Trapiche	28/12/2001	112
12. Residencial Bosque das Palmeiras	Petrópolis	26/02/2003	240
13. Residencial Andaluz	São Jorge	11/04/2003	160
14. Residencial Bariloche	Barro Duro	14/04/2003	224
15. Residencial Galapagos	Santa Lúcia	22/07/2003	128
16. Residencial Praias Belas	Poço	08/10/2004	160
17. Residencial Vilas da Lagoa	Tabuleiro	28/04/2004	144
18. Residencial Serraria	Serraria	03/03/2004	384
19. Residencial Germano Santos	Tabuleiro	31/08/2004	160
20. Residencial Conselheiro José Bernades	Serraria	31/08/2004	192
21. Residencial Mata Atlântica	Antares	26/11/2004	224
22. Residencial Morada das Artes	Antares	06/01/2005	384
23. Residencial Dep. Tarcício de Jesus	Ouro Preto	15/04/2005	352
24. Residencial Paraíso das Águas (Bern. Oiticica)	Petrópolis	09/09/2005	256
25. Residencial Mendonça Uchôa	Santa Amélia	11/05/2005	288
26. Residencial Antônio Coutinho	Ouro Preto	27/06/2005	320
27. Residencial Luiz dos Anjos	Serraria	04/01/2006	464
28. Residencial Lúcio Costa	Petrópolis	07/06/2006	320
29. Residencial Dom Helder Câmara	Petrópolis	22/06/2006	480
30. Residencial Iracema	Serraria	31/08/2007	240
31. Residencial Janaína	Serraria	31/08/2007	240
32. Residencial Mayra	Serraria	31/08/2007	240

APÊNDICE B: Ficha dos empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial – PAR (2005 – 2008).

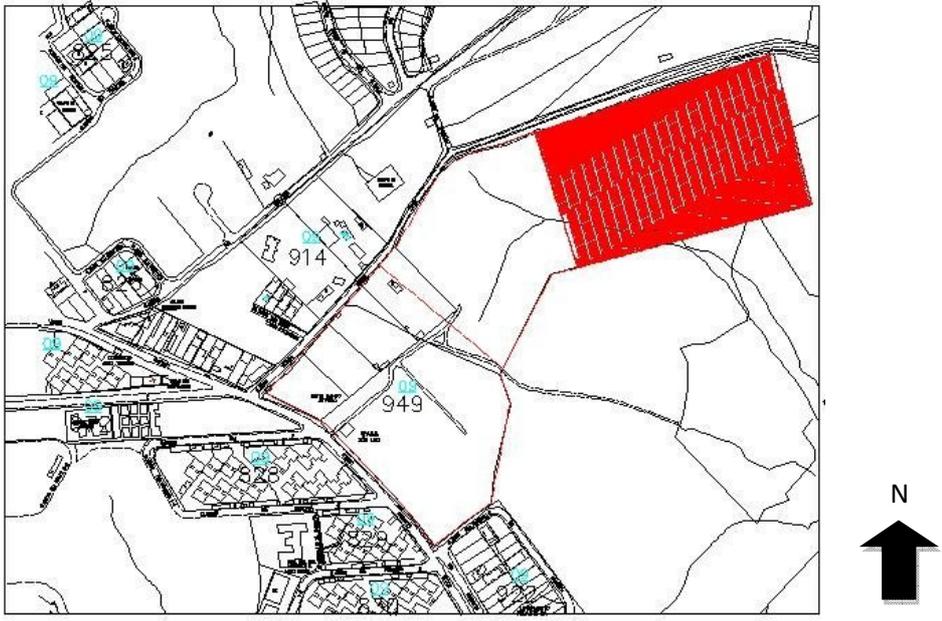
FICHA 1: RESIDENCIAL MENDONÇA UCHÔA		
LOCALIZAÇÃO		
	<p>Bairro: Santa Amélia</p> <p>Ano do Habite-se: 2005</p>	
ARQUITETURA		
		Tipologia do Terreno: Retangular
		Tipologia de planta: Planta em "H"
		Nº de pavimentos: 4
		Implantação: Normal
		Recuos: 5.0 m
		Número de blocos: 18
ABERTURAS	<p>Quarteirão: Contínuo</p> <p>Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro</p> <p>Orientação das aberturas: NE-SO</p>	

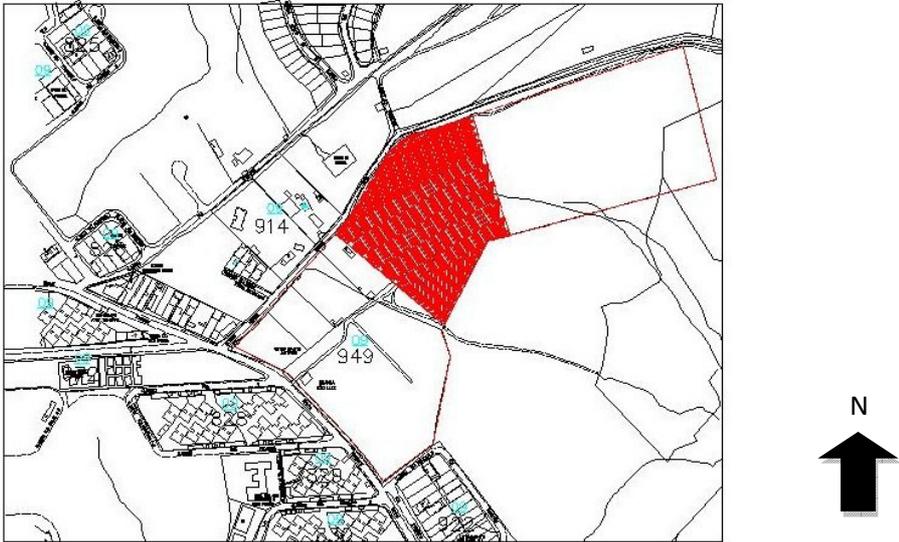
FICHA 2: RESIDENCIAL ANTÔNIO COUTINHO (Ouro Preto II)									
LOCALIZAÇÃO									
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Bairro: Ouro Preto</td> <td style="width: 50%;">Ano do Habite-se: 2005</td> </tr> </table>	Bairro: Ouro Preto	Ano do Habite-se: 2005						
Bairro: Ouro Preto	Ano do Habite-se: 2005								
ARQUITETURA	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia do Terreno: Quadrangular</td> <td rowspan="7" style="width: 50%; text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td>Tipologia de planta: Planta em "H"</td> </tr> <tr> <td>Nº de pavimentos: 4</td> </tr> <tr> <td>Implantação: Normal</td> </tr> <tr> <td>Recuos: 5.0 m</td> </tr> <tr> <td>Número de blocos: 20</td> </tr> <tr> <td>Quarteirão: C/ 4 edifícios</td> </tr> </table>	Tipologia do Terreno: Quadrangular		Tipologia de planta: Planta em "H"	Nº de pavimentos: 4	Implantação: Normal	Recuos: 5.0 m	Número de blocos: 20	Quarteirão: C/ 4 edifícios
Tipologia do Terreno: Quadrangular									
Tipologia de planta: Planta em "H"									
Nº de pavimentos: 4									
Implantação: Normal									
Recuos: 5.0 m									
Número de blocos: 20									
Quarteirão: C/ 4 edifícios									
ABERTURAS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro</td> <td rowspan="2" style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Orientação das aberturas: NE - SO</td> </tr> </table>	Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro		Orientação das aberturas: NE - SO					
Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro									
Orientação das aberturas: NE - SO									

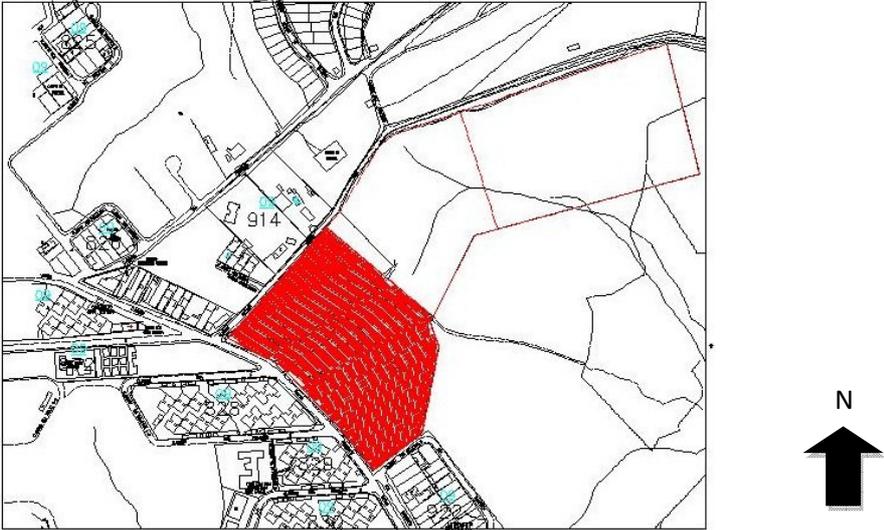
FICHA 3: RESIDENCIAL LUIZ DOS ANJOS (Ind. Bern. Oiticica)									
LOCALIZAÇÃO									
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Bairro: Serraria</td> <td style="width: 50%;">Ano do Habite-se: 2006</td> </tr> </table>	Bairro: Serraria	Ano do Habite-se: 2006						
Bairro: Serraria	Ano do Habite-se: 2006								
ARQUITETURA	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia do Terreno: Retangular</td> <td rowspan="7" style="width: 50%; vertical-align: top;"> </td> </tr> <tr> <td>Tipologia de planta: Planta em "H"</td> </tr> <tr> <td>Nº de pavimentos: 4</td> </tr> <tr> <td>Implantação: Normal</td> </tr> <tr> <td>Recuos: 5.0 m</td> </tr> <tr> <td>Número de blocos: 29</td> </tr> <tr> <td>Quarteirão: Contínuo</td> </tr> </table>	Tipologia do Terreno: Retangular		Tipologia de planta: Planta em "H"	Nº de pavimentos: 4	Implantação: Normal	Recuos: 5.0 m	Número de blocos: 29	Quarteirão: Contínuo
Tipologia do Terreno: Retangular									
Tipologia de planta: Planta em "H"									
Nº de pavimentos: 4									
Implantação: Normal									
Recuos: 5.0 m									
Número de blocos: 29									
Quarteirão: Contínuo									
ABERTURAS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro.</td> </tr> <tr> <td>Orientação das aberturas: NE -SO</td> </tr> </table>	Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro.	Orientação das aberturas: NE -SO						
Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro.									
Orientação das aberturas: NE -SO									

FICHA 4: RESIDENCIAL LÚCIO COSTA									
LOCALIZAÇÃO									
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Bairro: Petrópolis</td> <td style="width: 50%;">Ano do Habite-se: 2006</td> </tr> </table>	Bairro: Petrópolis	Ano do Habite-se: 2006						
Bairro: Petrópolis	Ano do Habite-se: 2006								
ARQUITETURA									
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Tipologia do Terreno: Retangular em "L"</td> </tr> <tr> <td>Tipologia de planta: Planta em "H"</td> </tr> <tr> <td>Nº de pavimentos: 4</td> </tr> <tr> <td>Implantação: Normal</td> </tr> <tr> <td>Recuos: 6.0 m</td> </tr> <tr> <td>Número de blocos: 20</td> </tr> <tr> <td>Quarteirão: Com 6 edifícios</td> </tr> </table>	Tipologia do Terreno: Retangular em "L"	Tipologia de planta: Planta em "H"	Nº de pavimentos: 4	Implantação: Normal	Recuos: 6.0 m	Número de blocos: 20	Quarteirão: Com 6 edifícios
Tipologia do Terreno: Retangular em "L"									
Tipologia de planta: Planta em "H"									
Nº de pavimentos: 4									
Implantação: Normal									
Recuos: 6.0 m									
Número de blocos: 20									
Quarteirão: Com 6 edifícios									
ABERTURAS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro</td> </tr> <tr> <td>Orientação das aberturas: SE - NO</td> </tr> </table>	Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro	Orientação das aberturas: SE - NO						
Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro									
Orientação das aberturas: SE - NO									

FICHA 5: RESIDENCIAL DOM HELDER CÂMARA									
LOCALIZAÇÃO									
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Bairro: Petrópolis</td> <td style="width: 50%;">Ano do Habite-se: 2006</td> </tr> </table>	Bairro: Petrópolis	Ano do Habite-se: 2006						
Bairro: Petrópolis	Ano do Habite-se: 2006								
ARQUITETURA	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia do Terreno: Trapezoidal</td> <td rowspan="7" style="width: 50%; text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td>Tipologia de planta: Planta em "H"</td> </tr> <tr> <td>Nº de pavimentos: 4</td> </tr> <tr> <td>Implantação: Normal</td> </tr> <tr> <td>Recuos: 6.0 m/10m</td> </tr> <tr> <td>Número de blocos: 30</td> </tr> <tr> <td>Quarteirão: Com 4 edifícios</td> </tr> </table>	Tipologia do Terreno: Trapezoidal		Tipologia de planta: Planta em "H"	Nº de pavimentos: 4	Implantação: Normal	Recuos: 6.0 m/10m	Número de blocos: 30	Quarteirão: Com 4 edifícios
Tipologia do Terreno: Trapezoidal									
Tipologia de planta: Planta em "H"									
Nº de pavimentos: 4									
Implantação: Normal									
Recuos: 6.0 m/10m									
Número de blocos: 30									
Quarteirão: Com 4 edifícios									
ABERTURAS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro</td> <td rowspan="2" style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Orientação das aberturas: SE-NO / NE-SO</td> </tr> </table>	Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro		Orientação das aberturas: SE-NO / NE-SO					
Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro									
Orientação das aberturas: SE-NO / NE-SO									

FICHA 6: RESIDENCIAL IRACEMA	
LOCALIZAÇÃO	
	<p>Bairro: Serraria</p> <p>Ano do Habite-se: 2007</p>
ARQUITETURA	<p>Tipologia do Terreno: Retangular</p> <p>Tipologia de planta: Planta em "H"</p> <p>Nº de pavimentos: 4</p> <p>Implantação: Normal</p> <p>Recuos: 6.0 m</p> <p>Número de blocos: 15</p> <p>Quarteirão: Contínuo</p>
ABERTURAS	<p>Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro</p> <p>Orientação das aberturas: SE-NO</p> 

FICHA 7: RESIDENCIAL JANAINA		
LOCALIZAÇÃO		
	Bairro: Serraria	Ano do Habite-se: 2007
ARQUITETURA	Tipologia do Terreno: Oblíquo Tipologia de planta: Planta em "H" Nº de pavimentos: 4 Implantação: Normal Recuos: 6.0 m Número de blocos: 15 Quarteirão: C/ 6 edifícios	
ABERTURAS	Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro Orientação das aberturas: SE-NO	

FICHA 8: RESIDENCIAL MAYRA									
LOCALIZAÇÃO									
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Bairro: Serraria</td> <td style="width: 50%;">Ano do Habite-se: 2007</td> </tr> </table>	Bairro: Serraria	Ano do Habite-se: 2007						
Bairro: Serraria	Ano do Habite-se: 2007								
ARQUITETURA	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia do Terreno: Oblíquo</td> <td rowspan="7" style="width: 50%; text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td>Tipologia de planta: Planta em "H"</td> </tr> <tr> <td>Nº de pavimentos: 4</td> </tr> <tr> <td>Implantação: Normal</td> </tr> <tr> <td>Recuos: 6.0 m</td> </tr> <tr> <td>Número de blocos: 15</td> </tr> <tr> <td>Quarteirão: C/ 2 edifícios</td> </tr> </table>	Tipologia do Terreno: Oblíquo		Tipologia de planta: Planta em "H"	Nº de pavimentos: 4	Implantação: Normal	Recuos: 6.0 m	Número de blocos: 15	Quarteirão: C/ 2 edifícios
Tipologia do Terreno: Oblíquo									
Tipologia de planta: Planta em "H"									
Nº de pavimentos: 4									
Implantação: Normal									
Recuos: 6.0 m									
Número de blocos: 15									
Quarteirão: C/ 2 edifícios									
ABERTURAS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro</td> <td rowspan="2" style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Orientação das aberturas: SE-NO</td> </tr> </table>	Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro		Orientação das aberturas: SE-NO					
Tipologia de esquadria: Alumínio com vidro									
Orientação das aberturas: SE-NO									

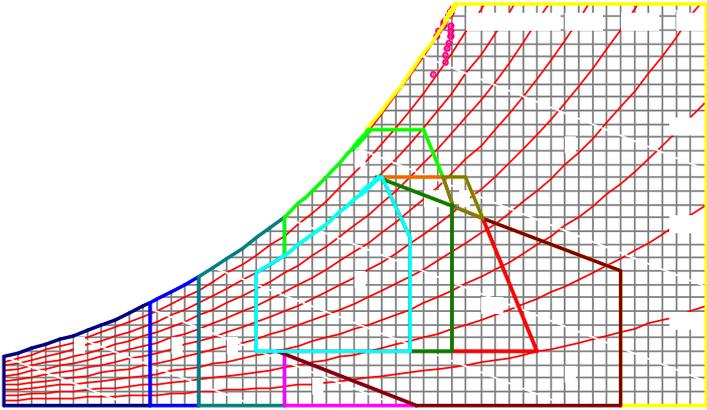
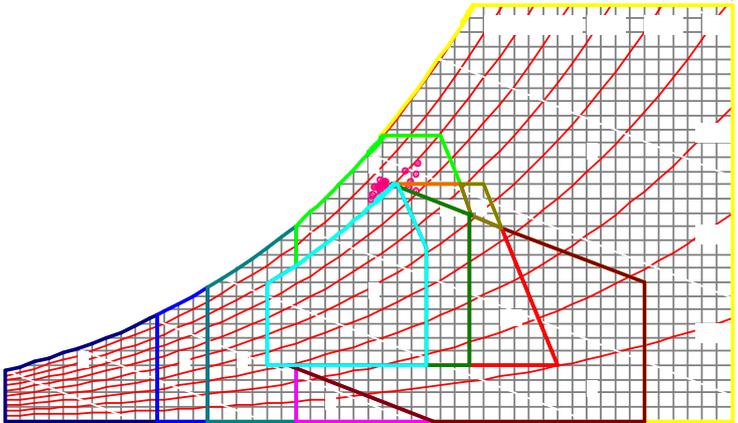
APÊNDICE C: Cartas bioclimáticas referentes às diversas situações simuladas.

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 1 (verão)	
Situação 1 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 2 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:4.17% Desconforto:95.8% Frio:0% Calor:95.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 95.8% Alta Inércia p/ Resfr.:8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 1 (inverno)	
Situação 3 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:95.8% Frio:0% Calor:95.8%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado:91.7%</p>	
Situação 4 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:70.8% Desconforto:29.2% Frio:0% Calor:29.2%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 29.2% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 2 (verão)	
Situação 5 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 25% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 75%</p>	
Situação 6 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:4.17% Desconforto:91.7% Frio:0% Calor:91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.:4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 2 (inverno)	
Situação 7 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:16.7% Desconforto:83.3% Frio:0% Calor:83.3%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 29.2% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 54.2%</p>	
Situação 8 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:79.2% Desconforto:20.8% Frio:0% Calor:20.8%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 20.8% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 3 (verão)	
Situação 9 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 10 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:8.33% Desconforto:91.7% Frio:0% Calor:91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.:8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 3 (inverno)	
Situação 11 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:100% Frio:0% Calor:100%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 12 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:91.7% Desconforto:8.33% Frio:0% Calor:8.33%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 4 (verão)	
Situação 13 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 14 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 12.5% Desconforto: 83.3% Frio: 0% Calor: 83.3%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 83.3% Alta Inércia p/ Resfr.: 4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 4 (inverno)	
Situação 15 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:87.5% Frio:0% Calor:87.5%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 29.2% Alta Inércia p/ Resfr.:4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 58.3%</p>	
Situação 16 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:91.7% Desconforto:8.33% Frio:0% Calor:8.33%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 13 (verão)	
Situação 17 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 91.7%</p>	
Situação 18 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 8.33% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 12.5% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 13 (inverno)	
Situação 19 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 8.33% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 62.5% Alta Inércia p/ Resfr.: 4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 29.2%</p>	
Situação 20 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 87.5% Desconforto: 4.17% Frio: 0% Calor: 4.17%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 14 (verão)	
Situação 21 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 95.8%</p>	
Situação 22 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 33.3% Desconforto: 62.5% Frio: 0% Calor: 62.5%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 62.5% Alta Inércia p/ Resfr.:8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA - ZONA 14 (inverno)	
Situação 23 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:62.5% Frio:0% Calor:62.5%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 33.3% Alta Inércia p/ Resfr.:12.5% Resfr. Evap.: 4.17% Ar Condicionado: 20.8%</p>	
Situação 24 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:91.7% Desconforto:0% Frio:0% Calor:0%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 1 (verão)	
Situação 25 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 26 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 4.17% Desconforto: 95.8% Frio: 0% Calor: 95.8%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 95.8% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 1 (inverno)	
Situação 27 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:91.7% Frio:0% Calor:91.7%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 12.5% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 9.2%</p>	
Situação 28 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:58.3% Desconforto:41.7% Frio:0% Calor:41.7%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 41.7% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 2 (verão)	
Situação 29 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 12.5% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 87.5%</p>	
Situação 30 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 2 (inverno)	
Situação 31 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 16.7% Desconforto: 83.3% Frio: 0% Calor: 83.3% Calor: 62.5%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 29.2% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 54.2%</p>	
Situação 32 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 75% Desconforto: 25% Frio: 0% Calor: 25%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 25% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 3 (verão)	
Situação 33 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 34 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 8.33% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 3 (inverno)	
Situação 35 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:16.7% Desconforto:83.3% Frio:0% Calor:83.3% Calor:62.5%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 36 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:83.3% Desconforto:16.7% Frio:0% Calor:16.7%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 16.7% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 4 (verão)	
Situação 37 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 38 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 4 (inverno)	
Situação 39 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:4.17% Desconforto:87.5% Frio:0% Calor:87.5%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 29.2% Alta Inércia p/ Resfr.:4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 58.3%</p>	
Situação 40 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:91.7% Desconforto:8.33% Frio:0% Calor:8.33%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 13 (verão)	
Situação 41 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 12.5% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 87.5%</p>	
Situação 42 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 95.8% Frio: 0% Calor: 95.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 95.8% Alta Inércia p/ Resfr.: 12.5% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 13 (inverno)	
Situação 43 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:4.17% Desconforto:87.5% Frio:0% Calor:87.5%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	
Situação 44 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:83.3% Desconforto:8.33% Frio:0% Calor:8.33%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 14 (verão)	
Situação 45 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 91.7%</p>	
Situação 46 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 20.8% Desconforto: 75% Frio: 0% Calor: 75%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 75% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM PROTETOR SOLAR - ZONA 14 (inverno)	
Situação 47 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 62.5% Frio: 0% Calor: 62.5%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 33.3% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 25%</p>	
Situação 48 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 91.7% Desconforto: 0% Frio: 0% Calor: 0%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 1 (verão)	
Situação 49 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 4.17% Ar Condicionado: 95.8%</p>	
Situação 50 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 95.8% Frio: 0% Calor: 95.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 95.8% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 1 (inverno)	
Situação 51 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:0% Desconforto:100% Frio:0% Calor:100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 95.8%</p>	
Situação 52 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:79.2% Desconforto:20.8% Frio:0% Calor:20.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 20.8% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 2 (verão)	
Situação 53 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 16.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 3.3%</p>	
Situação 54 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 2 (inverno)	
Situação 55 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:16.7% Desconforto:83.3% Frio:0% Calor:83.3%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 29.2% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado:54.2%</p>	
Situação 56 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:91.7% Desconforto:8.33% Frio:0% Calor:8.33%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 3 (verão)	
Situação 57 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 58 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 8.33% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 3 (inverno)	
Situação 59 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 60 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:91.7% Desconforto:8.33% Frio:0% Calor:8.33%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 4 (verão)	
Situação 61 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 62 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:29.2% Desconforto:66.7% Frio:0% Calor:66.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 66.7% Alta Inércia p/ Resfr.:8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 4 (inverno)	
Situação 63 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:87.5% Frio:0% Calor:87.5%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 29.2% Alta Inércia p/ Resfr.:4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 58.3%</p>	
Situação 64 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:95.8% Desconforto:4.17% Frio:0% Calor:4.17%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 13 (verão)	
Situação 65 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 95.8%</p>	
Situação 66 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 95.8% Frio: 0% Calor: 95.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 95.8% Alta Inércia p/ Resfr.: 12.5% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 13 (inverno)	
Situação 67 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:8.33% Desconforto:91.7% Frio:0% Calor:91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 62.5% Alta Inércia p/ Resfr.:4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 29.2%</p>	
Situação 68 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:91.7% Desconforto:0% Frio:0% Calor:0%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr. 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 14 (verão)	
Situação 69 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 70 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:33.3% Desconforto:62.5% Frio:0% Calor:62.5%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 62.5% Alta Inércia p/ Resfr.:8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO SEM ENTORNO - ZONA 14 (inverno)	
Situação 71 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:62.5% Frio:0% Calor:62.5%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 33.3% Alta Inércia p/ Resfr.:8.33% Resfr. Evap.: 4.17% Ar Condicionado: 25%</p>	
Situação 72 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:91.7% Desconforto:0% Frio:0% Calor:0%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr. 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 1 (verão)	
Situação 73 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 74 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto: 4.17% Desconforto: 95.8% Frio: 0% Calor: 95.8%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 95.8% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 1 (inverno)	
Situação 75 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:0% Desconforto:100% Frio:0% Calor:100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 95.8%</p>	
Situação 76 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:75% Desconforto:25% Frio:0% Calor:25%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 25% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 2 (verão)	
Situação 77 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 20.8% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 9.2%</p>	
Situação 78 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 4.17% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 2 (inverno)	
Situação 79 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:4.17% Desconforto:95.8% Frio:0% Calor:95.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 41.7% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado:54.2%</p>	
Situação 80 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:79.2% Desconforto:20.8% Frio:0% Calor:20.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 20.8% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 3 (verão)	
Situação 81 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 82 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 8.33% Desconforto: 91.7% Frio: 0% Calor: 91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 91.7% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 3 (inverno)	
Situação 83 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 84 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 91.7% Desconforto: 8.33% Frio: 0% Calor: 8.33%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 4 (verão)	
Situação 85 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 86 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 12.5% Desconforto: 83.3% Frio: 0% Calor: 83.3%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 83.3% Alta Inércia p/ Resfr.: 4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 4 (inverno)	
Situação 87 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:0% Desconforto:95.8% Frio:0% Calor:95.8%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 37.5% Alta Inércia p/ Resfr.:12.5% Resfr. Evap.: 0% >>Ar Condicionado: 58.3%</p>	
Situação 88 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p> <p>Conforto:91.7% Desconforto:8.33% Frio:0% Calor:8.33%</p> <p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p> <p>CALOR Ventilação: 8.33% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 13 (verão)	
Situação 89 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 4.17% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 95.8%</p>	
Situação 90 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial:16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:4.17% Desconforto:95.8% Frio:0% Calor:95.8%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 95.8% Alta Inércia p/ Resfr.:12.5% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 13 (inverno)	
Situação 91- TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:8.33% Desconforto:91.7% Frio:0% Calor:91.7%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 62.5% Alta Inércia p/ Resfr.:4.17% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 29.2% 58.3%</p>	
Situação 92 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:87% Desconforto:4.35% Frio:0% Calor:4.35%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 4.35% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 14 (verão)	
Situação 93 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 0% Desconforto: 100% Frio: 0% Calor: 100%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.: 0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 100%</p>	
Situação 94 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 16/2 Dia e Mês Final: 16/2 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto: 33.3% Desconforto: 62.5% Frio: 0% Calor: 62.5%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 62.5% Alta Inércia p/ Resfr.: 8.33% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

EDIFÍCIO COM ABSORTÂNCIA EXTERNA 0,63 - ZONA 14 (inverno)	
Situação 95 -TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR 1 ren/h	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:0% Desconforto:65.2% Frio:0% Calor:65.2%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 34.8% Alta Inércia p/ Resfr.:8.7% Resfr. Evap.: 4.35% Ar Condicionado: 26.1%</p>	
Situação 96 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE AR CALCULADA (m³/s)	
<p>DATAS E HORAS ESPEC. Dia e Mês Inicial: 23/8 Dia e Mês Final: 23/8 Total de Horas: 24</p>	
<p>Conforto:91.7% Desconforto:0% Frio:0% Calor:0%</p>	
<p>SOMBREAMENTO Porcentagem: 100 %</p>	
<p>CALOR Ventilação: 0% Alta Inércia p/ Resfr.:0% Resfr. Evap.: 0% Ar Condicionado: 0%</p>	

ANEXO A

Especificações técnicas dos empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial – PAR (edifícios verticais).

Revisão em 16/08/2004 Adequação às especificações mínimas e valor de R\$ 24.500,00

Proc. N°

Fis. N°

- Radier Protendido

PINTURA

- Forro de PVC
O último pavimento será totalmente revestido com forro de PVC, na cor branca. Os sanitários das demais unidades terão os tetos revestidos também com este tipo de Forro.
- PVA Interior sem Massa
PVA látex (sem massa corrida) – em todas as paredes que forem revestidas com gesso e nos tetos diretamente sobre a laje ou forro de gesso. Será da marca Ibratin, Novinil ou Coraiar.
- Pintura Acrilica Interna
No WCB, na parede molhada da cozinha e área de serviço. Será da marca Ibratin, Suvinil ou Coral.
- Textura Externa
Nas paredes externas dos blocos será aplicado textura hidrofugante. Será da marca Ibratin, Suvinil ou Coral. Os blocos serão pintados com cinco padronizações de cores diferentes.
- Laje em Concreto Armado
As laje serão em concreto armado com espessura de 9 cm conforme projeto estrutural, menos no último pavimento onde o teto será revestido com "forro de PVC". Na leitura e interpretação do projeto, será sempre levada em conta que o mesmo obedecerá as normas da ABNT, aplicáveis ao caso.
- Vidros
As janelas dos pavimentos térreos e dos demais WCBs terão vidros translúcidos, tipo canelado com 4mm de espessura. As janelas dos demais pavimentos terão vidros lisos, com 3mm de espessura.

ALVENARIAS

- Alvenaria Estrutural
As alvenarias serão executadas com blocos cerâmicos, que deverão atender os requisitos e critérios mínimos estabelecidos pelo prof. Fernando Henrique Sabbatini, obedecendo as dimensões e alinhamentos determinados em projeto.