

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIGROTÉRMICO
DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM
SANTA MARIA – RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Gabriela Inês Linck

Santa Maria, RS, Brasil

2013

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIGROTÉRMICO DE
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM SANTA
MARIA/RS**

Gabriela Inês Linck

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção de grau de
Mestre em Engenharia Civil

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Giane de Campos Grigoletti

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Linck, Gabriela Inês

Avaliação do desempenho higrotérmico de habitações de interesse social em Santa Maria - RS / Gabriela Inês Linck.-2013.

235 p.; 30cm

Orientadora: Giane de Campos Grigoletti

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2013

1. Habitação de interesse social 2. Desempenho térmico
3. PMV 4. Percepção dos usuários I. de Campos Grigoletti, Giane II. Título.

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIGROTÉRMICO DE
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM SANTA
MARIA/RS**

elaborada por
Gabriela Inês Linck

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA

Giane de Campos Grigoletti, Dr.^a
(Presidente/Orientadora)

Heitor da Costa Silva, Dr.
(UFRGS)

Joaquim César Pizzutti dos Santos, Dr.
(UFSM)

Santa Maria, 02 de abril de 2013.

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho, gostaria de prestar agradecimentos:

A Deus, que me guiou e conduziu nessa caminhada.

À UFSM, por proporcionar minha formação como arquiteta e urbanista e que agora possibilita a realização desse trabalho.

À professora Giane de Campos Grigoletti, pela orientação e aprendizado proporcionado, pela disposição, incentivo, paciência e amizade.

Aos meus pais, Paulo e Clarice, pelo amor e apoio.

Ao meu marido, Ricardo, meu maior incentivador.

Aos membros da banca examinadora, que gentilmente aceitaram participar e contribuir com o aperfeiçoamento desta pesquisa.

À Renata Serafin de Albernard, acadêmica do curso de Arquitetura e Urbanismo/UFSM, pela contribuição em várias etapas deste trabalho.

À Sheila, Émille, Renata e Ana Maria, pela amizade e momentos compartilhados.

Ao INMET, à Base Aérea de Santa Maria e à Prefeitura Municipal, por cederem dados e documentos.

Ao professor Ivanor Müller, pelo auxílio na análise dos dados das entrevistas.

Aos entrevistados, pela paciência e disposição em participar da pesquisa.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu muito obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIGROTÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM SANTA MARIA/RS

AUTORA: GABRIELA INÊS LINCK

ORIENTADORA: GIANE DE CAMPOS GRIGOLETTI

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 02 de abril de 2013.

No Brasil, os escassos investimentos em políticas públicas de habitação de interesse social (HIS) e a urgência em sanar o grande déficit habitacional presente no país atualmente, contribui com a baixa qualidade construtiva das habitações que, historicamente, apresentam problemas de conforto térmico e eficiência energética. Os moradores são os mais afetados com esta prática, visto que, para melhorarem a sensação de conforto em suas habitações, necessitam utilizar a climatização artificial, muitas vezes incompatível com a sua faixa de renda. O trabalho proposto consiste na avaliação do desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social da cidade de Santa Maria/RS. Tem como objetivo avaliar o desempenho higrotérmico de HIS térreas unifamiliares construídas e em uso na cidade de Santa Maria, RS e o conforto térmico de seus usuários. Para o estudo, foram selecionadas habitações com diferentes orientações solares em três conjuntos habitacionais da cidade. O método utilizado para a avaliação de desempenho baseia-se em requisitos e critérios, que são obtidos a partir do cálculo matemático de parâmetros térmicos que consideram o desempenho da edificação de maneira global, tais como o coeficiente volumétrico global de perdas e ganhos de calor, a assimetria da radiação térmica, entre outros. A partir dos resultados desta avaliação, as habitações podem ser classificadas de acordo com o desempenho alcançado. Além disso, a opinião dos usuários foi avaliada através de questionários que foram aplicados no período de verão e inverno de 2012. Levantou-se o grau de satisfação segundo o Voto Médio Estimado (PMV – *Predicted Mean Vote*) proposto por Fanger e normalizado pela *International Organization for Standardization 7730* (ISO, 1994) e *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE, 2004). Juntamente com a aplicação dos questionários, foram medidas as temperaturas internas e externas e as umidades relativas para comparar com a opinião dos entrevistados. Os resultados apontam que as habitações avaliadas apresentam desempenho higrotérmico insatisfatório, pois não apresentam fechamentos compatíveis com o clima local. Entre todas as edificações avaliadas, as habitações do Residencial Zilda Arns apresentam desempenho superior devido a maior resistência térmica da cobertura e a possibilidade de ventilação deste fechamento. Em relação aos resultados das entrevistas, pode-se perceber que o desempenho higrotérmico calculado reflete a opinião dos entrevistados que consideram suas habitações termicamente desconfortáveis para os dois períodos climáticos. Os cômodos apontados como os mais desconfortáveis são aqueles que possuem orientação solar mais desfavorável para verão e inverno. A cobertura foi apontada pelos moradores como o principal elemento responsável pelas trocas térmicas pela edificação. Além disso, percebe-se o mau desempenho térmico das habitações através das altas temperaturas mensuradas no interior das habitações durante o verão e as baixas temperaturas verificadas no inverno.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social. Desempenho Térmico. PMV. Percepção dos usuários.

ABSTRACT

Masters Dissertation
Post-Graduation Program in Civil
Federal University of Santa Maria

HYGROTHERMAL PERFORMANCE ASSESSMENT OF LOW INCOME HOUSING IN SANTA MARIA/RS

AUTHOR: GABRIELA INÊS LINCK

ADVISOR: GIANE DE CAMPOS GRIGOLETTI

Date and place of the defense: Santa Maria, 2nd April 2013.

In Brazil the insufficient investments in public politics on low income housing (LIH) and the urgency in solve the great housing deficit contribute to the low building quality of the housing, which historically presents problems regarding thermal comfort and energy efficiency. The occupants are the most affected with this practice, since, in order to improve their thermal comfort, they must use artificial conditioning, which is incompatible with their incomes. This research aims to evaluate the hygrothermal performance of single-family one-floor low income housing typologies in use located in Santa Maria, southern Brazil and the thermal comfort of occupants. For this study, houses under several solar orientations were selected in three different locations of the city. The method used for the evaluation of the performance is based in requirements and criteria obtained from the mathematic calculation of thermal parameters which consider the building performance in a global basis, such as the global heat flow coefficients, the radiant asymmetry, among others. Based on the results obtained, the houses can be classified according to the achieved performance. Furthermore, the perceived thermal sensation was evaluated through the application of a questionnaire during the winter and summer periods of 2012. The satisfaction degree was assessed according the Predicted Mean Vote (PMV) proposed by Fanger and standardized by the International Organization for Standardization 7730 (ISO, 1994) and the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE, 2004). While questionnaires were applied, indoor and outdoor air temperatures and relative humidity were measured to compare against the opinion of the interviewees. Results show that the evaluated houses present a very unsatisfying hygrothermal performance as they do not show building envelopes compatibles with the local climate. Among all the evaluated houses, those from the Residencial Zilda Arns presented best performance due to the higher thermal resistance of the roof and the possibility of ventilation. Regarding the results of the survey, the calculated hygrothermal performance reflects the opinion of the interviewees, who consider their houses thermally uncomfortable for both winter and summer. The rooms pointed as the most uncomfortable have unfavourable solar orientation a either during the summer or during the winter. Interviewees pointed the cover as the main responsible for the thermal exchanges. Besides, the low constructive quality of the housings is noted through the high and low temperatures measured during the summer and the winter.

Key-words: Low income housing. Thermal Performance. Perceived thermal sensation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro	29
Figura 2 - Zona bioclimática 2	30
Figura 3 - Questionário para avaliação da sensação de conforto térmico dos estudantes da cidade de Ijuí/RS	37
Figura 4 - Planta baixa da habitação avaliada da COHAB Tancredo Neves	62
Figura 5 - Planta baixa das habitações avaliadas do Residencial Zilda Arns.....	62
Figura 6 - Planta baixa das habitações avaliadas do Residencial Cipriano da Rocha...	62
Figura 7 - Unidades habitacionais selecionadas para o estudo no Residencial Cipriano da Rocha	66
Figura 8 - Termo-higrômetro utilizado para medir temperaturas e umidade relativa	69
Figura 9 - Localização dos conjuntos habitacionais selecionados para o estudo na cidade de Santa Maria/RS	71
Figura 10 - Localização da habitação selecionada no conjunto habitacional COHAB Tancredo Neves	72
Figura 11 - Planta baixa, corte e foto da fachada frontal da habitação da COHAB Tancredo Neves	72
Figura 12 - Vista área do conjunto habitacional Residencial Zilda Arns e habitações selecionadas	79
Figura 13 - Planta baixa, corte e foto da fachada frontal da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns	79
Figura 14 - Vista aérea do Residencial Cipriano da Rocha e habitações selecionadas	89

Figura 15 - Planta baixa, corte e foto da fachada frontal da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.....	89
Figura 16 - Dados de temperatura e umidade para o período de verão do ano de 2012 para a cidade de Santa Maria/RS.....	122
Figura 17 - Dados de temperatura e umidade para o período de verão do ano de 2012 em que foram aplicados os questionários.....	123
Figura 18 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 23/01/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais.....	135
Figura 19 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 28/01/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais.....	136
Figura 20 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 30/01/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais.....	136
Figura 21 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 01/02/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais.....	136
Figura 22 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 06/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha.....	137
Figura 23 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 07/02/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais.....	137
Figura 24 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 14/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha.....	137
Figura 25 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 15/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha.....	138
Figura 26 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 17/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha.....	138
Figura 27 - Dados de temperatura e umidade para o período de inverno do ano de 2012 para a cidade de Santa Maria, RS.....	141

Figura 28 - Dados de temperatura e umidade para o período de inverno do ano de 2012 em que foram aplicados os questionários	142
Figura 29 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 09/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	153
Figura 30 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 12/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	154
Figura 31 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 13/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	154
Figura 32 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 14/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	155
Figura 33 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 17/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	155
Figura 34 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 19/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	156
Figura 35 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 26/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	156
Figura 36 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 27/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos e critérios para avaliação de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social em Porto Alegre.....	50
Tabela 2 - Classificações possíveis para habitações térreas unifamiliares de interesse social para as condições climáticas de Porto Alegre/RS	52
Tabela 3 - Normais Climatológicas para a cidade de Santa Maria (1961-1990).....	53
Tabela 4 - Classificação da inércia térmica de uma edificação a partir do coef _{SPE} ...	58
Tabela 5 - Áreas dos cômodos, áreas e características de aberturas da habitação da COHAB Tancredo Neves	73
Tabela 6 - Área dos fechamentos e partições opacos verticais e horizontais da habitação	73
Tabela 7 - Características dos materiais e componentes da habitação	74
Tabela 8 - Resumo das propriedades térmicas dos fechamentos da habitação da COHAB Tancredo Neves	75
Tabela 9 - Áreas dos compartimentos, áreas e características de aberturas da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns	80
Tabela 10 - Área dos fechamentos e partições opacos verticais e horizontais da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns	81
Tabela 11 - Características dos materiais e componentes da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns	82
Tabela 12 - Resumo com as propriedades térmicas dos fechamentos da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns	83
Tabela 13 - Áreas dos compartimentos, áreas e características de aberturas da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.....	90

Tabela 14 - Área dos fechamentos e partições opacos verticais e horizontais da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.....	91
Tabela 15 - Características dos materiais e componentes da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.....	92
Tabela 16 - Resumo das propriedades térmicas dos fechamentos da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.....	93
Tabela 17 - Resultados obtidos quanto ao coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno} , para todas as habitações avaliadas.....	99
Tabela 18 - Resultados obtidos quanto à condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente, $t_{\text{si}} \times t_{\text{orvalho}}$, para as habitações avaliadas	100
Tabela 19 - Resultados obtidos quanto à assimetria da radiação térmica, ΔT_{rp} , para as habitações avaliadas	101
Tabela 20 - Resultados obtidos para o coeficiente global de ganho de calor, $GV_{\text{verão}}$, para todas as habitações avaliadas.....	102
Tabela 21 - Resultados obtidos para o coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para todas as habitações avaliadas	104
Tabela 22 - Resultados obtidos quanto à efusividade térmica média do ambiente, ef_{amb} , para as habitações avaliadas	105
Tabela 23 - Resultados obtidos quanto às taxas da envolvente das habitações, $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$ e $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, para as habitações avaliadas	105
Tabela 24 - Pontuação atingida pelas habitações selecionadas para a análise a partir da aplicação do método de avaliação	107
Tabela 25 - Classificações possíveis para habitações térreas unifamiliares de interesse social para as condições climáticas de Porto Alegre/RS	109
Tabela 26 - Adaptação do método proposto com a inclusão de novos parâmetros térmicos	113

Tabela 27 - Pontuação atingida pelas nove habitações selecionadas para a análise com a adaptação do método de avaliação.....	115
Tabela 28 - Possíveis classificações para HIS térreas e unifamiliares para as condições climáticas de Santa Maria/RS considerando a adaptação do método.....	116
Tabela 29 - Planta baixa de cada unidade habitacional e resultados quanto às informações gerais dos moradores	118
Tabela 30 - Resultados quanto às informações sobre as residências para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR) e COHAB Tancredo Neves, conforme orientação solar, para situação de verão.....	124
Tabela 31 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR) e COHAB Tancredo Neves, conforme orientação solar, para situação de verão.....	128
Tabela 32 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR) e COHAB Tancredo Neves, conforme orientação solar, para situação de verão.....	133
Tabela 33 - Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados do Residencial Cipriano da Rocha e COHAB Tancredo Neves.....	139
Tabela 34 - Resultados quanto às informações sobre as residências para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno	144
Tabela 35 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno	147
Tabela 36 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno	149

Tabela 37 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno	152
Tabela 38 - Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados do Residencial Cipriano da Rocha.....	158
Tabela 39 - Coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor GV_i e $GV_{inverno}$ para a habitação da COHAB Tancredo Neves	174
Tabela 40 - Valores de temperatura superficial interna t_{si} para a habitação da COHAB Tancredo Neves	175
Tabela 41 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação da COHAB Tancredo Neves	176
Tabela 42 - Características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação da COHAB Tancredo Neves e efusividade térmica do ambiente ef_{amb}	177
Tabela 43 - Fluxo máximo de calor $Q_{máx}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{verão}$ para a habitação da COHAB Tancredo Neves.....	178
Tabela 44 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação da COHAB Tancredo Neves na situação de inverno	179
Tabela 45 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação da COHAB Tancredo Neves na situação de verão.....	179
Tabela 46 - Áreas dos fechamentos para a habitação da COHAB Tancredo Neves por orientação solar	180
Tabela 47 - Taxas da envolvente para a habitação da COHAB Tancredo Neves	180
Tabela 48 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação da COHAB Tancredo Neves	181
Tabela 49 - Energia térmica requerida para diminuição da temperatura para a habitação da COHAB Tancredo Neves	182

Tabela 50 - Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pela ventilação natural para a habitação da COHAB Tancredo Neves.....	182
Tabela 51 - Coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor GV_i e $GV_{inverno}$ para a habitação-tipo do Residencial Zilda Arns.....	183
Tabela 52 - Valores de temperatura superficial interna t_{si} para a habitação-tipo do Residencial Zilda Arns	184
Tabela 53 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns.....	185
Tabela 54 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns	187
Tabela 55 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns.....	188
Tabela 56 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns	189
Tabela 57 - Características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns e efusividade térmica do ambiente ef_{amb}	190
Tabela 58 - Fluxo máximo de calor $Q_{máx}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{verão}$ para a habitação 1 do Residencial Zilda Arns	192
Tabela 59 - Fluxo máximo de calor $Q_{máx}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{verão}$ para a habitação 2 do Residencial Zilda Arns	193
Tabela 60 - Fluxo máximo de calor $Q_{máx}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{verão}$ para a habitação 3 do Residencial Zilda Arns	194
Tabela 61 - Fluxo máximo de calor $Q_{máx}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{verão}$ para a habitação 4 do Residencial Zilda Arns.....	195
Tabela 62 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns na situação de inverno	196

Tabela 63 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns na situação de verão	196
Tabela 64 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns na situação de inverno.....	196
Tabela 65 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns na situação de verão	196
Tabela 66 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns na situação de inverno	197
Tabela 67 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns na situação de verão	197
Tabela 68 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 do Residencial Zilda Arns na situação de inverno.....	197
Tabela 69 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 do Residencial Zilda Arns na situação de verão	197
Tabela 70 - Áreas dos fechamentos para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns por orientação solar.....	198
Tabela 71 - Taxas da envolvente para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns	198
Tabela 72 - Áreas dos fechamentos para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns por orientação solar.....	198
Tabela 73 - Taxas da envolvente para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns	199
Tabela 74 - Áreas dos fechamentos para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns por orientação solar.....	199
Tabela 75 - Taxas da envolvente para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns	200

Tabela 76 - Áreas dos fechamentos para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns por orientação solar.....	200
Tabela 77 - Taxas da envolvente para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns	200
Tabela 78 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns	201
Tabela 79 - Energia térmica requerida para diminuição da temperatura para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns	202
Tabela 80 - Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns	202
Tabela 81 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 2 (fachada frontal Sul) do Residencial Zilda Arns	203
Tabela 82 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 3 (fachada frontal Oeste) do Residencial Zilda Arns	204
Tabela 83 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns	205
Tabela 84 - Coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor GV_i e $GV_{inverno}$ para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha	206
Tabela 85 - Valores de temperatura superficial interna t_{si} para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.....	207
Tabela 86 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação 1 (fachada frontal orientada a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha	208
Tabela 87 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação 2 (fachada frontal orientada a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha.....	209
Tabela 88 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, para a habitação 3 (fachada frontal orientada a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha	210

Tabela 89 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 4 (fachada frontal orientada a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha	211
Tabela 90 - Características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha e efusividade térmica do ambiente e_{amb} .	212
Tabela 91 - Fluxo máximo de calor $Q_{\text{máx}}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{\text{verão}}$ para a habitação 1 do Residencial Cipriano da Rocha.....	214
Tabela 92 - Fluxo máximo de calor $Q_{\text{máx}}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{\text{verão}}$ para a habitação 2 do Residencial Cipriano da Rocha.....	215
Tabela 93 - Fluxo máximo de calor $Q_{\text{máx}}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{\text{verão}}$ para a habitação 3 do Residencial Cipriano da Rocha.....	216
Tabela 94 - Fluxo máximo de calor $Q_{\text{máx}}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{\text{verão}}$ para a habitação 4 do Residencial Cipriano da Rocha.....	217
Tabela 95 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno	218
Tabela 96 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão.....	218
Tabela 97 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno	218
Tabela 98 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão	218
Tabela 99 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno	219
Tabela 100 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão.....	219
Tabela 101 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno.....	219

Tabela 102 -Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão	219
Tabela 103 -Áreas dos fechamentos para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar.....	220
Tabela 104 -Taxas da envolvente para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha.....	220
Tabela 105 -Áreas dos fechamentos para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar.....	220
Tabela 106 -Taxas da envolvente para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns	221
Tabela 107 -Áreas dos fechamentos para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar.....	221
Tabela 108 -Taxas da envolvente para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha.....	221
Tabela 109 -Áreas dos fechamentos para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar.....	222
Tabela 110 -Taxas da envolvente para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns	222
Tabela 111 -Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 1 (fachada frontal Norte) do Residencial Cipriano da Rocha	223
Tabela 112 -Energia térmica requerida para diminuição da temperatura para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha.....	223
Tabela 113 -Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha.....	224
Tabela 114 -Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 2 (fachada frontal Sul) do Residencial Cipriano da Rocha	224

Tabela 115 -Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 3 (fachada frontal Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha225

Tabela 116 -Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C para a habitação 3 (fachada frontal a oeste) do Residencial Cipriano da Rocha226

Tabela 117 -Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 4 (fachada frontal leste) do Residencial Cipriano da Rocha226

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios de avaliação de desempenho térmico de edificações.....	33
Quadro 2 - Relação das unidades entrevistadas, número de entrevistados por unidade e se a unidade foi submetida ao método de avaliação de desempenho	67
Quadro 3 - Correspondência entre unidade entrevistada e habitação avaliada para o Residencial Cipriano da Rocha.....	70
Quadro 4 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para a habitação da COHAB Tancredo Neves	78
Quadro 5 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para as habitações do Residencial Zilda Arns	88
Quadro 6 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos encontrados para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha.....	97
Quadro 7 - Plantas baixas das habitações avaliadas	98
Quadro 8 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para a habitação da COHAB Tancredo Neves	183
Quadro 9 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para as habitações do Residencial Zilda Arns	206
Quadro 10 -Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos encontrados para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha.....	227

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Aplicação dos parâmetros térmicos nos projetos selecionados para o estudo.....	174
APÊNDICE 2 – Instrumento de coleta de dados (período verão).....	228
APÊNDICE 3 – Instrumento de coleta de dados (período inverno).....	232

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	25
1.1. <i>Objetivos</i>	26
1.1.1. Objetivo Geral	26
1.1.2. Objetivos Específicos	26
1.2. <i>Estrutura da dissertação</i>	27
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
2.1. <i>Normalização para avaliação de desempenho térmico de edificações</i>	28
2.2. <i>Métodos de avaliação do desempenho térmico de edificações</i>	34
2.2.1. Avaliação de desempenho térmico a partir da percepção dos usuários....	35
2.2.1.1. Instrumento de coleta de dados.....	35
2.2.1.2. Estudos já desenvolvidos	36
2.2.2. Avaliação de desempenho térmico a partir de simulações computacionais .	
.....	41
2.2.3. Avaliação de desempenho a partir de medições <i>in loco</i>	45
2.3. <i>Método de avaliação global de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social</i>	48
2.4. <i>Aspectos gerais do clima de Santa Maria</i>	52
2.5. <i>Parâmetros de avaliação do desempenho térmico de edificações</i>	54
2.5.1. Transmitância térmica de pisos U	55
2.5.2. Coeficiente de amortecimento μ	55
2.5.3. Coeficiente volumétrico global de perdas de calor GV_{inverno}	56
2.5.4. Condensação superficial interna sobre os fechamentos $t_{\text{si}} \times t_{\text{orvalho}}$	56
2.5.5. Assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}	57
2.5.6. Coeficiente volumétrico global de ganhos de calor $GV_{\text{verão}}$	57
2.5.7. Coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia térmica coef_{SPE}	58
2.5.8. Efusividade térmica do ambiente e_{amb}	58
2.5.9. Taxas da envolvente da edificação $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$ e $\text{coef}_{\text{paredeN}}$	59
2.5.10. Análise das condições de ventilação natural.....	59

3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	61
3.1. <i>Avaliação de desempenho higrotérmico.....</i>	<i>61</i>
3.2. <i>Avaliação dos hábitos, sensações e preferências térmicas dos moradores</i>	<i>65</i>
3.3. <i>Comparação entre a opinião dos entrevistados e o desempenho higrotérmico encontrado para as habitações.....</i>	<i>70</i>
4. APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS NOS PROJETOS SELECIONADOS PARA O ESTUDO.....	71
4.1. <i>COHAB Tancredo Neves</i>	<i>71</i>
4.1.1. <i>Resultados obtidos para a habitação da COHAB Tancredo Neves</i>	<i>75</i>
4.2. <i>Residencial Zilda Arns</i>	<i>78</i>
4.2.1. <i>Resultados obtidos para as habitações do Residencial Zilda Arns</i>	<i>82</i>
4.3. <i>Residencial Cipriano da Rocha.....</i>	<i>88</i>
4.3.1. <i>Resultados obtidos para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha ..</i>	<i>92</i>
4.4. <i>Resultados e discussão</i>	<i>97</i>
5. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO HIGROTÉRMICO PARA AS HABITAÇÕES SELECIONADAS E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO	107
5.1. <i>Resultados e discussão</i>	<i>107</i>
5.2. <i>Adaptação do método</i>	<i>111</i>
6. HÁBITOS, SENSACÕES E PREFERÊNCIAS TÉRMICAS DOS ENTREVISTADOS.....	118
6.1. <i>Resultados e discussão</i>	<i>118</i>
6.1.1. <i>Período verão</i>	<i>121</i>
6.1.1.1. <i>Informações sobre as residências.....</i>	<i>123</i>
6.1.1.2. <i>Informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores.....</i>	<i>127</i>
6.1.1.3. <i>Informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista ...</i>	<i>132</i>

6.1.1.4. Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados	135
6.1.2. Período inverno	140
6.1.2.1. Informações sobre a residência	143
6.1.2.2. Informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores	146
6.1.2.3. Informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista ...	151
6.1.2.4. Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados	153
6.2. <i>Comparação entre os resultados obtidos quanto à opinião dos entrevistados e ao desempenho térmico das habitações.....</i>	<i>159</i>
7. CONCLUSÕES.....	162
7.1. <i>Sugestões para futuros trabalhos</i>	<i>165</i>
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, é comum habitações de interesse social (HIS) apresentarem problemas de conforto térmico e eficiência energética, tornando-se objeto de vários estudos (MORELLO et al., 2006; GRIGOLETTI, 2007; MARQUES, 2008; FERREIRA e PEREIRA, 2012; LIMA et al., 2012; COSTA et al., 2012). Os escassos investimentos públicos em políticas habitacionais para HIS contribuem para que aspectos qualitativos não sejam considerados e as técnicas construtivas visarem a redução de custos. A necessidade de diminuir o considerável déficit habitacional do país acarreta a crescente repetição de projetos padronizados, que não consideram aspectos regionais em relação ao clima, métodos construtivos, realidade sócio-cultural e econômica. Dessa forma, verifica-se que uma mesma tipologia habitacional é utilizada como modelo e implantada em qualquer região do país com características climáticas distintas, sem considerar as especificidades regionais.

É importante que estudos sobre o tema sejam realizados a fim de embasar e contribuir com o aprimoramento do padrão de qualidade quanto ao conforto térmico da habitação, visto que os moradores não apresentam condições financeiras para melhorar a sensação de conforto térmico da habitação através de métodos artificiais, como ar condicionado ou aquecedores, soluções que iriam, inclusive, de encontro às diretrizes de eficiência energética de edificações. É essencial que projetos sejam desenvolvidos considerando os aspectos locais, otimizando os recursos naturais, como a ventilação e o aquecimento solar da edificação, que, para a cidade de Santa Maria, são exemplos de estratégias bioclimáticas indicadas pela NBR 15520-3 (ABNT, 2005c) e que proporcionam maior conforto térmico para a edificação. Decisões projetuais e o uso de materiais adequados que considerem o meio em que a edificação será inserida contribuem para um melhor desempenho térmico da habitação, sem aumentar consideravelmente os custos de construção.

Alguns trabalhos referente à avaliação de desempenho térmico já foram desenvolvidos para HIS da cidade de Santa Maria (ROTTA, 2009; GRIGOLETTI et al., 2011; CARVALHO, 2012). Porém, uma análise em relação ao desempenho global da edificação e a opinião dos usuários quanto ao conforto térmico proporcionado pela habitação ainda é incipiente.

Desta forma, para contribuir com esta problematização, o trabalho proposto refere-se à avaliação do desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social

da cidade de Santa Maria/RS. Tem por objetivo avaliar as habitações através de um método de avaliação global de desempenho higrotérmico de edificações, proposto por Grigoletti (2007), que considera a interação entre os componentes de uma edificação e permite classificá-las segundo três graus de qualidade. Para o estudo, foram selecionadas habitações em três conjuntos habitacionais característicos de HIS: COHAB Tancredo Neves, Residencial Cipriano da Rocha e Residencial Zilda Arns. Além disso, foram aplicados questionários aos moradores selecionados que se dispuseram participar da pesquisa de forma voluntária durante dois períodos climáticos (verão e inverno), a fim de avaliar a opinião, hábitos, sensações e preferências térmicas dos moradores destes conjuntos habitacionais. Esta avaliação permite, além de avaliar a satisfação dos usuários, analisar se o desempenho obtido através do método reflete a opinião dos entrevistados.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho higrotérmico de HIS térreas e unifamiliares construídas e em uso na cidade de Santa Maria, RS e o conforto térmico de seus usuários.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Adaptar o método de avaliação de desempenho higrotérmico de HIS para o contexto climático e social do município de Santa Maria, RS.
- Levantar os principais problemas verificados nas HIS que resultam em um mau desempenho térmico.
- Propor melhorias adequadas ao contexto local que proporcionem melhor conforto térmico para os usuários.
- Comparar o desempenho higrotérmico das habitações e a percepção dos usuários quanto ao conforto térmico.

- Verificar se o intervalo da zona de conforto de Givoni aplica-se ao perfil dos usuários das habitações avaliadas.

1.2. Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em oito capítulos. O primeiro capítulo refere-se à introdução em que são apresentados o tema da pesquisa, sua contextualização e importância. O segundo capítulo, revisão bibliográfica, apresenta estudos existentes relacionados com a temática deste trabalho que proporcionam melhor embasamento à pesquisa, como a normalização para avaliação de desempenho térmico, os métodos de avaliação, os aspectos gerais do clima de Santa Maria, RS e os parâmetros utilizados neste trabalho para avaliar o desempenho higrotérmico das habitações. O terceiro capítulo, materiais e métodos, refere-se aos procedimentos metodológicos adotados para atender os objetivos da pesquisa. São apresentados os conjuntos habitacionais e as habitações escolhidas para a análise. Para facilitar a entendimento, dividiu-se o método conforme à avaliação efetuada: desempenho higrotérmico, opinião dos entrevistados e comparação entre estes dois. O quarto capítulo apresenta os resultados e discussão referentes à aplicação dos parâmetros térmicos nos projetos selecionados para o estudo. O quinto capítulo apresenta a avaliação de desempenho térmico para as habitações selecionadas e seus respectivos níveis de classificação, em que o método de avaliação proposto por Grigoletti (2007) é aplicado para as habitações avaliadas. No capítulo seis, apresentam-se os resultados e discussões obtidos através da aplicação dos questionários aos moradores com o objetivo de avaliar os seus hábitos, sensações e preferências térmicas. Neste mesmo capítulo também fez-se a caracterização do período climático de análise. O capítulo sete apresenta a comparação entre os resultados obtidos quanto à opinião dos entrevistados e ao desempenho térmico das habitações, para verificar se o desempenho calculado reflete a opinião dos entrevistados. O último capítulo refere-se às conclusões extraídas das análises efetuadas neste trabalho e faz recomendações para futuros trabalhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para melhor compreender a avaliação de desempenho higrotérmico de habitações é importante discutir alguns fatores que estão envolvidos diretamente com este tema, a partir do conhecimento de trabalhos que já foram desenvolvidos na área a fim de obter um melhor embasamento à pesquisa.

2.1. Normalização para avaliação de desempenho térmico de edificações

No Brasil, a preocupação com a normalização do desempenho térmico pode ser considerada recente em relação a outros países, principalmente aos países europeus e os Estados Unidos da América. O primeiro momento de discussão acerca de uma normalização referente ao desempenho térmico e energético de edificações, no Brasil, segundo Ghisi et al. (2003), ocorreu na cidade de Gramado/RS, em 1990, no I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC). De acordo com os autores, a partir desse primeiro momento, diversos outros eventos foram organizados para dar continuidade à discussão sobre a normalização e, também, constituiu-se um grupo de estudo responsável por redigir os textos referentes ao desempenho energético de edificações. Os projetos de norma elaborados por este grupo de estudo foram de suma importância para o desenvolvimento das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As normas desenvolvidas pela ABNT são consideradas “um importante passo para a normalização do desempenho térmico das habitações de interesse social no Brasil” (GRIGOLETTI e SATTLER, 2010, p. 102).

A NBR 15220 (ABNT, 2005) aborda o desempenho térmico de edificações e está dividida em cinco partes. A primeira parte da norma NBR 15220 (ABNT, 2005a) trata sobre definições, símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações, como, por exemplo, as características térmicas de materiais, elementos e componentes construtivos, as características térmicas de ambientes e, por fim, as grandezas do clima, do ambiente e da fisiologia humana relacionadas ao condicionamento térmico de edificações.

A segunda parte da norma (ABNT, 2005b) apresenta os procedimentos de cálculo da transmitância, capacidade e resistência térmicas, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações.

A terceira parte da norma (ABNT, 2005c), apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas específicas para habitações unifamiliares de interesse social. Essas diretrizes podem embasar as decisões projetuais das habitações de acordo com a sua zona bioclimática de implantação, com o intuito de averiguar o desempenho do componente construtivo especificado, ou seja, se ele atende ou não à norma. Oito zonas bioclimáticas caracterizam o zoneamento bioclimático brasileiro, conforme figura 1.

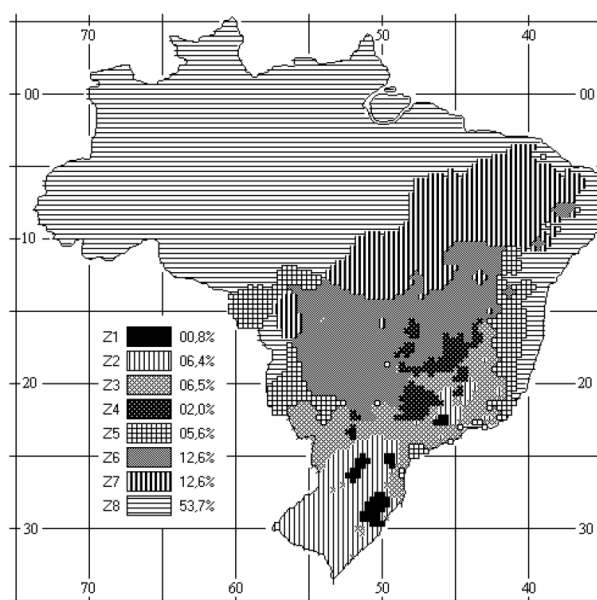


Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro
Fonte: ABNT (2005c, p. 2)

De acordo com a norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005c), para cada uma das zonas estabelecidas para o zoneamento bioclimático brasileiro, formou-se uma série de recomendações técnico-construtivas e estabeleceram-se estratégias de condicionamento térmico passivo, a saber:

- a) tamanho das aberturas para ventilação;
- b) proteção das aberturas;
- c) vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- d) estratégias de condicionamento térmico passivo.

A cidade de Santa Maria está situada na Zona Bioclimática 2, como demonstra a figura 2.

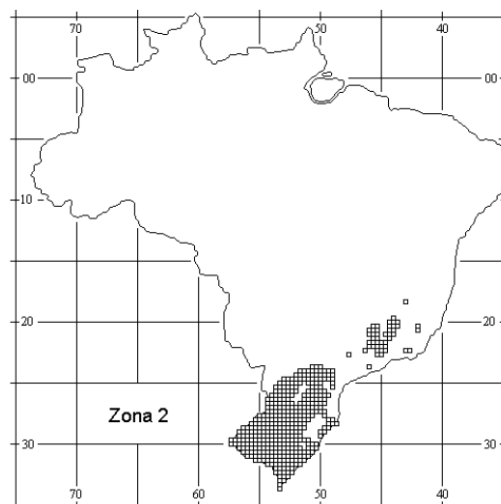


Figura 2 - Zona bioclimática 2
Fonte: ABNT (2005c, p. 4)

Para esta zona, a norma indica aberturas para a ventilação com porcentagem da área de piso entre 15 % e 25 % e a possibilidade da incidência solar durante o período de inverno através do não sombreamento das aberturas nesta estação. Além disso, em relação aos tipos de vedações externas, a norma recomenda o uso de paredes leves (transmitância térmica $U \leq 3,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, atraso térmico $\phi \leq 4,3 \text{ h}$ e fator de calor solar $FS_o \leq 5,0 \%$) e coberturas leves isoladas (transmitância térmica $U \leq 2,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, atraso térmico $\phi \leq 3,3 \text{ h}$ e fator de calor solar $FS_o \leq 6,5 \%$).

De acordo com Grigoletti (2007), algumas recomendações técnico-construtivas apresentadas pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005c) não consideram o comportamento da edificação de uma maneira geral e, por isso, são incipientes. Grigoletti (2007) considera que quesitos como orientação das aberturas e da cobertura, o sombreamento de superfícies externas e o uso de vegetação deveriam ser indicados pela norma a fim de minimizar o ganho de calor pela edificação. A autora acredita que o ideal seria que os limites estabelecidos pela norma para a transmitância térmica de paredes e cobertura estivessem relacionados com a orientação solar do fechamento e não apenas com os seus componentes.

Em relação às estratégias de condicionamento térmico passivo, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005c) indica para a Zona Bioclimática 2 o uso da ventilação cruzada durante o

verão e, durante o inverno, o aquecimento solar passivo da edificação e vedações internas pesadas, ou seja, com grande inércia térmica, com o objetivo de manter o meio interior aquecido. Conforme Grigoletti (2007), a norma também é insatisfatória neste quesito, pois é importante ter um parâmetro específico para a avaliação da inércia térmica, e não expressá-la apenas como forma qualitativa.

A quarta parte da norma NBR 15220 (ABNT, 2005d) diz respeito à medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.

“Embora um passo importante para a melhoria do desempenho térmico de edificações, as normas detem-se em paredes e coberturas, e não na edificação como um todo. Essa análise isolada pode não expressar o comportamento térmico real dela” (GRIGOLETTI e SATTLER, 2010, p. 102).

Outra norma desenvolvida pela ABNT, a NBR 15575, publicada em 2008 e, atualmente, em processo de revisão, trata sobre o desempenho de edifícios de até cinco pavimentos, independentemente das características construtivas adotadas. A primeira parte da NBR 15575-1 (ABNT, 2008a), denominada Requisitos Gerais, apresenta uma série de requisitos, critérios e métodos de avaliação de desempenho para diferentes elementos, componentes ou para a edificação em si. A norma apresenta uma escala de níveis de avaliação do desempenho que varia entre M (mínimo aceitável), I (intermediário) e S (superior).

Para a determinação dos níveis de desempenho térmico relacionados aos diferentes elementos, componentes, sistemas ou edificação, a NBR 15575-1 (ABNT, 2008a) estabelece três procedimentos básicos de avaliação do nível de desempenho térmico apresentado pelo objeto a ser estudado. Conforme a ABNT (2008a, p. 18),

“A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas [...] e considerando-se que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre fachada, cobertura e piso.”

O Procedimento 1 – Simplificado, de caráter normativo, estabelece a verificação do atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas (estabelecidos nas partes 4 e 5 da NBR 15575, respectivamente).

O Procedimento 2 – Simulação, de caráter informativo, trata sobre a verificação do atendimento aos requisitos e critérios por meio de simulação computacional do desempenho térmico de um edifício existente ou em fase de projeto sob a situação de dias típicos de verão e inverno, conforme os dados climáticos da cidade onde estará localizada a edificação.

O Procedimento 3 – Medição, de caráter informativo, baseia-se na verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos por meio de medições *in loco* em edificações ou protótipos construídos em escala real.

A parte 4 da NBR 15575-4 (ABNT, 2008d), referente ao desempenho térmico de fachadas, apresenta como requisitos à adequação de paredes externas, o dimensionamento de aberturas para ventilação e o sombreamento das aberturas dos dormitórios. Quanto ao primeiro requisito, a norma propõe que a transmitância térmica U e a capacidade térmica C_T atendam pelo menos o desempenho térmico mínimo (M) estabelecido para cada zona bioclimática.

Outro requisito apresentado pela norma, denominado aberturas para ventilação, dispõe que haja, nas fachadas das edificações, aberturas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes que sejam de longa permanência, como dormitórios, salas e cozinha, além de haver a possibilidade de fechamento durante o inverno. Para a Zona Bioclimática 2, considerando um nível de desempenho M, a área mínima de abertura para ventilação deve ser maior ou igual a 8 % da área do piso. O último requisito referente ao desempenho térmico de fechamentos diz respeito ao sombreamento das aberturas dos dormitórios com o uso de algum dispositivo, como venezianas, a fim de controlar o acesso de luz e de calor no compartimento.

A parte 5 da norma (ABNT, 2008e) refere-se à verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de coberturas quanto ao isolamento térmico. Neste sentido, a cobertura deve apresentar valores de transmitância térmica, U , e absorvância à radiação solar, α , que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática.

Da mesma forma que a norma anterior, a ABNT (2008) não é um instrumento completo para avaliação do desempenho térmico, visto que:

“[...] não considera alguns parâmetros térmicos relativos à edificação que são importantes para a previsão de seu desempenho térmico, tais como atraso térmico, ϕ , coeficiente de amortecimento, μ , inércia térmica, riscos de condensações, entre outros.” (GRIGOLETTI, 2007, p. 20)

Com o objetivo de comparar as normas da ABNT entre si, fez-se o quadro 1 que apresenta os critérios propostos para avaliação do desempenho térmico de edificações para a Zona Bioclimática 2 onde se enquadra a cidade de Santa Maria/RS.

Recomendações	Paredes		Cobertura		
	ABNT (2005c)	ABNT (2008d)	ABNT (2005c)	ABNT (2008e)	
transmitância térmica máxima U $\left(\frac{W}{m^2K}\right)$	U ≤ 3,0	U ≤ 2,5	U ≤ 2,0	M	U ≤ 2,3
				I	U ≤ 1,5
				S	U ≤ 1,0
capacidade térmica C _T $\left(\frac{KJ}{m^2K}\right)$	não especifica	C _T ≥ 130	não especifica	não especifica	
absortância α	não especifica	não especifica	não especifica	não especifica	
aberturas para ventilação (% da área do piso)	15 ≤ A ≤ 25	A* ≥ 8	–	não especifica	
fator de calor solar FS _o (%)	FS _o ≤ 5,0	não especifica	FS _o ≤ 6,5	não especifica	
atraso térmico φ	φ ≤ 4,3	não especifica	φ ≤ 3,3	não especifica	

* as aberturas para ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o inverno.

Quadro 1 - Critérios de avaliação de desempenho térmico de edificações

Fonte: ABNT (2005c; 2008a; 2008d; 2008e)

Ao comparar os valores indicados pelas duas normas, pode-se perceber que ainda não há uma uniformidade de informações e exigências por parte da própria ABNT. Percebe-se que as normas diferem em relação aos valores propostos para a avaliação dos critérios ou não especificam valores para os mesmos. Em relação à transmitância térmica, U, a ABNT (2005) permite valores maiores que a ABNT (2008) tanto para fachadas quanto para cobertura. Já, a capacidade térmica é apresentada de forma explícita somente pela ABNT (2008) no quesito paredes. Para a ABNT (2005) pode-se prever o comportamento deste requisito relacionando ao atraso térmico que é apresentado somente por esta norma. Quanto à área de abertura de ventilação, percebe-se uma diferença significativa entre as duas normas. Enquanto para a ABNT (2005) estipula um mínimo de 15 % e máximo de 25 % da área do piso, a ABNT (2008) prevê o mínimo de 8 % de área para ventilação.

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais, RTQ-R, (INMETRO, 2010) especifica requisitos técnicos e métodos para classificar as habitações uni e multifamiliares conforme níveis de eficiência energética, para que as habitações possam receber a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

Para as habitações unifamiliares é feita uma avaliação considerando os aspectos apresentados a seguir:

- Envoltória

- conformidade dos parâmetros transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância das paredes e cobertura com os valores indicados pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005c) para cada zona bioclimática;

- ventilação natural;

- iluminação natural;

- Sistema de aquecimento de água

- sistema de aquecimento solar;

- sistema de aquecimento a gás;

- bombas de calor;

- sistema de aquecimento elétrico;

- caldeiras a óleo;

- Bonificações

- ventilação natural;

- iluminação natural;

- uso racional de água;

- condicionamento artificial de ar;

- iluminação artificial;

- ventiladores de teto;

- refrigeradores;

- medição individualizada.

Cada requisito apresenta uma pontuação e a classificação final, que corresponde aos níveis de eficiência A, B, C, D e E, depende do desempenho da edificação.

2.2. Métodos de avaliação do desempenho térmico de edificações

Os métodos de avaliação de desempenho térmico de edificações, no Brasil, podem ser divididos em três principais grupos: opinião dos usuários (através de questionários e entrevistas), medições *in loco* (de temperatura do ar interno, externo e umidade relativa) e

simulações computacionais ou por meio de cálculos. A seguir, serão apresentados alguns trabalhos já realizados sobre cada um destes métodos no Brasil em geral e para Santa Maria, RS.

2.2.1. Avaliação de desempenho térmico a partir da percepção dos usuários

Um dos métodos para avaliar o desempenho térmico de habitações consiste no estudo do grau de satisfação do usuário, da sua opinião diante às técnicas construtivas adotadas e a sensação de conforto térmico que a moradia lhe proporciona. Para entender este processo, faz-se necessário o uso de um instrumento de coleta de dados para avaliar a satisfação ou insatisfação com o ambiente térmico em que vive e, assim, poder propor melhores soluções técnicas para os métodos construtivos com base nas condições climáticas específicas de cada região.

2.2.1.1. Instrumento de coleta de dados

Um dos instrumentos possíveis para a avaliação da opinião dos usuários é a aplicação de questionários aos moradores selecionados para o estudo. Há uma série de itens a serem considerados em todo o processo de elaboração e aplicação de um questionário. Günther (2003) descreve que o primeiro passo para elaborar um questionário é definir o objetivo da pesquisa a ser desenvolvida, que determinará os conceitos a serem investigados e as perguntas a serem apresentadas; e qual o público-alvo da pesquisa, que determina o tamanho da amostra (conforme tempo, recursos financeiros e humanos disponíveis ao pesquisador), sua acessibilidade, o grau de complexidade dos conceitos a serem investigados e a maneira de aplicação do questionário. Na etapa de aplicação, Günther (2003) salienta a importância do estabelecimento da relação de confiança entre pesquisador-entrevistado, da disponibilidade do respondente em participar e revelar algo sobre si, a necessidade por parte do entrevistador de convencê-lo de que vale a pena colaborar com a pesquisa, o quão importante é a sua participação, além de sempre mantê-lo interessado em cada etapa de interação.

Em relação às perguntas, elas devem ser específicas, breves, claras e escritas em vocabulário adequado conforme público-alvo da pesquisa. Outro dado importante colocado por Günther (2003) é a necessidade de testar o instrumento de coleta antes de iniciar oficialmente o trabalho, a fim de averiguar o correto funcionamento do processo e, caso preciso, adequá-lo da melhor maneira possível para atingir os objetivos do pesquisador frente à pesquisa que está desenvolvendo.

2.2.1.2. Estudos já desenvolvidos

A metodologia mais utilizada por pesquisadores para avaliar a sensação de conforto térmico em estudos já realizados é a utilização do modelo do Voto Médio Estimado (*Predicted Mean Vote* – PMV) e a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (*Predicted Percentage of Dissatisfied* – PPD) desenvolvidos por Fanger (1970), normalizado pela *International Organization for Standardization 7730* (ISO, 1994), juntamente com os métodos propostos pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE, 2004) que propõe as condições térmicas aceitáveis para avaliação de conforto.

O PMV foi desenvolvido por Fanger (1970) para expressar o conforto térmico sentido pelo ser humano em um ambiente. Considera a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do vento, a temperatura média radiante, a vestimenta e atividade desenvolvida. Fanger, ao desenvolver o PMV, utilizou um ambiente climatizado com condições constantes para avaliar a sensação térmica relatada pelos indivíduos que participaram do seu estudo. A partir de então, o método PMV está sendo utilizado por outros pesquisadores em outros ambientes, que não artificiais.

Lazzarotto (2007) utilizou a ferramenta do PMV para avaliar as condições de conforto térmico de crianças em salas de aula de duas escolas da cidade de Ijuí/RS, totalizando 116 crianças de 8 a 11 anos. Para a avaliação, foram medidas a taxa metabólica de cada criança, a partir do sexo, idade, altura e nível de atividade desempenhada, as variáveis ambientais e humanas, as sensações e preferências térmicas de cada criança conforme as normas ISO 7730 (1994) e ASHRAE (2004). Um dos objetivos da autora foi comparar os valores de PMV e PPD calculados conforme as normas com a sensação expressa pelas crianças em entrevistas, a

fim de averiguar a relação entre os dois e o quanto o modelo analítico representa a realidade dos dados levantados.

No questionário desenvolvido por Lazzarotto (2007), cada aluno foi convidado a participar da pesquisa relatando a sua sensação térmica no momento da entrevista. Abaixo, na figura 3, estão apresentadas as perguntas realizadas.

Nesse momento, como você está se sentindo?	
Com muito calor	<input type="checkbox"/>
Com calor	<input type="checkbox"/>
Só com um pouquinho de calor	<input type="checkbox"/>
Em bem-estar, nem com calor nem com frio	<input type="checkbox"/>
Só com um pouquinho de frio	<input type="checkbox"/>
Com frio	<input type="checkbox"/>
Com muito frio	<input type="checkbox"/>
Nesse momento, como você gostaria de estar?	
Bem mais quente	<input type="checkbox"/>
Mais quente	<input type="checkbox"/>
Só um pouquinho mais quente	<input type="checkbox"/>
Assim mesmo, nem mais quente nem mais	<input type="checkbox"/>
Só um pouquinho mais frio	<input type="checkbox"/>
Mais frio	<input type="checkbox"/>
Bem mais frio	<input type="checkbox"/>

Figura 3 - Questionário para avaliação da sensação de conforto térmico dos estudantes da cidade de Ijuí/RS

Fonte: LAZZAROTTO (2007, p. 95)

Após uma série de análises, Lazzarotto (2007) concluiu que o índice PMV é eficaz na avaliação da sensação e percepção térmica experimentada pelos alunos no período de calor. Já, no período de frio foi percebido um desvio positivo em relação ao PMV calculado e a sensação térmica delatada pelos alunos. Para este período, os alunos sentiram mais calor do que fora estimado pelo modelo matemático. O índice PPD também teve um comportamento semelhante ao índice PMV.

Krüger e Dumke (2001), Xavier (2000), Gomes (2003), Kuchen et al. (2011) também se apropriaram do PMV para o desenvolvimento de seus estudos, seja de forma analítica, ou apenas através do relato da sensação de conforto por parte dos usuários.

Krüger e Dumke (2001) realizaram um trabalho de avaliação integrada de sistemas construtivos da Vila Tecnológica da cidade de Curitiba/PR, enfatizando o estudo sobre os

diversos materiais de construção nos sistemas construtivos adotados no local, a energia consumida por eles, a avaliação de desempenho térmico destes sistemas na situação de verão e inverno e a sensação subjetiva de conforto térmico dos moradores por meio de questionários para um dia de verão e outro de inverno, comparando-se esses dados com as condições internas da habitação quanto à temperatura e umidade.

O questionário desenvolvido pelos autores foi elaborado conforme o PMV e cada pessoa entrevistada deveria relatar a sua sensação térmica. Analisando os resultados de medições de temperatura externa, interna e umidade em relação à média de PMV relatado pelos entrevistados, Krüger e Dumke (2001) encontraram discrepâncias nos resultados, na maneira que alguns votos relatados não condiziam com o esperado. Para os autores, um dos motivos para este fato é a interpretação de maneira equivocada do questionário com o relato de valores de PMV muito altos, o que pode expressar uma pré-disposição dos entrevistados a temperaturas mais frias, característica predominante na cidade de Curitiba.

Gomes (2003) também realizou um estudo comparativo entre os valores de PMV relatados pelos usuários de um edifício de escritórios da cidade de Maringá/PR e os valores obtidos de forma analítica baseados na ISO 7730 (1994) e em outros dois autores que desenvolveram modelos próprios. Para avaliar a opinião dos usuários, o autor utilizou um questionário mais completo em relação aos outros mencionados anteriormente, que foi aplicado concomitantemente às medições das variáveis ambientais.

O questionário desenvolvido por Gomes (2003) constituía das seguintes perguntas:

- idade e sexo;
- qual seu estado de saúde atual? (caso o entrevistado apresentasse seu estado de saúde alterado deveria indicar o motivo);
- como você descreveria a maneira que está se sentindo nesse momento? (nesta questão, o entrevistado deveria assinalar uma das opções: com muito calor, com calor, com um pouquinho de calor, bem – nem com calor nem com frio, com um pouquinho de frio, com frio, com muito frio);
- como você gostaria de estar se sentindo nesse momento? (nesta questão, o entrevistado deveria assinalar uma das opções: bem mais quente, mais quente, um pouquinho mais quente, assim mesmo – nem mais quente ou frio, um pouquinho mais frio, mais frio, bem mais frio);
- existe uma região determinada de seu corpo que está no presente momento em desconforto em relação à temperatura? (marcar sim ou não. Caso sim, descrever qual parte do corpo);

- você está com sensação de desconforto em relação a sua vestimenta? (marcar sim ou não. Caso sim, descrever qual peça de roupa que causa o desconforto);

- marque quais as peças de roupa que está usando no momento da entrevista (o autor apresenta uma planilha com uma série de roupas e calçados).

Após uma série de análises com o uso de ferramentas computacionais, o autor desvendou qual dos três índices analíticos estudados, que foram comparados com o PMV relatado pelos usuários, alcançou resultados mais próximos.

“Os dados, extraídos da pesquisa de campo, foram cruzados gerando valores analíticos [...], estes valores foram comparados com as sensações relatadas pelos participantes da pesquisa. Desta forma foi possível estipular qual dos índices [...] consegue ser mais preciso para estimar as sensações relatadas.” (GOMES, 2003, p. 97).

Gomes (2003) concluiu que a temperatura coletada no momento da entrevista foi um bom parâmetro para estimar a sensação de conforto sentido pelas pessoas.

Outro trabalho que utilizou questionários para avaliar as condições de conforto térmico da população-alvo foi desenvolvido por Loureiro (2003) ao avaliar o desempenho térmico e o consumo de energia de habitações da cidade de Manaus/AM. Numa primeira etapa, a autora desenvolveu a carta bioclimática para a cidade com as horas de conforto e desconforto térmicos através do estudo das variáveis ambientais. Numa segunda etapa, avaliou o desempenho térmico das edificações em situações reais de uso, as preferências térmicas dos moradores e o levantamento do consumo mensal de energia elétrica.

O questionário desenvolvido pela autora avalia os hábitos e as estratégias utilizadas pelos moradores no dia da entrevista para melhorar a sua sensação de conforto térmico. Foram utilizados pela autora para “adquirir informações sobre as sensações térmicas dos usuários nas residências, identificar suas preferências em relação à utilização ou não de equipamentos para ventilação e resfriamento e às condições de conforto das mesmas.” (LOUREIRO, 2003, p. 35)

Ainda conforme a autora,

“As informações referentes às preferências e sensações de conforto foram comparadas com as análises dos desempenhos térmicos das residências, com o objetivo de identificar as características positivas dos envelopes e verificar as opiniões de satisfação ou não dos usuários.” (LOUREIRO, 2003, p. 36)

O questionário desenvolvido por Loureiro (2003) foi dividido em três partes. A primeira parte, com questões subjetivas, diz respeito aos dados de conforto e as características

construtivas das habitações. Nesta parte, faz-se um questionamento sobre se o entrevistado a considera confortável em relação ao clima de sua cidade, se há alguns elementos (janelas, paredes, vegetação, etc.) que contribuem para o conforto, quais as alternativas que o entrevistado utiliza para se sentir mais confortável, qual o ambiente mais agradável termicamente, etc. A segunda parte do questionário apresenta questões objetivas acerca da sensação e preferência térmica momentânea do entrevistado, tais como está se sentindo no momento da entrevista, como preferiria estar se sentindo no momento, como acha que está o clima externo à residência no momento, que atividade estava realizando, como está se vestindo, etc.

A terceira parte da entrevista, Loureiro (2003) trata, dentre outras coisas, sobre os hábitos dos entrevistados para melhorar a sensação de conforto térmico dentro da habitação e o seu consumo de energia elétrica. Questiona-se sobre o uso de equipamentos, como por exemplo, ventiladores e aparelhos de ar-condicionado, os horários em que são utilizados, a periodicidade, os meses mais utilizados, etc. Também se indaga ao entrevistado a sua percepção da habitação no verão, a comparação do clima interno e externo no verão e no inverno, a existência de algum elemento responsável pela entrada de calor, etc.

Loureiro (2003) também encontrou discrepâncias nas respostas obtidas com os questionários, porém, conclui que a insatisfação dos moradores corrobora o desempenho térmico das habitações.

Gomez et al. (2011) realizaram um estudo comparativo sobre conforto térmico e percepção térmica em dois tipos de habitações (econômica e auto-produzida) com diferentes aspectos sociais, econômicos e culturais da cidade de Mérida, Yucatán, no México, que apresenta clima quente e úmido. Desenvolveu-se um estudo correlacional, com foco na adaptação e foi aplicado um questionário num período quente com base na ISO 10551 (ISO, 1995) – conforme escala de repostas: muito calor, calor, um pouco de calor, nem calor nem frio, etc – e medidas as temperaturas de bulbo seco e de globo negro, umidade relativa e velocidade do vento. Os dados foram avaliados através do método de médias por faixa de sensação térmica proposta por Gomez et al. (2007), que consiste em utilizar a estatística descritiva na determinação de uma faixa de conforto térmico.

Os entrevistados eram homens e mulheres na faixa etária entre 12 e 65 anos com condições biológicas regulares. Durante a entrevista, as pessoas permaneceram em pé ou sentadas em uma cadeira sem espaldar. Os equipamentos que realizavam as medições das variáveis ambientais foram dispostos no centro do cômodo, a fim de minimizar a interferência dos fechamentos da habitação. Levantaram-se o nível de atividade dos entrevistados a partir

da classificação de trabalho de Fanger (1986) – passivo, moderado e intenso –, a taxa metabólica a partir da ISO 8996 (2005) e o nível de isolamento das roupas considerando cinco escalas, desde muito leves a muito pesadas.

Os resultados apresentados por Gomez et al. (2011) no artigo são preliminares e apenas a temperatura de bulbo seco foi aplicada ao método de Gomez et al. (2007) e comprada com a sensação expressa pelos entrevistados. A avaliação da sensação térmica percebida deu-se a partir da análise da temperatura de conforto térmico, preferência térmica e aceitação pessoal do ambiente e tolerância pessoal. Em relação à temperatura de conforto térmico, para a habitação econômica a faixa de conforto dos moradores é de 27,9 °C e 35,1 °C, enquanto que para os moradores da habitação auto-produzida a faixa é de 28,3 °C a 36,1 °C, demonstrando que as pessoas entrevistadas das habitações econômicas estão menos aclimatadas que as das habitações auto-produzidas. Em relação à preferência térmica, os autores verificaram que os moradores das habitações auto-produzidas apresentam maior nível de aceitação térmica pois sentem menos calor que os entrevistados das habitações econômicas. Considerando o aspecto aceitação pessoal, os entrevistados das habitações auto-produzidas consideraram que suas habitações apresentam um ambiente térmico moderadamente agradável, enquanto que as pessoas entrevistadas nas habitações econômicas consideraram que suas habitações são desagradáveis termicamente, demonstrando que estão parcialmente adaptados.

Observando os estudos já realizados, percebe-se a importância de avaliar a opinião dos moradores quanto às suas sensações, preferências, hábitos e costumes, visto que são eles os principais afetados pelo desempenho ineficiente de suas habitações. Ainda, este estudo torna-se mais importante ao se considerar HIS em que a população, geralmente, não apresenta condições financeiras para melhorar seu conforto térmico através de recursos artificiais, como ventiladores.

2.2.2. Avaliação de desempenho térmico a partir de simulações computacionais

Simulações computacionais são ferramentas muito utilizadas por pesquisadores para avaliar o desempenho térmico de edificações durante a fase de projeto ou mesmo de uma edificação já existente, a fim de avaliar o seu comportamento sob diversos aspectos: orientação solar, tipos e composição de fechamentos, orientação das aberturas aos ventos

predominantes e à incidência solar, etc. Essa ferramenta, com o apoio de normas de desempenho existentes, como, por exemplo, a NBR 15220 (ABNT, 2005), NBR 15575 (ABNT, 2008) e O RTQ-R (2010) permite testar qual a melhor configuração de uma edificação e especificação de materiais construtivos conforme as condições locais onde será inserida.

Sacht e Rossignolo (2008) utilizaram a simulação computacional para avaliar o desempenho térmico de um projeto de HIS térrea utilizado pela Companhia do Desenvolvimento Habitacional e Urbano do estado de São Paulo (CDHU). O objetivo do estudo foi avaliar o comportamento térmico dessa habitação sob dois tipos de alvenarias (alvenaria em blocos cerâmicos vazados de 9 cm de espessura + argamassa externa de 2 cm + argamassa interna de 0,8 cm; e alvenaria em blocos de concreto de 9 cm + argamassa externa e interna de 2 cm) a fim de avaliar a influência do tipo de fechamento no desempenho térmico da habitação. A cobertura dessa habitação é composta por telha cerâmica sem qualquer tipo de forro.

Simulou-se um dormitório desse projeto de habitação, por ser um ambiente de maior permanência, com o programa Arqitrop 3.0 para 10 cidades representativas das Zonas Bioclimáticas Brasileiras para dois dias críticos de projeto: um de verão e outro de inverno. No total foram efetuadas, para cada cidade, duas simulações para cada dia crítico. Para a simulação, considerou-se que, para o dia de verão, a janela do dormitório estivesse orientada a Oeste e a outra fachada a Norte, e para o dia de inverno, a janela estivesse orientada a Sul e a outra fachada a Leste.

Os resultados das simulações foram avaliados de acordo com o projeto de norma (ABNT, 2007). Para o dia crítico de inverno, a habitação, com qualquer tipo de envoltória, satisfaz o nível mínimo exigido pela norma para algumas cidades, como Ponta Grossa, São Carlos e Brasília. O projeto de habitação simulado para a cidade de São Paulo apenas satisfaz a norma quando constituído de alvenaria em blocos de concreto. Para as cidades de Caxias do Sul, Florianópolis e Santos, nenhuma envoltória satisfaz o desempenho mínimo recomendado pela norma. As cidades de Tereriza, Presidente Prudente e Belém dispensam verificação na situação de inverno. Para o dia crítico de verão, os resultados foram inferiores, uma vez que nem mesmo o nível mínimo foi atingido por nenhuma das tipologias para nenhuma cidade. Os autores consideram que, esse desempenho inferior é resultado da baixa resistência térmica da cobertura.

Pereira (2009) avaliou a influência das propriedades térmicas dos fechamentos de uma habitação unifamiliar localizada em Florianópolis no desempenho térmico considerando-a

ocupada e ventilada naturalmente. A habitação avaliada é conhecida como “Casa Eficiente”, projeto que resultou de uma parceria entre a Eletrosul, a Eletrobrás e o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A primeira etapa da pesquisa consistiu na caracterização dos materiais e componentes do envelope construtivo da habitação e do monitoramento, em quatro períodos do ano (dois no verão e dois no inverno), através de medições de temperaturas do ar e umidades relativas. Os valores das variáveis externas, como temperatura e umidade relativa, foram obtidos de uma estação meteorológica presente no campus da UFSC. Os dados obtidos com as medições serviram como base para calibrar um modelo computacional já existente utilizando o programa EnergyPlus. Após a calibração, foi possível simular envoltórias com materiais que apresentam diferentes propriedades térmicas. Para cada tipo de envoltória testada, foram obtidas a temperatura e umidade do ar interno e, utilizando o programa Analysis Bio, foi possível verificar a porcentagem de horas de desconforto em um ano, o que possibilitou encontrar uma ligação entre horas de desconforto e propriedades térmicas dos materiais utilizados como envoltória em cada teste. A partir dessa análise, Pereira (2009) concluiu que o envelope construtivo de uma edificação ocupada e ventilada naturalmente é determinante em seu desempenho térmico. A propriedade capacidade térmica é a que mais influencia nas horas de desconforto e a transmitância térmica é a que menos influencia.

Lima et al. (2012) avaliaram o desempenho térmico de uma HIS localizada na cidade de Paranaimirim/RN, que apresenta clima quente e úmido, com base do método de simulação computacional do RTQ-R. O programa utilizado para a simulação foi o DesignBulder. A habitação avaliada apresenta área de 36,76 m², cobertura em telha cerâmica sem forro (transmitância térmica (U) de 4,55 W/(m².K) e absorptância solar (α) de 0,70), piso cimentado, paredes em tijolos vazados com espessura de 9 cm e argamassa de emboço (transmitância térmica (U) de 2,49 W/(m².K) e absorptância solar (α) de 0,40), esquadrias em madeira (transmitância térmica (U) de 2,97 W/(m².K) e absorptância solar (α) de 0,40). Para a simulação, conforme método definido pelo RTQ-R, houve a necessidade de modelar todos os compartimentos da habitação, a taxa metabólica dos usuários, as rotinas de ocupação, a iluminação, os equipamentos e demais sistemas definidos.

Os resultados da simulação apontam que a cobertura é o principal elemento responsável pela entrada de calor pela habitação, correspondendo a 78% do total. A habitação apresenta classificação energética “E”, a mais inferior, uma vez que a temperatura operativa da habitação esteve acima do limite máximo de 26 °C estabelecido pelo RTQ-R em aproximadamente vinte mil horas do ano – graus-hora de resfriamento (GHR) igual a 19.659.

A partir dessa habitação base e dos resultados de desempenho alcançados, os autores decidiram avaliar se algumas alternativas projetuais poderiam contribuir para um melhor desempenho da habitação. As alternativas testadas são:

Alternativa 1	Esquadrias em vidro incolor 3,0 mm simples
Alternativa 2	Parede com absorvância (α) = 0.70
Alternativa 3	Cobertura com absorvância (α) = 0.20
Alternativa 4	Cobertura com transmitância térmica (U) = 0,66 W/m ² .K
Alternativa 5	Cobertura com α = 0.20 e U= 0,66 W/m ² .K
Alternativa 6	Parede com U=0,71 W/m ² .K // Cobertura com α = 0.20 e U= 0,66 W/m ² .K

Os resultados encontrados para a alternativa 1 demonstram que o desempenho piorou para esta configuração, uma vez que houve um pequeno aumento dos graus-hora de resfriamento (GHr = 19.779). A alternativa 2 também piorou o desempenho da habitação, pois contribuiu para um aumento dos ganhos de calor pela habitação (GHr = 21.751). A alternativa 3 contribuiu para melhorar o desempenho da habitação com o seu nível de classificação subindo para “B” (GHr = 8.506). A alternativa 4 também contribuiu para melhorar o desempenho da habitação, sendo que através dessa modificação a habitação obteve nível de desempenho “C” (GHr = 10.538). A implantação da alternativa 5 contribuiria para que a habitação tivesse uma redução em 60% nos graus-hora de resfriamento (GHr = 7.898), obtendo nível de desempenho “B”. A alternativa 6 obteve melhor desempenho em relação à alternativa 5, porém permanecendo no nível de classificação “B” (GHr = 6.082).

Concluindo, Lima et al. (2012) salientam o baixo desempenho térmico atingido pela habitação em sua configuração original, não cumprindo com a sua função, já que os moradores necessitam utilizar de meios artificiais para terem conforto térmico em suas habitações. Nem mesmo após o acréscimo de algumas variáveis de projeto a habitação obteve nível de desempenho “A”, demonstrando que ela não está adequada para o contexto local em que está inserida.

Costa et al. (2012) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de analisar o desempenho térmico de unidades habitacionais de um edifício característico de interesse social situadas na Zona Bioclimática 8 segundo as Normas NBR 15220-3 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2008). As cidades escolhidas foram: Belém, Fortaleza, Maceió, Salvador

e Rio de Janeiro. A ferramenta utilizada para a avaliação é o programa computacional Energy Plus.

Para a simulação computacional, os autores definiram quatro modelos. O modelo de referência apresenta área interna de 38 m², com 2 quartos, salas e cozinha integradas e banheiro, pé-direito de 2,55 m, aberturas de 1,20 × 1,40 m, exceto área de serviço (1,20 × 1,20 m) e banheiro (0,60 × 0,80 m). A partir do modelo de referência foram criados mais três modelos. O modelo modificado 01, que é o modelo de referência apenas com as áreas de ventilação modificadas de acordo com a NBR 15575 (2008) – 15 % da área do piso. O modelo modificado 02 que é o modelo de referência com as áreas de ventilação modificadas de 40 % da área do piso conforme a NBR 15220-3 (2005). O modelo modificado 02 com proteção solar, que é o modelo modificado 02 com a proteção solar adequada a cada cidade estudada. Os protetores solares foram definidos, para cada cidade, através de um estudo de insolação sob o modelo de referência em quatro orientação (Norte, Sul, Leste e Oeste) para dois horários (9 h e 15 h) através do programa SketchUp Pro 7. Um dos dormitórios (exposto às fachadas Norte e Sul) de uma unidade habitacional localizada em um andar intermediário do edifício foi selecionado, para todos os modelos, para ser simulado em todas as cidades. Os resultados das simulações foram comparados com a temperatura de neutralidade (26,0 °C) e os seguintes limites de conforto: 29,5 °C (limite superior) e 24,5 °C (limite inferior), para todas as cidades analisadas.

Os resultados gerais das simulações apontam a importância do aumento das áreas de ventilação e o sombreamento das aberturas para minimizar as temperaturas internas do ar. Os autores concluem que, apesar de as unidades estarem localizadas numa mesma zona bioclimática, são necessárias diferentes estratégias para melhor o seu conforto térmico.

2.2.3. Avaliação de desempenho a partir de medições *in loco*

Outra maneira de avaliar o desempenho térmico de uma edificação é por meio de medições *in loco*, através do monitoramento do seu comportamento térmico e de variáveis climáticas ambientais internas e externas, como temperatura e umidade, em um período de tempo determinado pelo pesquisador e em diversas estações do ano de acordo com o foco da pesquisa. Diversos estudos já foram desenvolvidos na área, tais como Rotta (2009), Marques (2008), Pereira (2009), Papst (1999), Dencker e Lamberts (2008), Porto e Barbosa (2008),

Silva e Gonçalves (2008), Pereira (2009), Guareschi (2008), Morello (2005), Barbosa (1997), Grigoletti; et al. (2011), Carvalho (2012), dentre outros.

Porto e Barbosa (2008), em seu estudo, realizaram medições de temperatura *in loco* durante todo ano de 2001 em três habitações da cidade de Londrina/PR com características construtivas diferentes, a fim de avaliar os seus desempenhos térmicos. A coleta de dados deu-se pelo equipamento denominado *HOBO*®, sendo um instalado no interior de cada habitação e outro num abrigo externo localizado no campus da Universidade Estadual de Londrina. Foram registradas temperaturas de bulbo seco a cada 1 hora durante todo ano no interior das habitações. A avaliação de desempenho das habitações selecionadas foi proposta por quatro métodos. O primeiro e o segundo correspondem ao cálculo dos parâmetros indicados pela NBR 15220 e pelo Projeto de Norma PNBR 136, respectivamente, que avaliam os componentes construtivos de cada habitação. O terceiro método é a comparação das temperaturas interna e externa registradas pelo equipamento na situação dos dias típicos de verão e inverno. O último método é a aplicação do estudo desenvolvido por Givoni que quantifica as horas de conforto e desconforto por frio e calor a partir das temperaturas medidas. Por fim, já com os resultados de cada método de avaliação, os autores concluíram que “[...] existem certas incoerências entre as metodologias de cálculo e medição. São necessários outros estudos para elaboração de uma revisão dos parâmetros adotados para os métodos simplificados, para que estes fiquem mais próximos dos valores obtidos com as medições” (PORTO e BARBOSA, 2008, p. 10).

Rotta (2009) também realizou medições *in loco* para avaliar o desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em cinco conjuntos habitacionais com aspectos diferenciados entre si da cidade de Santa Maria/RS. No estudo, utilizou-se o aparelho *HOBO*® para medir as temperaturas internas e externas e a umidade concomitantemente em cada edificação. O aparelho foi programado para coletar dados de 5 em 5 minutos no período de medição determinado pela autora em duas situações: verão e inverno. Em cada edifício selecionado, foram instalados quatro aparelhos para medir a temperatura interna - dois aparelhos no último pavimento da edificação e em orientação solar distinta e dois aparelhos no primeiro pavimento nos mesmos pontos - e um aparelho no exterior da edificação. “A seleção dos pontos de medição no interior da edificação foram determinados a fim de analisar a influência da orientação solar e da proximidade com a cobertura nos resultados coletados.” (ROTTA, 2009, p. 54).

A partir do estudo dos valores de temperatura e umidade registrados pelo medidor, a autora conclui que “[...] o efeito exercido pela cobertura nos últimos pavimentos teve maior

influência que a orientação solar nos resultados obtidos de variação da temperatura interna, amplitude e amortecimento térmico, tanto no período de inverno quanto no período de verão.” Ainda, “[...] a ventilação cruzada pode não surtir efeito desejado na melhoria das condições de conforto térmico quando não se pode controlá-la ou quando as condições de vedação das esquadrias não são adequadas [...]” (ROTTA, 2009, p. 121).

O método de avaliação de desempenho térmico de edificações por meio de medições de temperatura e umidade *in loco* também foi aplicado por Grigoletti et al. (2011) para habitações de interesse social unifamiliar e térreas da cidade de Santa Maria/RS. Para o estudo, selecionaram-se quatro tipologias habitacionais com diferentes sistemas construtivos e orientação solar. As habitações selecionadas para o estudo foram classificadas pela autora da seguinte forma:

- habitação A: um dormitório, parede de tijolos de 6 furos na cor branca (30 cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados, cobertura de telha de fibrocimento 6 mm e laje de concreto 8 cm;

- habitação B: um dormitório, parede de tijolos de 6 furos na cor branca (30 cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados, cobertura de telha cerâmica e laje de concreto 8 cm;

- habitação C: dois dormitórios, parede de blocos de concreto na cor branca (10 cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados, cobertura de telha de fibrocimento 6 mm e forro de madeira leve;

- habitação D: dois dormitórios, Parede de blocos de concreto na cor salmão (10 cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados, cobertura de telha de fibrocimento 6 mm e forro de madeira leve.

Nestas habitações, instalou-se o medidor de temperatura e umidade *HOBO®* e os dados de temperatura e umidade foram coletados a cada hora entre os dias 08 de junho a 26 de setembro de 2010, período característico de temperaturas baixas. Os resultados das medições apontam que as habitações avaliadas apresentam baixo desempenho térmico. Comparando-as, percebeu-se que o desempenho das tipologias A e B foi superior em relação ao desempenho das tipologias C e D e a orientação solar dos cômodos onde estavam os aparelhos influencia na temperatura, exceto na habitação D. Diante disso, Grigoletti et al. (2011) concluem, dentre outras coisas, que a orientação solar das habitações é importante para o aquecimento das mesmas na situação de inverno e que a cobertura constitui-se um fator determinante no desempenho térmico das tipologias avaliadas. Defendem que a tipologia B apresenta

características em relação ao método construtivo mais eficiente para o clima da cidade de Santa Maria e região, desde que se aproprie do aquecimento solar passivo.

Carvalho (2012) avaliou o desempenho térmico de HIS do loteamento Zilda Arns, situado na cidade de Santa Maria/RS, executadas com paredes em concreto com incorporação de ar, a partir da medição *in loco* de temperaturas e umidade relativa. As medições foram realizadas em dois períodos climáticos (verão e inverno) e para cada período as habitações foram monitoradas simultaneamente. Para a avaliação, foi selecionada a mesma tipologia habitacional porém em quatro orientações solares diferentes. Para distingui-las, Carvalho (2012) optou por chamá-las de unidades. Foram monitoradas duas habitações de cada unidade. Assim, pode-se realizar medições, em cada unidade, com duas maneiras diferentes: uma habitação por unidade foi medida com as portas e janelas fechadas sem lacrar frestas remanescentes e a outra habitação por unidade foi medida com aberturas fechadas e suas frestas vedadas, evitando a infiltração de ar. Os equipamentos medidores foram instalados, em cada habitação, na sala e no dormitório da frente. Um cabo foi estendido até o meio exterior para medir as temperaturas externas. Diante dos resultados encontrados, Carvalho (2012) conclui que o sistema construtivo utilizado nas habitações avaliadas é adequado apenas para o período de verão, visto que as temperaturas mensuradas no interior das habitações encontraram-se inferiores às externas. A orientação solar influencia no desempenho térmico das habitações nos dois períodos climáticos avaliados. Ao contrário, a infiltração de ar pouco influenciou no desempenho térmico das unidades. Em relação ao conforto térmico, Carvalho (2012) concluiu que as habitações apresentaram desconforto por frio em todo o período analisado de inverno e conforto na maior parte do período de verão.

2.3. Método de avaliação global de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social

Outra ferramenta utilizada por alguns pesquisadores para avaliar o desempenho higrotérmico de edificações consiste na aplicação de parâmetros térmicos através de procedimentos de cálculos matemáticos. Dentre alguns estudos já desenvolvidos sobre o assunto destaca-se Grigoletti (2007), que desenvolveu um método de avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social para cidade de Porto Alegre/RS, que foi aplicado neste trabalho. Em sua pesquisa “é proposto um

conjunto de procedimentos, baseados em modelos físicos simplificados, para avaliação de desempenho higrotérmico que considere o comportamento da edificação como um todo” (GRIGOLETTI, 2007, p. 1). Baseada em estudos existentes, Grigoletti (2007) selecionou um conjunto de parâmetros térmicos de avaliação de desempenho higrotérmico global e aplicou em quatro projetos de HIS unifamiliar e térrea da cidade de Porto Alegre, denominados Aglotec, Alvorada, projeto-referência 1 e projeto-referência 2.

Grigoletti (2007) dividiu em dois grupos os parâmetros considerados para a avaliação. O primeiro grupo apresenta as propriedades térmicas dos componentes da edificação considerados de forma isolada: resistência térmica total, R_T , transmitância térmica, U , atraso térmico, ϕ , coeficiente de amortecimento, μ , absorvância, α , e fator de calor solar, FS_o , que seguem os procedimentos de cálculo descritos pela ABNT (2005b). O segundo grupo considera o comportamento da edificação como um todo: coeficientes volumétricos globais de perdas e ganhos de calor para período de inverno e verão, GV_{inverno} e $GV_{\text{verão}}$, condensação superficial interna sobre os fechamentos, $t_{si} \times t_{\text{orvalho}}$, efeito de superfícies frias ou quentes sobre a homogeneidade do conforto expresso através da assimetria da radiação térmica, ΔT_{tp} , coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , efusividade térmica do ambiente, ef_{amb} , coeficiente da cobertura sul/sudeste, $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$ e coeficiente de parede norte/nordeste, $\text{coef}_{\text{paradeN}}$.

Após a aplicação dos parâmetros nas habitações, análise das medições *in loco* e levantamento junto a agentes e especialistas em HIS, Grigoletti (2007) definiu o conjunto de parâmetros térmicos que deveriam permanecer na proposta final do método. Alguns dos parâmetros calculados foram excluídos pela autora por não serem sensíveis às habitações avaliadas, por não serem relevantes para os especialistas ou porque podem ser expressos através de outro parâmetro térmico. Os valores de pontuação dos requisitos foram definidos conforme a importância dada pelos especialistas. Os valores dos critérios foram definidos pelos próprios resultados de desempenho das habitações avaliadas. Para algumas habitações foram efetuados ajustes a fim de adequá-las aos critérios propostos. A proposta final do método desenvolvido por Grigoletti (2007) está apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos e critérios para avaliação de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social em Porto Alegre

requisito/parâmetro ou diretriz	critério	ponderação	
edificação			
1	redução de perdas térmicas no inverno / coeficiente volumétrico global de perda de calor	$3,1 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{inverno}} \leq 4,0 \frac{W}{m^3K}$	3
		$2,0 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{inverno}} \leq 3,0 \frac{W}{m^3K}$	4
		$GV_{\text{inverno}} < 2,0 \frac{W}{m^3K}$	5
2	redução de ganhos térmicos / coeficiente volumétrico global de ganho de calor	$16,5 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{verão}} \leq 18,0 \frac{W}{m^3K}$	3
		$14,5 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{verão}} \leq 16,4 \frac{W}{m^3K}$	4
		$GV_{\text{verão}} < 14,5 \frac{W}{m^3K}$	5
3	inércia térmica da edificação para aquecimento e resfriamento / coeficiente de superfície pesada equivalente	$\text{coef}_{\text{SPE}} \geq 1,5$	5
4	captação de radiação para aquecimento	fechamentos transparentes voltados para Nordeste a Noroeste	5
		N1	16
	total parcial	N2	18
		N3	20
cobertura			
5	redução de perdas térmicas no inverno / transmitância térmica situação de inverno	$U_{\text{cobertura}} \leq 2,80 \frac{W}{m^2K}$	2
6	inércia térmica / atraso térmico inverno	$\varphi \geq 1,1 \text{ h}$	5
7	inércia térmica da edificação / atraso térmico verão	$\varphi \geq 1,3 \text{ h}$	2
8	redução de ganhos térmicos no verão / fator de calor solar verão	$FS_o \leq 4,0 \%$	2
	total parcial		11

Tabela 1 – continuação

	requisito/parâmetro ou diretriz	critério	ponderação
paredes			
9	inércia térmica da edificação / atraso térmico	$\varphi \geq 4,0 \text{ h}$	5
10	controle de perdas e ganhos de calor / fator de calor solar	$FS_o \leq 3,4 \%$	1
11	redução de ganhos térmicos no verão / sombreamento parede oeste a noroeste	possibilidade de sombreamento apenas no verão	3
	total parcial		9
fechamentos transparentes			
12	área para ventilação por cômodo	$15 \% \leq A_{\text{ventilação}} \leq 25 \%$	4
13	ventilação cruzada	aberturas em planos opostos da edificação	4
14	orientação das aberturas para captação de ventos de verão	aberturas voltadas a Sudeste ou Leste	4
15	dispositivos de segurança para ventilação noturna	presença de dispositivos opacos externos de segurança que permitam no mínimo 50 % de ventilação	4
16	proteção contra radiação solar	presença de dispositivos externos móveis de sombreamento	4
	total parcial		20
		N1	56
	total	N2	58
		N3	60

Fonte: GRIGOLETTI (2007, p. 225-226)

“Na formatação final do método, os parâmetros térmicos propostos no método estão ligados a requisitos, ou seja, a um conjunto de condições qualitativas que devem ser satisfeitas pela habitação a fim de garantir o conforto térmico dos seus usuários” (GRIGOLETTI, 2007, p. 221). Estes requisitos são avaliados com pontos que variam de 1 a 5 e os projetos atingem esses valores conforme satisfaçam os critérios propostos.

Por fim, os quatro projetos avaliados foram submetidos à avaliação com o método proposto a fim de gerar as classificações possíveis de serem atingidas por outros projetos que são determinadas pela soma da pontuação dos critérios adotados. As possíveis classificações estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Classificações possíveis para habitações térreas unifamiliares de interesse social para as condições climáticas de Porto Alegre/RS

classificação	avaliação	pontuação
A	resultado ótimo	51 a 60
B	resultado médio	46 a 50
C	mínimo aceitável	40 a 45

Fonte: GRIGOLETTI (2007, p. 228)

Concluindo, a autora salienta a importância da melhoria nos padrões de qualidade das HIS implementadas atualmente no Brasil e a responsabilidade dos profissionais projetistas e do mercado da construção civil em buscar soluções mais adequadas e que propiciem mais conforto aos usuários das edificações.

“Os profissionais de diferentes setores, públicos e privados, devem ter consciência de sua função social e devem assumir suas responsabilidades no conhecimento e aplicação de diretrizes e recomendações que garantam que as habitações [...] atinjam um desempenho mínimo desejável, principalmente para a situação do Brasil contemporâneo, com poucos recursos para os inumeráveis problemas sociais que possui.” (GRIGOLETTI, 2007, p. 230).

2.4. Aspectos gerais do clima de Santa Maria

Conhecer e se apropriar das características climáticas de um determinado lugar é de suma importância para qualquer projetista. Com o domínio dessas características é possível desenvolver sistemas alternativos que garantam um bom desempenho térmico em uma edificação, a fim de minimizar os impactos ambientais e as mudanças climáticas tão discutidas atualmente. “Uma boa arquitetura deverá assistir [...] a análise climática de forma a responder simultaneamente à eficiência energética e às necessidades de conforto.” (LAMBERTS et al., 1997, p. 28)

O clima intervém em vários aspectos de uma edificação, dentre eles “[...] a execução, a segurança, o conforto e o desempenho das edificações. Portanto, o estudo da climatologia aplicada à construção é imprescindível em todas as fases do projeto arquitetônico [...]” (GOULART, 1993, p. 8). Da mesma forma, o clima “[...] é responsável não só pela definição

dos parâmetros térmicos da edificação, como por fatores culturais relativos à adaptação do ser humano às condições climáticas [...]” (GRIGOLETTI, 2007, p. 36).

Lamberts et al. (1997) situam o Rio Grande do Sul na zona subtropical, caracterizada por temperaturas médias abaixo dos 20 °C e amplitude anual variando entre 9 °C e 13 °C, com chuvas fartas e bem distribuídas. Como já visto anteriormente, a cidade está enquadrada pela NBR 15220 (2005) na Zona Bioclimática 2.

Conforme os dados mais recentes de Normais Climatológicas (1961-1990) desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a cidade de Santa Maria, o clima da cidade é caracterizado por apresentar o mês de janeiro como o mais quente, com temperaturas médias de 24,2 °C e o mês de junho como o mais frio, com temperaturas médias de 13,9 °C. A taxa de precipitação pluviométrica acumulada mensal é menor no mês de novembro (120,5 mm) e maior no mês de janeiro (163,0 mm). Em relação à umidade relativa do ar média compensada, o mês de maio é o que apresenta maior taxa (82 %) e o mês de dezembro é o que possui a menor (69 %).

Os ventos predominantes na cidade de Santa Maria são aqueles vindos da direção Sudeste e Leste. Na cidade, também há a ocorrência do vento norte que caracteriza-se por apresentar temperatura elevada, forte intensidade (chegando a 100 km/h) e anteceder a chuva. A seguir, é apresentada a tabela 3 correspondendo às Normais Climatológicas para a cidade de Santa Maria desenvolvida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com as características climáticas no período entre 1961-1990.

Tabela 3 - Normais Climatológicas para a cidade de Santa Maria (1961-1990)

Evaporação Total - Evaporímetro de Piché (mm)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
86,3	76,6	68,8	55,1	48,1	49,3	60,3	62,7	62,7	82,3	98,9	111,9	863
Insolação Total (horas)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
225,2	196,7	184,9	168,7	151,3	125,0	133,1	141,4	160,7	206,8	223,3	244,7	2161,8
Temperatura Mínima (°C)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
19,1	19,5	17,9	14,5	11,8	9,3	9,5	10,4	11,3	13,5	15,9	18,3	14,3
Temperatura Máxima (°C)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
30,4	30,0	28,2	25,0	22,1	19,2	19,6	20,3	22,5	24,8	27,3	29,5	24,9
Temperatura Média Compensada (°C)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
24,2	23,9	21,9	18,4	15,9	13,9	14,1	14,2	16,5	18,6	21,0	23,3	18,8

Tabela 3 – continuação

Nebulosidade (décimos)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
163,0	127,2	136,2	121,4	127,5	139,3	144,9	142,1	124,3	128,2	120,5	142,2	1616,8
Pressão Atmosférica ao Nível do Barômetro (hPa)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
997,3	998,4	1000,2	1002,3	1003,4	1004,2	1005,1	1004,0	1003,4	1000,9	997,7	996,3	1001,1
Número de Dias com Precipitação Maior ou Igual a 1 mm (dias)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
9	8	8	6	8	8	9	9	8	8	7	8	96
Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
71,0	76,0	79,0	80,0	82,0	81,0	80,0	78,0	78,0	73,0	71,0	69,0	76,5
Intensidade do Vento (m.s-1)												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
2,93	2,89	2,51	2,18	2,17	2,64	2,91	2,91	3,12	3,30	3,18	3,08	2,82

Fonte: INMET (2012a)

Atualmente, existe um grupo de pesquisadores revendo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro a partir de dados climáticos mais abrangentes (RORIZ, 2013a, 2013b). O objetivo é propor um zoneamento mais preciso na caracterização do clima das cidades brasileiras e nos limites geográficos de cada zona proposta. Este documento ainda está em processo de discussão e avaliação. Se aprovado, substituirá o zoneamento bioclimático em vigor.

2.5. Parâmetros de avaliação do desempenho térmico de edificações

Os parâmetros utilizados neste estudo, seus cálculos e definições, baseiam-se no trabalho desenvolvido por Grigoletti (2007) de avaliação do desempenho higrotérmico de habitações de interesse social térreas da cidade de Porto Alegre/RS.

Em seu estudo, Grigoletti (2007) utilizou, além dos parâmetros térmicos (resistência térmica total, R_T , transmitância térmica, U , atraso térmico, ϕ , absorvância, α , e fator de calor solar FS_0) indicados pela ABNT (2005b), outros parâmetros selecionados na literatura especializada, tais como: transmitância térmica de pisos, U , coeficiente de amortecimento, μ ,

coeficientes volumétricos de perdas e ganhos de calor, GV_{inverno} e $GV_{\text{verão}}$, condensação superficial interna sobre os fechamentos, $t_{si} \times t_{\text{orvalho}}$, assimetria da radiação térmica, ΔT_{tp} , categoria de inércia térmica, coef_{SPE} , efusividade térmica do ambiente, ef_{amb} , taxas da envolvente da edificação, $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$ e $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, além da análise das condições de ventilação natural.

A seguir, os parâmetros térmicos utilizados para o desenvolvimento do estudo serão apresentados brevemente, já que estão descritos detalhadamente em Grigoletti (2007), exceto aqueles indicados pela ABNT (2005b), em que os procedimentos de cálculos e definições são descritos pela própria norma.

2.5.1. Transmitância térmica de pisos U

Grigoletti (2007) utilizou um estudo desenvolvido por Markus e Morris (1980) para calcular a transmitância térmica de pisos. Conforme os autores, o cálculo deste parâmetro térmico é diferenciado dos demais elementos da edificação, uma vez que os pisos são apoiados no solo ou suspensos. A transmitância térmica de um piso apoiado diretamente no solo é encontrada a partir da sua área, geometria e do número de lados expostos do piso.

2.5.2. Coeficiente de amortecimento μ

O coeficiente de amortecimento, μ , é a relação entre a amplitude máxima atingida pela temperatura superficial interna de um fechamento externo e a amplitude máxima da temperatura do ar externo (GIVONI, 1981, p. 137; RIVERO, 1985, p. 45).

2.5.3. Coeficiente volumétrico global de perdas de calor GV_{inverno}

Givoni (1981) define o coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno} como a razão entre a taxa de fluxo total de calor, Q_T , que percorre todos os fechamentos da edificação e o volume total delimitado pela sua envolvente, pela diferença de temperatura entre o ar interno e externo. Deve-se considerar para o cálculo do GV_{inverno} , todos os elementos que contribuem para a perda de calor pela edificação, como a infiltração de ar, paredes, cobertura, piso, esquadrias, etc.

2.5.4. Condensação superficial interna sobre os fechamentos $t_{si} \times t_{\text{orvalho}}$

A probabilidade de ocorrer condensação sobre os fechamentos de uma superfície interna é encontrada a partir da relação entre a temperatura superficial interna do fechamento, t_{si} , dada por Markus e Morris (1980), e a temperatura de ponto de orvalho, t_{orvalho} . Ocorre condensação superficial em um fechamento quando $t_{si} \leq t_{\text{orvalho}}$. Para fins de análise, Grigoletti (2007) adotou o dia típico de projeto, obtido de Goulart (1997), com nível 10 % para o inverno, com temperatura do ar externo, t_e , igual a 7,5 °C e temperatura de orvalho, t_{orvalho} , igual a 13,5 °C. Ainda, para a temperatura do ar interno, t_i , a autora considerou o valor limite inferior da zona de conforto térmico proposta por GIVONI (1992), igual a 18,0 °C.

Conforme Croiset (1976), as únicas superfícies em que a ocorrência de condensação é aceita são as paredes da cozinha e banheiro devido a maior quantidade de vapor e a presença de revestimentos pouco permeáveis. Nas demais, a condensação não pode ocorrer.

2.5.5. Assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}

O termo assimetria da radiação térmica é característico de um fechamento que, por não possuir temperaturas superficiais internas, t_{si} , uniformes e sim variáveis em diferentes porções do mesmo, apresenta uma diferenciação em relação às trocas térmicas por radiação.

Determina-se a assimetria da radiação térmica, ΔT_{rp} , por meio da temperatura radiante plana, T_{rp} , que, segundo ABNT (2005a, p. 4), é a “temperatura uniforme do ambiente no qual o fluxo radiante incidente em um lado de um pequeno elemento plano é o mesmo que no ambiente real, geralmente não uniforme.”

Para o cálculo da temperatura radiante plana, T_{rp} , Grigoletti (2007) baseou-se na metodologia descrita na ISO 7726 (1996). Há duas possibilidades para calcular a T_{rp} , dependendo da posição do plano infinitesimal: perpendicular ou paralelo à superfície.

Os valores recomendados pela ASHRAE (2005), em relação à ΔT_{rp} são:

$$\Delta T_{rp} \leq 9 \text{ } ^\circ\text{C para cobertura}$$

$$\Delta T_{rp} \leq 14 \text{ } ^\circ\text{C para superfícies verticais}$$

Neste estudo, conforme indicação de Grigoletti (2007), serão analisados os ambientes considerados de maior permanência das habitações. Para a situação de verão, indica-se a escolha de ambientes que apresentem paredes externas preferencialmente orientadas a Oeste, ou seja, com maiores temperaturas superficiais. Deve-se avaliar, nesta situação, a parede externa e o forro. Para a situação de inverno, indica-se analisar os ambientes que apresentem fechamentos opacos com temperaturas superficiais internas menores, maiores superfícies de fechamentos translúcidos e que sejam ambientes de permanência noturna.

2.5.6. Coeficiente volumétrico global de ganhos de calor $GV_{\text{verão}}$

O coeficiente volumétrico global de ganho de calor, $GV_{\text{verão}}$, é definido por Givoni (1981, p. 331) como a razão entre o fluxo de calor total, Q_T , que atravessa todos os

fechamentos da edificação (opacos e transparentes) e o volume total delimitado pela sua envolvente, pela diferença de temperatura entre o ar interno e externo.

2.5.7. Coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia térmica coef_{SPE}

Conforme Aroztegui e Brizolará (1980) e Frota e Schiffer (1995), a superfície pesada equivalente, SPE, é um parâmetro que pode avaliar a classificação da inércia térmica de uma edificação, a partir do acúmulo de calor nos fechamentos externos abrigados da radiação solar e nas partições internas. Para os autores, quanto menor o valor do coef_{SPE} , maior a sensibilidade da edificação às temperaturas do ar externo. A classificação de inércia térmica de uma edificação pode ser determinada a partir da tabela 4.

Tabela 4 - Classificação da inércia térmica de uma edificação a partir do coef_{SPE}

coeficiente de superfície pesada equivalente coef_{SPE}	classificação da inércia térmica
$\text{coef}_{\text{SPE}} < 0,5$	muito fraca
$0,5 \leq \text{coef}_{\text{SPE}} \leq 1,5$	fraca
$\text{coef}_{\text{SPE}} > 1,5$, com relação massa/área da metade das paredes $< 300 \text{ kg/m}^2$	média
$\text{coef}_{\text{SPE}} > 1,5$, com relação massa/área da metade das paredes $> 300 \text{ kg/m}^2$	forte

Fonte: FROTA e SCHIFFER (1995, p. 50)

2.5.8. Efusividade térmica do ambiente ef_{amb}

A efusividade térmica também tem sido utilizada por alguns autores (MAAS e MALDONADO, 1997; HASSID, 2002) para avaliar a inércia térmica de uma edificação. Conforme Grigoletti (2007, p. 86 e 87), a diferença entre os parâmetros ef_{amb} e coef_{SPE} é que “o coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , refere-se a uma edificação como um todo, enquanto que a efusividade térmica média, $\text{ef}_{\text{média}}$, refere-se a uma média obtida a partir das efusividades térmicas de cada ambiente”.

Conforme Goulart (2004), a efusividade térmica de um ambiente, ef_{amb} , é encontrada a partir da média ponderada da efusividade térmica de cada superfície do ambiente, ef_i , em relação às áreas de cada uma, S_i . Para Fanger (1970), a efusividade térmica de um material depende da condutividade térmica, λ , da densidade de massa aparente, ρ e do seu calor específico, c .

Para Liman e Allard (apud GOULART, 2004, p. 53) uma efusividade térmica média, $ef_{média}$, de $300 (W.s^{1/2})/(m^2.K)$ refere-se a uma inércia térmica leve, enquanto que valores próximos a $1.500 (W.s^{1/2})/(m^2.K)$ refletem uma edificação com inércia térmica forte.

2.5.9. Taxas da envolvente da edificação $coef_{coberturaS}$ e $coef_{paredeN}$

Estas taxas foram proposta por Papst (1999) e revelam o comportamento térmico da edificação através da geometria da mesma. Grigoletti (2007) considera a cobertura da edificação como um elemento bastante suscetível em relação às trocas térmicas da mesma com o meio. Para a autora, o ideal, considerando a cidade de Porto Alegre, seria que a área de cobertura sul ou sudeste fosse no mínimo 50 % do total da cobertura.

Da mesma forma que a cobertura apresenta orientação solar mais adequada para minimizar os ganhos de calor no verão, as paredes também apresentam uma orientação solar preferida para otimizar os ganhos de calor no inverno. Em seu estudo, Grigoletti (2007) considera que o ideal seria ter uma edificação com 25 % das paredes voltadas a Norte ou Nordeste para aproveitar melhor o ganho de calor por meio da radiação direta no inverno.

2.5.10. Análise das condições de ventilação natural

Para a análise das condições de ventilação, Grigoletti (2007) propõe o estudo da configuração das aberturas e a sua eficiência para remover o calor gerado pela edificação e pelos ocupantes. A autora verifica a ventilação sob três aspectos: se a ventilação por ação dos ventos é eficaz para remover o calor gerado pela ocupação (1.060 W) e dissipar o calor das paredes internas em $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ no máximo em 2 horas; se a ventilação através do efeito chaminé para dormitório voltado a Oeste, Sudoeste ou Noroeste é eficaz para remover o calor gerado

por dois ocupantes em estado de repouso (200 W); se a ventilação por ação dos ventos remove o máximo valor de fluxo máximo de calor (proveniente do cálculo do $GV_{\text{verão}}$).

Grigoletti (2007) desenvolveu esta análise a partir de um método simplificado e conforme alguns estudos existentes na área (MAAS, 1992; FROTA e SCHIFFER, 1995; SANTAMOURIS, 1998; LAMBERTS et al., 2000; ASHRAE, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse trabalho iniciou pelo estudo do referencial teórico acerca das condições climáticas de Santa Maria, das normas brasileiras de desempenho térmico de edifícios (NBR 15220 e NBR 15575), estudos relativos a parâmetros térmicos aplicáveis na avaliação de desempenho térmico de HIS (GRIGOLETTI, 2007) e estudos que avaliam a pós-ocupação em relação ao conforto térmico das habitações, a opinião, os hábitos e a satisfação dos moradores.

Após, escolheu-se os conjuntos habitacionais e as residências a serem avaliados. Os conjuntos habitacionais selecionados são aqueles característicos de HIS com edificações térreas e unifamiliares: Residencial Zilda Arns, Residencial Cipriano da Rocha e COHAB Tancredo Neves. Nesta pesquisa fizeram-se três avaliações: avaliação de desempenho higrotérmico, avaliação dos hábitos, sensações e preferências térmicas dos moradores e comparação entre desempenho térmico previsto matematicamente e opinião de entrevistados. Para melhor entendimento do método de pesquisa, apresenta-se separadamente cada tipo de avaliação.

3.1. Avaliação de desempenho higrotérmico

Para a avaliação de desempenho higrotérmico selecionaram-se nove habitações, a saber: uma habitação na COHAB Tancredo Neves, quatro habitações no Residencial Zilda Arns que apresentam a mesma tipologia, porém, orientação solar diferente, e quatro habitações no Residencial Cipriano da Rocha que também apresentam a mesma tipologia e diferem-se pela orientação solar. Um fator determinante para a escolha das habitações é que elas estivessem com a configuração original de acordo com o projeto arquitetônico e o memorial descritivo disponibilizado para consulta nos arquivos de projetos da Prefeitura Municipal.

A escolha pelas habitações nos residenciais Zilda Arns e Cipriano da Rocha com a mesma tipologia e orientações solares diferentes ocorreu com a finalidade de avaliar a interferência da orientação solar no desempenho de cada tipologia habitacional. Na COHAB Tancredo Neves não foi possível utilizar o mesmo critério de escolha, pois, antes de definir as

habitações a serem avaliadas, fez-se um levantamento nos três conjuntos habitacionais para verificar o número de habitações que ainda permanecem originais. Neste levantamento foi constatado que apenas 2 habitações da COHAB Tancredo Neves apresentam esta característica, porém o proprietário de uma das habitações não aceitou participar da pesquisa.

As figuras 4, 5 e 6 apresentam as plantas baixas das habitações em questão.

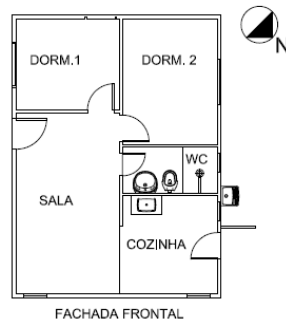


Figura 4 - Planta baixa da habitação avaliada da COHAB Tancredo Neves



Figura 5 - Planta baixa das habitações avaliadas do Residencial Zilda Arns

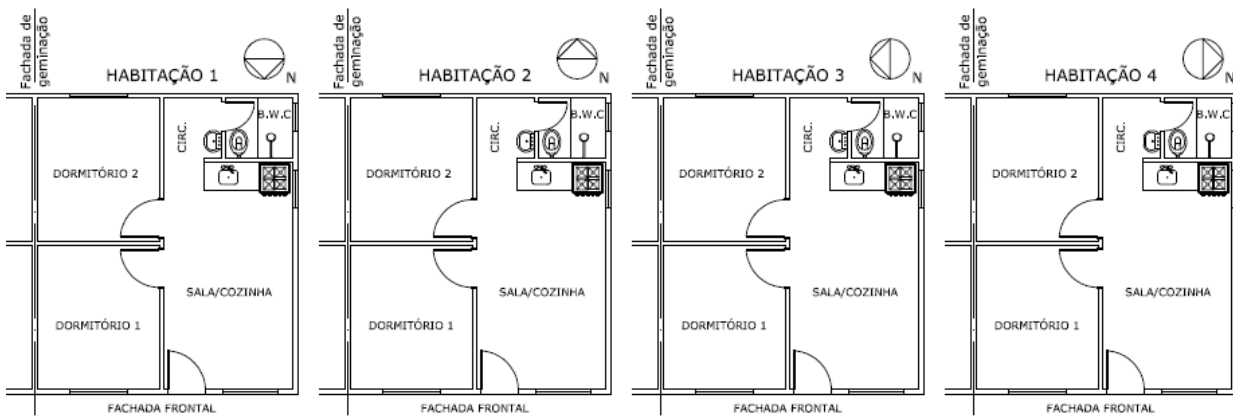


Figura 6 - Planta baixa das habitações avaliadas do Residencial Cipriano da Rocha

As habitações do Residencial Zilda Arns não estão implantadas exatamente no eixo Norte-Sul. Porém, por estarem a menos de $22,5^\circ$ de rotação – valor médio entre os pontos cardeais (Norte, Sul, Leste, Oeste) e sub-colaterais (Norte-nordeste, Norte-noroeste, etc.) –, convencionou-se, para este estudo, que as orientações das habitações sejam Norte, Sul, Leste e Oeste. Este fato deve-se a falta de dados referentes aos pontos sub-colaterais para os cálculos dos parâmetros térmicos.

Avaliou-se o desempenho térmico das habitações a partir da aplicação do método desenvolvido por Grigoletti (2007). Este método consiste em procedimentos de cálculos através de um conjunto de parâmetros baseados na literatura especializada para a avaliação do desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social. São calculados parâmetros térmicos que permitem a comparação de diferentes soluções construtivas de tal forma a apontar a mais adequada para a realidade local.

Como já visto no referencial teórico, o primeiro conjunto de parâmetros refere-se às propriedades térmicas dos componentes da edificação, calculados conforme ABNT (2005b), a saber: resistência térmica total, R_T , transmitância térmica, U , atraso térmico, ϕ , coeficiente de amortecimento, μ , absorvância, α , e fator de calor solar, FS_o . O segundo conjunto de parâmetros, calculados conforme Grigoletti (2007), considera a interação entre os componentes da edificação: coeficientes volumétricos globais de perdas e ganhos de calor, $GV_{inverno}$ e $GV_{verão}$, condensação superficial interna sobre os fechamentos, $t_{si} \times t_{orvalho}$, assimetria da radiação térmica, ΔT_{rp} , coeficiente de superfície pesada equivalente, $coef_{SPE}$, efusividade térmica do ambiente, ef_{amb} , coeficiente da cobertura sul/sudeste, $coef_{coberturaS}$, e coeficiente de parede norte/nordeste, $coef_{paredeN}$.

Alguns destes parâmetros térmicos requerem, para os cálculos, dados que ainda não estão disponíveis para a cidade de Santa Maria, RS. Assim, para efeito de avaliação, empregaram-se os mesmos valores utilizados por Grigoletti (2007) que são referentes à cidade de Porto Alegre. Sabe-se que esta não é a condição ideal, porém, ao comparar as Normais Climatológicas (1961-1990) de Santa Maria e Porto Alegre percebe-se que os valores de temperaturas máxima e mínima e de umidade relativa são semelhantes para as duas cidades.

Os dados utilizados e os respectivos valores são:

- temperatura do ar interno situação inverno: 18°C ;
- temperatura do ar externo situação inverno: $7,5^\circ\text{C}$;
- temperatura de orvalho situação inverno: $13,5^\circ\text{C}$;
- temperatura do ar interno situação verão: $29,0^\circ\text{C}$;

- temperatura do ar externo situação verão: 33,5 °C.

Para a análise das condições de ventilação natural durante o período de verão, considerou-se a velocidade do vento a 10 m de altura igual a 2,91 m/s. Este valor é uma média das velocidades dos ventos para os meses de verão de 2007 e 2008 para a cidade de Santa Maria, RS que constam nos dados climatológicos obtidos da Base Aérea de Santa Maria. A orientação dos ventos predominantes durante o verão também foi extraída destes dados climatológicos. Para determiná-la, analisou-se a direção de maior frequência de ocorrência dos ventos durante o verão de 2007 e 2008, que, conforme a análise, provém, predominantemente, do Sudeste. Sabe-se que tanto os dados de velocidade quanto de orientação predominante não são a condição real, porém, estes dados ainda não são disponíveis para Santa Maria.

Além destes dados, os valores de temperaturas do ar interno e ar externo também foram obtidos de Grigoletti (2007) para analisar as condições de ventilação natural:

- temperatura do ar interno: 29,0 °C;
- temperatura do ar externo: 27,0 °C, considerando análise de ventilação por ação do vento;
- temperatura do ar externo: 24,0 °C, considerando análise de ventilação por diferença de temperatura.

Calculados os parâmetros térmicos, propriedades térmicas e as condições de ventilação para todas as habitações, foi possível submetê-las à avaliação com o método proposto por Grigoletti (2007) conforme apresentado na tabela 1, item 2.3, e classificar as habitações de acordo com o desempenho de cada uma, como demonstrado na tabela 2, deste mesmo item.

Alguns dos parâmetros térmicos excluídos por Grigoletti (2007) no método original de avaliação apresentaram-se sensíveis às habitações avaliadas. Assim, adaptou-se a proposta do método considerando a realidade de Santa Maria, RS. Os parâmetros considerados pela autora no método original permaneceram com os mesmos critérios e valores de referência na adaptação do método. Os novos parâmetros incluídos foram assimetria da radiação térmica para cobertura na situação verão e ventilação deste mesmo fechamento. As ponderações desses novos requisitos foram obtidas do estudo realizado por Grigoletti (2007) com especialistas na área que, para cada parâmetro, atribuíram valores correspondentes ao grau de

importância. Os valores de ponderação atribuídos pelos especialistas para assimetria da radiação térmica e ventilação da cobertura são de, respectivamente, 2 e 3 pontos. Em relação à ventilação da cobertura, por considerar que o seu efeito é benéfico apenas no período do verão, assume-se que, quando há ventilação da cobertura no verão, a ponderação será de 1,5 pontos. Da mesma forma, no inverno, quando não houver esta possibilidade, a ponderação será de apenas 1,5 pontos. Assim, caso a cobertura de uma habitação apresente um dispositivo de ventilação que possa ser controlado, mantendo-o aberto no verão e fechado no inverno, a habitação receberá pontuação integral nesse quesito, ou seja, 3 pontos.

Como adicionaram-se novos parâmetros ao método original, houve a necessidade de alterar as pontuações das possíveis classificações de desempenho, acrescentando os valores de ponderações destes parâmetros nas pontuações anteriores.

3.2. Avaliação dos hábitos, sensações e preferências térmicas dos moradores

Para avaliar os hábitos, sensações e preferências térmicas dos moradores foi necessário pensar em um instrumento de coleta de dados que permitisse tal análise. A ideia inicial era aplicar o questionário para os moradores dos três conjuntos habitacionais selecionados para este estudo. Porém, devido aos atrasos nas obras do Residencial Zilda Arns, não foi possível efetuar a avaliação neste local.

Para a escolha das habitações em que seriam aplicados os questionários, foi realizado um levantamento acerca do número de habitações ainda originais em cada conjunto habitacional e foram escolhidas 5 % destas para aplicar o questionário ao morador-responsável. Desta forma, o público-alvo da pesquisa constituiu-se de 16 pessoas (uma por habitação) do Residencial Cipriano da Rocha e apenas um morador da COHAB Tancredo Neves, já que, conforme dito anteriormente, foram encontradas apenas 2 habitações ainda originais neste conjunto, porém, um dos proprietários não aceitou participar da pesquisa. Foram selecionadas habitações que apresentam menor nível de intervenção em sua configuração original de acordo com o projeto arquitetônico e memorial descritivo obtidos nos acervos de projetos da Prefeitura Municipal de Santa Maria.

As habitações escolhidas para aplicar os questionários aos moradores apresentam a mesma tipologia das habitações submetidas à análise de desempenho. Selecionaram-se, no Residencial Cipriano da Rocha, além de habitações com as mesmas orientações solares

daquelas submetidas ao método de avaliação, as suas habitações geminadas. O objetivo desta escolha é verificar se há alteração na percepção e opinião dos moradores das duas habitações de uma edificação geminada, já que a orientação solar dos cômodos modifica-se visto que eles são espelhados.

Desta forma, foram entrevistadas duas pessoas por unidade com orientações solares diferentes, conforme figura 7, a seguir. Para a COHAB Tancredo Neves, a habitação selecionada foi a mesma em que se fez a avaliação de desempenho através dos cálculos dos parâmetros térmicos.

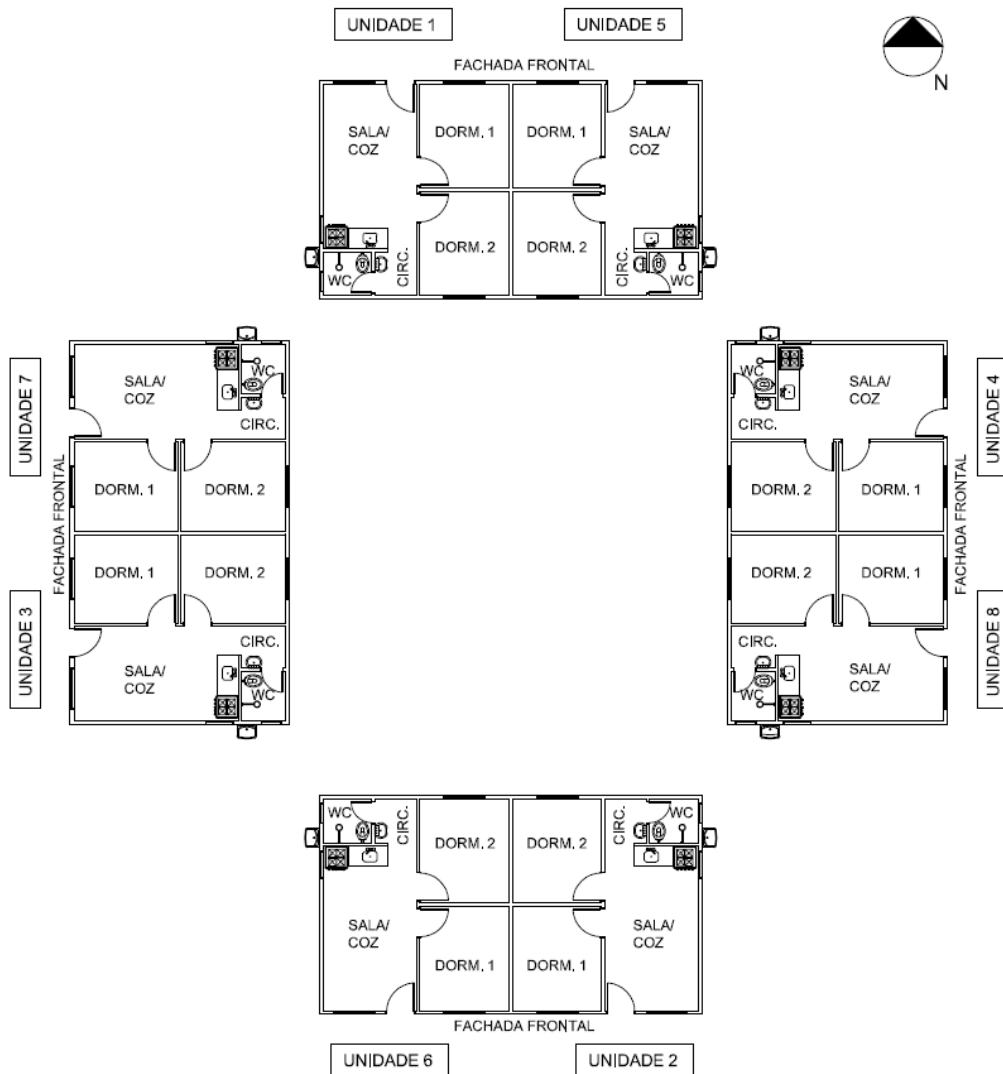


Figura 7 - Unidades habitacionais selecionadas para o estudo no Residencial Cipriano da Rocha

O quadro 2 relaciona as unidades entrevistadas, o número de entrevistados por unidade e a participação da unidade na avaliação de desempenho.

Residencial Cipriano da Rocha		
unidade	número de entrevistados	avaliada?
1	2	sim
2	2	sim
3	2	sim
4	2	sim
5	2	não
6	2	não
7	2	não
8	2	não
COHAB Tancredo Neves		
habitação	1	sim

Quadro 2 - Relação das unidades entrevistadas, número de entrevistados por unidade e se a unidade foi submetida ao método de avaliação de desempenho

Outro requisito para escolha das habitações avaliadas foi o interesse do responsável maior de idade pela residência em colaborar com a pesquisa e aceitar voluntariamente responder os questionários para levantamento da opinião dos usuários sobre o conforto térmico das habitações. Assim, durante a seleção dos entrevistados, primeiramente fez-se a explanação sobre a temática e os objetivos do projeto de pesquisa, assim como a importância da participação dos moradores para o desenvolvimento do estudo. Mediante aceitação do entrevistado, foram assinados os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido e de Confidencialidade entre a pesquisadora e os entrevistados, já que, por se tratar de uma pesquisa envolvendo seres humanos, houve a necessidade de aprovar o projeto de pesquisa deste estudo no Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM a fim de assegurar os princípios éticos da investigação.

Os questionários foram elaborados conforme alguns estudos já realizados por Lazzarotto (2007), Krüger e Dumke (2001), Gomes (2003) e Loureiro (2003), e estão apresentados nos apêndices 2 e 3. O grau de satisfação dos usuários é importante, pois permite verificar se as exigências higrotérmicas adotadas para análise de resultados do desempenho

higrotérmico são adequadas à realidade sócio-cultural analisada. É constituído basicamente por cinco tópicos: informações gerais do entrevistado, em que se investiga o tempo e o número de pessoas que residem na habitação, o período em que o entrevistado fica em casa durante a semana, seu estado de saúde e a atividade que estava desempenhando antes de responder o questionário; informações sobre a residência e a opinião do morador sobre o conforto térmico da habitação; informações sobre os hábitos cotidianos dos entrevistados e os meios comumente utilizados para amenizar o desconforto térmico; informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista para melhorar a sensação de conforto; e informações sobre sensação e preferência térmicas dos entrevistados, através da indicação do seu grau de descontentamento com as condições térmicas momentâneas, conforme escala proposta pela ISO 7730 (1994) e ASHRAE (2004). Antes de iniciar o processo de aplicação oficial do questionário, fez-se um teste a fim de verificar a compreensão das pessoas e o seu correto funcionamento.

O questionário foi aplicado duas vezes por semana durante quatro semanas, no período de verão (janeiro/fevereiro/2012), durante a tarde. No período de inverno (julho/2012), aplicou-se o questionário mais vezes na semana, durante a manhã, para aproveitar os dias frios, que não foram constantes no ano de 2012. Os questionários foram aplicados no verão e no inverno a fim de obter a opinião dos moradores em duas situações climáticas limites (calor e frio). Assim, cada morador respondeu ao questionamento oito vezes, com exceção de alguns, conforme está descrito nos resultados. O objetivo deste método de aplicação é avaliar a continuidade da opinião dos entrevistados e as formas utilizadas por eles no dia da entrevista para obter melhor sensação de conforto térmico em suas residências, caso fosse necessário.

Durante o processo de questionamento, os entrevistados ficaram sentados em uma cadeira sem espaldar, para que o mobiliário não interferisse em sua sensação térmica, em repouso e sempre no mesmo cômodo (sala). Simultaneamente a aplicação do questionário, foram medidas as temperaturas interna e externa e a umidade relativa (UR) das habitações para comparar com a opinião dos entrevistados. Foram utilizados termo-higrômetros da marca Incoterm, modelo 7666.02.0.00, que apresentam precisão de aproximadamente 1,0 °C para temperaturas e 5,0 % para umidade relativa. Os aparelhos eram novos e foram adquiridos especialmente para este trabalho. Antes de iniciar a pesquisa, eles foram calibrados através da conferência entre os valores de UR e temperaturas registrados em medições realizadas simultaneamente com os aparelhos posicionados lado-a-lado num mesmo ambiente. Ao realizar esta verificação, percebeu-se que os valores de temperatura tanto interna quanto externa igualaram-se, porém, havia discrepância entre os valores registrados de UR. Devido a

urgência em realizar a aplicação dos questionários na etapa de verão, desconsideraram-se os valores de UR registrados para este período. Após a aplicação dos questionários desta fase, enviaram-se os equipamentos para a empresa responsável que efetuou os devidos ajustes possibilitando as medições de UR no período de inverno.

O termo-higrômetro utilizado está ilustrado na figura 8.



Figura 8 - Termo-higrômetro utilizado para medir temperaturas e umidade relativa

Fonte: INCOTERM (2012)

O aparelho foi localizado no centro da sala, quando possível, a uma altura de 80 cm, altura aproximada do peito de uma pessoa sentada, a fim de reduzir o efeito de superfícies quentes ou frias no ambiente. O cabo para medir as temperaturas externas foi estendido até a janela mais próxima em que não houvesse incidência solar. A leitura dos registros de temperaturas foi feita uma vez ao final de cada entrevista para o verão a fim de que o aparelho pudesse estabilizar-se no decorrer dos questionamentos aos moradores. Para o inverno, além do registro das temperaturas, efetuou-se a leitura das UR.

Antes de analisar os dados decorrentes das entrevistas, fez-se a caracterização do verão e inverno do ano de 2012 e dos períodos em que ocorreram as entrevistas a partir de dados de temperatura e umidade obtidos do INMET que possui uma estação meteorológica localizada no campus da UFSM para verificar a representatividade dos dias em que as entrevistas foram aplicadas.

Por fim, optou-se por avaliar os dados por meio de uma análise descritiva, visto que o número de pessoas entrevistadas e os dados não permitem uma análise estatística. Desta forma, reuniram-se as respostas de todas as entrevistas realizadas de acordo com a orientação solar da habitação em ambos conjuntos habitacionais e encontrou-se, neste conjunto de

respostas, a maior frequência de repetição das mesmas. Ainda, para avaliar a sensação e a preferência térmicas dos entrevistados, reuniu-se a maior frequência de respostas para cada faixa de temperatura e comparou-se os dados.

3.3. Comparação entre a opinião dos entrevistados e o desempenho higrotérmico encontrado para as habitações

Conforme visto anteriormente, algumas habitações em que foram feitas as entrevistas não foram avaliadas através do método de cálculo do desempenho. Para comparar a opinião dos entrevistados e o desempenho higrotérmico das habitações, além da habitação da COHAB Tancredo Neves, considerou-se apenas as unidades entrevistadas 1, 2, 3 e 4 do Residencial Cipriano da Rocha, pois foram estas as habitações submetidas à avaliação de desempenho.

Abaixo, o quadro 3 demonstra a relação entre unidade entrevistada e habitação avaliada para o Residencial Cipriano da Rocha.

unidade entrevistada	habitação avaliada
1	1
2	2
3	3
4	4
5	*
6	*
7	*
8	*

* estas habitações não foram submetidas ao método de avaliação de desempenho, portanto, não foram consideradas quando comparados o desempenho calculado e a opinião dos entrevistados.

Quadro 3 - Correspondência entre unidade entrevistada e habitação avaliada para o Residencial Cipriano da Rocha

Os valores indicados pelos moradores foram analisados paralelamente aos resultados obtidos com as aplicações dos parâmetros a fim de verificar se o desempenho verificado através dos cálculos reflete a opinião dos usuários para as habitações selecionadas.

4. APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS NOS PROJETOS SELECIONADOS PARA O ESTUDO

Neste capítulo, serão apresentados os três conjuntos habitacionais selecionados para o estudo (COHAB Tancredo Neves, Residencial Zilda Arns e Residencial Cipriano da Rocha), as características construtivas das habitações e os resultados e discussão obtidos com a aplicação dos parâmetros térmicos apresentados no capítulo 2, item 2.5.

A figura 9 localiza os conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria/RS.

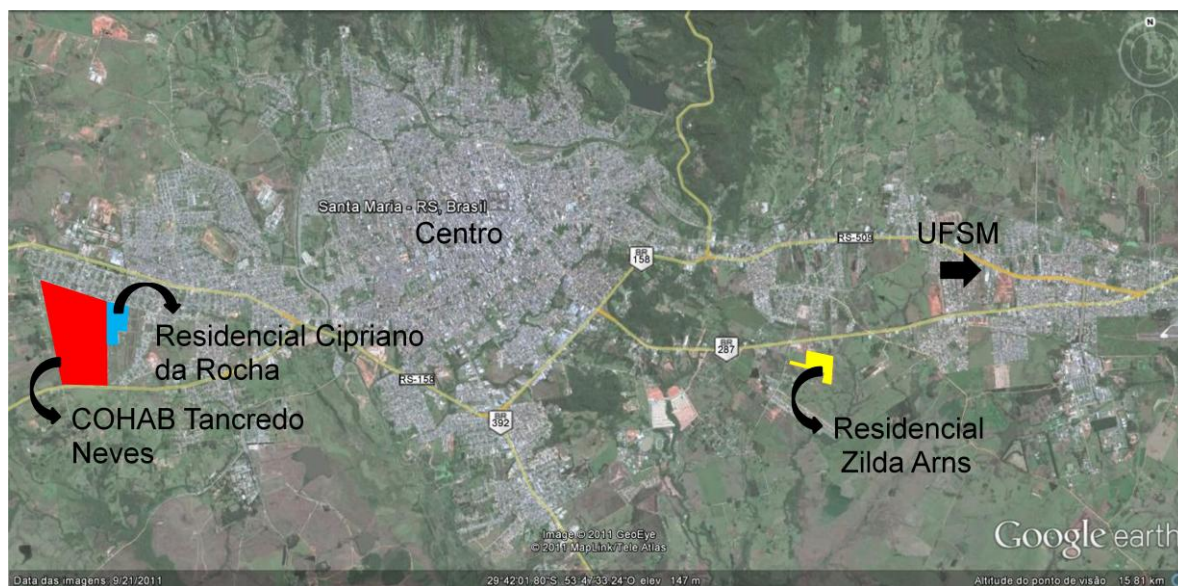


Figura 9 - Localização dos conjuntos habitacionais selecionados para o estudo na cidade de Santa Maria/RS

Fonte: adaptado de GOOGLE EARTH (2012)

4.1. COHAB Tancredo Neves

A COHAB Tancredo Neves localiza-se na região oeste da cidade de Santa Maria, apresenta habitações do tipo isoladas e foi construída há trinta anos. A habitação selecionada para a avaliação é térrea, apresenta fachada frontal orientada a Nordeste e área total de 40,87 m². É constituída por dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e área de serviço externa. As

figuras 10 e 11, a seguir, apresentam a localização da habitação avaliada no conjunto habitacional e a planta baixa, corte e foto da fachada frontal da mesma.



Figura 10 - Localização da habitação selecionada no conjunto habitacional COHAB Tancredo Neves

Fonte: adaptado de GOOGLE EARTH (2012)

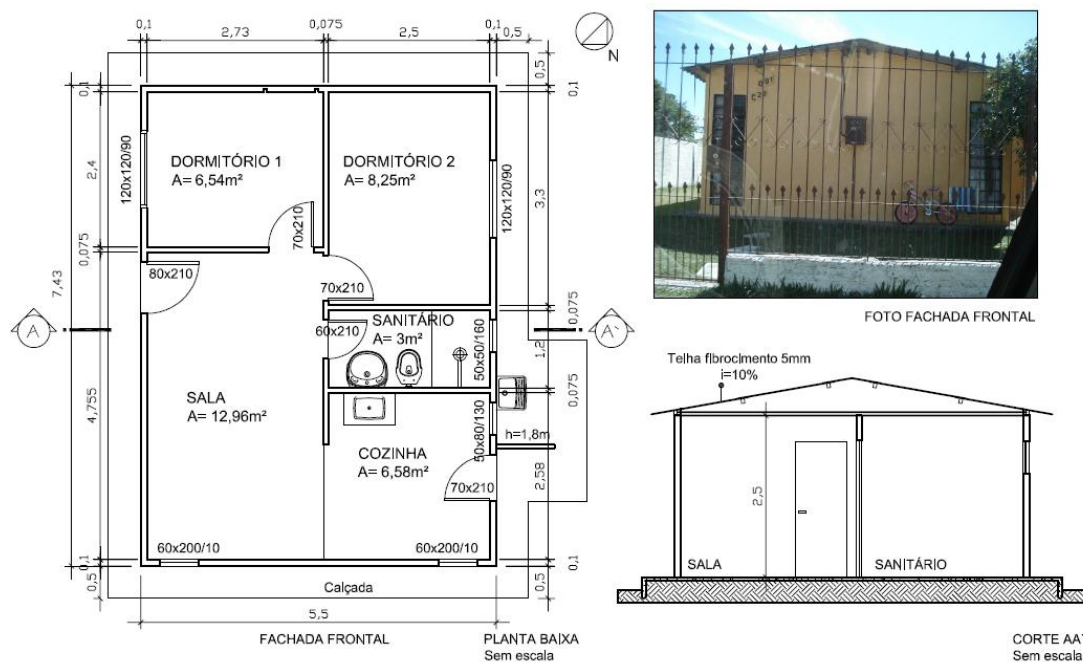


Figura 11 - Planta baixa, corte e foto da fachada frontal da habitação da COHAB Tancredo Neves

A seguir, serão apresentadas as áreas e as características dos fechamentos e partições internas da habitação em estudo, conforme tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 - Áreas dos cômodos, áreas e características de aberturas da habitação da COHAB Tancredo Neves

Cômodo	Área (m ²)	Área das aberturas (m ²)		Características das aberturas
		nominal – útil	% piso*	
sala	12,96	J – 1,20 – 0,35**	2,70	janela em chapa de ferro tipo basculante, sem proteção solar; porta de chapa de ferro e vidro
		PE – 1,68	-	
cozinha	6,58	J – 1,20 – 0,35**	5,32	janelas em chapa de ferro tipo basculante, sem proteção solar; porta de chapa de ferro e vidro
		J – 0,40 – 0,12**	1,82	
		PE – 1,47	-	
dormitório 1	6,54	J – 1,44 – 0,72	11,01	janela em chapa de ferro tipo guilhotina com veneziana de duas folhas de abrir, porta interna em madeira semioca
		PI – 1,47	-	
dormitório 2	8,25	J – 1,44 – 0,72	8,73	janela em chapa de ferro tipo guilhotina com veneziana de duas folhas de abrir, porta interna em madeira semioca
		PI – 1,47	-	
banheiro	3,00	J – 0,25 – 0,07	2,44	janela em chapa de ferro tipo basculante, sem proteção solar, porta em madeira semioca
		PI – 1,26	-	

* as percentagens das aberturas foram calculadas a partir das áreas úteis para ventilação.
 ** a área útil das janelas tipo basculante foram calculadas a partir da expressão $A_{\text{útil}} = A_{\text{nominal}} \times (1 - \cos 45^\circ)$
 J, PE e PI significam, respectivamente, janela, porta externa e porta interna

Tabela 6 - Área dos fechamentos e partições opacos verticais e horizontais da habitação da COHAB Tancredo Neves

Fechamentos ou partições	Área (m ²)
Paredes externas	
paredes em concreto (e = 0,10 m)	54,57
total paredes externas	54,57
Paredes internas	
paredes em concreto (e = 0,075 m)	29,52
total paredes internas	29,52

Tabela 6 – continuação

Fechamentos ou partições	Área (m²)
Portas externas	
porta sala (0,80 m × 2,10 m)	1,68
porta cozinha (0,70 m × 2,10 m)	1,47
total portas externas	3,15
Portas internas	
porta dormitório 1 (0,70 m × 2,10 m)	1,47
porta dormitório 2 (0,70 m × 2,10 m)	1,47
porta banheiro (0,60 m × 2,10 m)	1,26
total portas internas	4,20
Cobertura (limitada pelo perímetro interno das paredes, em verdadeira grandeza)	
água da cobertura voltada a Sudeste	19,47
água da cobertura voltada a Noroeste	19,47
total cobertura	38,94
Pisos (área dos cômodos limitada pelo perímetro interno das paredes)	
concreto alisado	9,58
vinílico	27,75
total pisos	37,33
Volume interno da edificação = 95,80 m³	

Tabela 7 - Características dos materiais e componentes da habitação da COHAB Tancredo Neves

Materiais e componentes	Características
fundações	radier de concreto armado (e = 0,06 m), executado sobre camada de brita (e = 0,03 m)
paredes	paredes externas em concreto com espessura de 0,10 m, pintadas externamente com tinta cor amarela paredes internas em concreto com espessura de 0,075 m
cobertura	estrutura em treliça de madeira, telhas de fibrocimento de 6 mm de espessura, forro de concreto espessura 5 cm
pisos	piso vinílico nos dormitórios e sala; cimento alisado no banheiro e cozinha
janelas	janelas em ferro pintadas na cor chumbo, com folhas de correr e veneziana nos dormitórios e basculantes em ferro pintadas na cor chumbo no restante das janelas
portas	externas em ferro e vidro pintadas na cor chumbo; internas em madeira semioca

4.1.1. Resultados obtidos para a habitação da COHAB Tancredo Neves

A tabela 8 apresenta um resumo das propriedades térmicas dos fechamentos e componentes da habitação da COHAB Tancredo Neves calculados conforme norma ABNT (2005c).

Tabela 8 - Resumo das propriedades térmicas dos fechamentos da habitação da COHAB Tancredo Neves

fechamento	resistência térmica total R_T (m ² .K)/W	transmitância térmica U W/(m ² .K)	atraso térmico ϕ (h)	coeficiente de amortecimento μ / capacidade térmica total C_T^* kJ/(m ² .K)	coeficiente de absorção α	fator de calor solar FS_o (%)
Paredes						
concreto (e = 0,10m)	0,2271	4,40	2,32	0,8029 / 240	0,30**	5,28
Portas						
Portas	0,1702	5,88	-	-	-	85,00***
Vidro	0,1730	5,78	-	-	-	85,00***
caixilho em ferro	0,1701	5,88	0,03	0,9974	0,7****	16,46
Janelas						
Janelas s/venezianas	0,1703	5,87	-	-	-	85,00***
Janelas c/venezianas	0,3322	3,01	0,76	0,9304	0,7****	8,43
Vidro	0,1730	5,78	-	-	-	85,00***
caixilho em ferro	0,1701	5,88	0,03	0,9974	0,7****	16,46
Cobertura						
inverno	0,3149	3,18	3,01	0,7519	0,5	6,36
verão	0,4549	2,20	3,56	0,7137	0,5	4,40
Pisos	1,00	1,00	-	-	-	-

* capacidade térmica C_T apenas para paredes, demais resultados estão demonstrados no Apêndice 1

** considerando cor amarela

*** valores obtidos de BECKER (1992, p. 23)

**** considerando cor chumbo

Comparando os resultados das propriedades térmicas obtidos para a habitação da COHAB Tancredo Neves com o estabelecido pelas normas ABNT (2005c; 2008d), considerando a Zona Bioclimática 2, percebe-se que a maior parte deles não satisfaz o valor recomendado.

Em relação às paredes externas, os parâmetros térmicos transmitância térmica U e fator de calor solar FS_o não satisfazem os valores recomendados pela ABNT (2005c), cujos limites seriam, respectivamente, $3,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $5,0 \%$. Já o valor de atraso térmico ϕ está conforme os limites estabelecidos pela mesma norma ($\phi \leq 4,3 \text{ h}$). O parâmetro capacidade térmica C_T para paredes externas está de acordo com o recomendado pela ABNT (2008d), cujo valor deve ser igual ou superior a $130 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Para a cobertura, a ABNT (2005c) estabelece apenas valores de referência para o período de verão. O valor da transmitância térmica U está acima do recomendado ($U \leq 2,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$), assim como o atraso térmico ($\phi \leq 3,3 \text{ h}$). O resultado do fator de calor solar FS_o para a cobertura satisfaz o estabelecido em norma, cujo limite é $6,5 \%$.

Os procedimentos de cálculo e os resultados dos parâmetros térmicos utilizados nesse trabalho para avaliar o desempenho higrotérmico das habitações estão apresentados de forma detalhada no apêndice 1. Em relação aos coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor, GV_i e GV_{inverno} , pela habitação da COHAB Tancredo Neves, percebe-se que (conforme pode ser visto na tabela 39, apêndice 1) as paredes são o principal elemento responsável pela perda de calor pela edificação representando $53,00 \%$ do total. Em seguida, está a cobertura, sendo responsável por $27,33 \%$ das perdas de calor.

A possibilidade de condensação sobre as superfícies internas da edificação está apresentada na tabela 40, apêndice 1. Os resultados indicam que há problemas quanto à condensação na maioria das superfícies internas da habitação em estudo, exceto sobre o forro e janelas com venezianas. Os resultados do coeficiente de superfície pesada equivalente coef_{SPE} estão apresentados de forma detalhada na tabela 41, apêndice 1. Pode-se classificar a inércia térmica da habitação da COHAB Tancredo Neves a partir do valor do coeficiente de superfície pesada equivalente coef_{SPE} , conforme tabela 4, item 2.5.7, como média, visto que a relação massa/área de todas as partições e fechamentos foi inferior a $300 \text{ kg}/\text{m}^2$.

Em relação ao parâmetro efusividade térmica de um ambiente ef_{amb} , em que os resultados podem ser vistos na tabela 42, apêndice 1, dentre os compartimentos calculados, o dormitório 1 foi o que apresentou maior efusividade térmica e a média da efusividade térmica dos ambientes avaliados é de $1.735,04 \text{ (W.s}^{1/2})/(\text{m}^2.\text{K})$, ou seja, a edificação apresenta uma inércia térmica forte, considerando este parâmetro.

Os resultados dos coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor, GV_i e $GV_{\text{verão}}$, para os fechamentos da habitação da COHAB Tancredo Neves de acordo com a orientação solar de cada um estão apresentados na tabela 43, apêndice 1. O principal responsável pelo ganho de calor na edificação é a cobertura com 44,89 % do total, seguido pelos fechamentos da fachada noroeste, com 21,26 % e fechamentos da fachada sudeste, com 12,54 %. O piso obteve valor negativo de fluxo de calor $Q_{\text{máx}}$, o que representa que a edificação perde calor através do mesmo para as condições avaliadas, por isso é o elemento que menos contribui para o ganho de calor pela edificação.

Em relação aos resultados encontrados para o parâmetro assimetria da radiação térmica ΔT_{rp} (conforme podem ser vistos na tabela 44, apêndice 1) para a habitação da COHAB Tancredo Neves na situação de inverno, a parede sudeste da sala satisfaz as condições definidas para este parâmetro térmico. A mesma avaliação foi desenvolvida para a situação de verão (tabela 45, apêndice 1) para o dormitório 2 que apresenta fachada noroeste (considerada mais desfavorável). Para este cômodo, calculou-se a assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} em dois pontos: o primeiro ponto voltado para a parede externa noroeste e o segundo ponto voltado para a cobertura. Os resultados encontrados para a situação de verão mostram que a parede do dormitório 2 satisfaz o critério para a assimetria da radiação térmica para o ponto selecionado, enquanto que a cobertura deste mesmo cômodo não satisfaz.

Os resultados quanto as taxas da envolvente da edificação $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$ e $\text{coef}_{\text{paredeN}}$ estão apresentados na tabela 47, apêndice 1. O método propõe que, no mínimo, 25 % da envolvente vertical da habitação esteja orientada a Norte ou Nordeste, o que não ocorre com a habitação da COHAB Tancredo Neves, portanto, não satisfaz este requisito. Já, para a cobertura, a sugestão é que no mínimo metade da área da mesma esteja orientada a Sul ou Sudeste. A habitação em estudo satisfaz este requisito.

As condições de ventilação da habitação da COHAB Tancredo Neves estão apresentadas na tabela 48, apêndice 1. Os resultados dos fluxos de calor obtidos no cálculo foram negativos, representando que a edificação perde calor por meio da ventilação. As ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são eficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna, estimado em 1.060 W e 200 W, respectivamente, conforme consta no capítulo 2, item 2.5.10. A ventilação cruzada consegue remover o maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a Noroeste ($Q_{\text{máx}} = 936,69 \text{ W}$), somente mantendo as aberturas completamente abertas. A quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação da COHAB Tancredo Neves está apresentada na tabela 49, apêndice 1. É necessária uma energia térmica de 5.313,60 kJ/K para

diminuir a temperatura das paredes internas da habitação. O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C, pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural está exposto na tabela 50, apêndice 1. O tempo necessário para diminuir a temperatura em 2,0 °C é de 32 minutos o que satisfaz o recomendado que seria no máximo em 2 horas, conforme capítulo 2, item 2.5.10.

O quadro 4, a seguir, apresenta um resumo dos resultados encontrados para os parâmetros térmicos para a habitação da COHAB Tancredo Neves.

habitação COHAB Tancredo Neves	
parâmetro	resultado
coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno}	4,7295 W/(m ³ .K)
condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente $t_{si} \times t_{\text{orvalho}}$	exceto sobre venezianas e forro
assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}	cobertura não satisfaz critério
coeficiente volumétrico global de ganho de calor $GV_{\text{verão}}$	19,6159 W/(m ³ .K)
coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia $coef_{SPE}$	1,77
efusividade térmica média do ambiente ef_{amb}	1.735,04 (W.s ^{1/2})/(m ² .K)
área da cobertura Sul ou Sudeste \times área total da cobertura $coef_{coberturaS}$	0,50 (satisfaz)
área da parede Norte ou Nordeste \times área total da cobertura $coef_{paredeN}$	0,21 (não satisfaz)

Quadro 4 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para a habitação da COHAB Tancredo Neves

4.2. Residencial Zilda Arns

O Residencial Zilda Arns localiza-se na região leste da cidade de Santa Maria e apresenta habitações do tipo geminadas. É um conjunto habitacional recente, sendo inaugurado na metade do ano de 2012. Foram selecionadas para a avaliação de desempenho, habitações em quatro orientações solares diferentes: Norte, Sul, Leste e Oeste. A figura 12 apresenta a vista aérea do conjunto habitacional e as habitações selecionadas. As habitações avaliadas neste estudo apresentam a mesma configuração em planta e diferenciam-se entre si apenas em suas orientações solares. São edificações térreas e apresentam área total de 35,45

m². Constituem-se por dois dormitórios, sala, cozinha, circulação, banheiro e área de serviço externa, conforme figura 13.



Figura 12 - Vista área do conjunto habitacional Residencial Zilda Arns e habitações selecionadas

Fonte: adaptado de GOOGLE EARTH (2012)

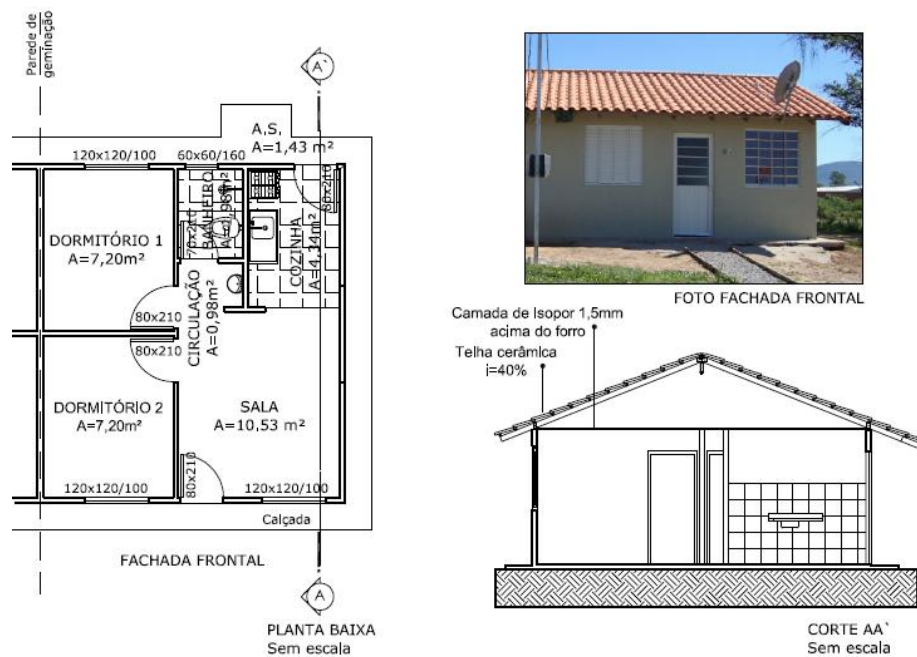


Figura 13 - Planta baixa, corte e foto da fachada frontal da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns

Alguns parâmetros térmicos aplicados não dependem da orientação solar da habitação. Para estes, fazem-se os cálculos considerando a habitação-tipo. Para os demais, em que a orientação solar interfere no cálculo, convencionou-se distinguir as habitações da seguinte maneira:

- habitação 1: fachada frontal orientada a Norte;
- habitação 2: fachada frontal orientada a Sul;
- habitação 3: fachada frontal orientada a Oeste;
- habitação 4: fachada frontal orientada a Leste.

As áreas dos compartimentos, áreas e características das aberturas estão apresentadas na tabela 9.

Tabela 9 - Áreas dos compartimentos, áreas e características de aberturas da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns

Cômodo	Área (m ²)	Área das aberturas (m ²)		Características das aberturas
		nominal – útil*	% piso	
sala	10,53	J – 1,44 – 0,72	6,84	janela em chapa de ferro com quatro folhas, duas de correr, sem proteção solar, porta de ferro e vidro
		PE – 1,68	-	
cozinha	4,34	PE – 1,68	-	porta de ferro e vidro
		J – 1,44 – 0,72	10,00	janela em chapa de ferro com quatro folhas, duas de correr, com veneziana de quatro folhas, duas de correr, porta interna em madeira semioca
dormitório 1	7,20	PI – 1,68	-	
		J – 1,44 – 0,72	10,00	janela em chapa de ferro com quatro folhas, duas de correr, com veneziana de quatro folhas, duas de correr, porta em madeira semioca
dormitório 2	7,20	PI – 1,68	-	
		J – 0,36 – 0,11**	5,56	janela em chapa de ferro tipo basculante, sem proteção solar, porta em madeira semioca
banheiro	1,98	PI – 1,47	-	
		-	-	
circulação	0,98	-	-	-

* as percentagens das aberturas foram calculadas a partir das áreas úteis para ventilação (50% da área nominal)
 ** a área útil da janela tipo basculante foi calculada a partir da expressão $A_{\text{útil}} = A_{\text{nominal}} \times (1 - \cos 45^\circ)$
 J, PE e PI significam, respectivamente, janela, porta externa e porta interna

As áreas e características dos fechamentos e partições internas opacos verticais e horizontais da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns estão descritas na tabela 10.

Tabela 10 - Área dos fechamentos e partições opacos verticais e horizontais da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns

Fechamentos ou partições	Área (m²)
Paredes externas	
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	32,99
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico interno (e = 0,11 m)	1,94
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico interno e externo (e = 0,12 m)	0,16
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico externo (e = 0,11 m)	0,30
total paredes externas	35,39
Paredes internas	
concreto com incorporação de ar (e = 0,08 m)	20,60
concreto com incorporação de ar (e = 0,13 m)*	15,45
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico nas duas faces (e = 0,12 m)	3,96
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico em uma face (e = 0,11 m)	0,26
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	2,38
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico em uma face (e = 0,09 m)	1,39
total paredes internas	44,04
Portas externas	
porta sala (0,80 m × 2,10 m)	1,68
porta cozinha (0,80 m × 2,10 m)	1,68
total portas externas	3,36
Portas internas	
porta dormitório 1 (0,80 m × 2,10 m)	1,68
porta dormitório 2 (0,80 m × 2,10 m)	1,68
porta banheiro (0,70 m × 2,10 m)	1,47
total portas internas	4,83
Cobertura (limitado pelo perímetro interno das paredes, em verdadeira grandeza)	
água da cobertura voltada para a frente da habitação**	17,97
água da cobertura voltada para os fundos da habitação**	17,97
total cobertura	35,95
Pisos (área dos cômodos limitada pelo perímetro interno das paredes)	
concreto alisado	25,91
cerâmico	6,32
total pisos	32,23
Volume interno da edificação = 83,295 m³	
* considerou-se a parede de geminação como parede interna	
** deu-se esta identificação, pois se trata de uma habitação-tipo, ou seja, não se está considerando a orientação solar da mesma	

As características dos materiais e componentes que constituem a habitação-tipo do Residencial Zilda Arns estão apresentadas na tabela 11.

Tabela 11 - Características dos materiais e componentes da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns

Materiais e componentes	Características
fundações	radier de concreto armado (e = 0,09 m), executado sobre camada de brita (e = 0,03 m)
paredes	paredes externas: de concreto com incorporação de ar com espessura de 10 cm. A parede do box do banheiro é revestida, até a altura de 1,65 m, com revestimento cerâmico. Sobre o tanque também há uma faixa de 35 cm de altura por 1,3 m de largura com revestimento cerâmico. As paredes são pintadas externamente com tinta cor verde claro. paredes internas: a parede hidráulica entre o banheiro, o lavatório e a cozinha é de concreto com incorporação de ar com espessura de 10 cm, as demais apresentam espessura de 8 cm. Há revestimento cerâmico no box do banheiro e atrás do vaso sanitário até a altura de 1,65 m; nas paredes hidráulicas da cozinha e do lavatório até altura de 1,50 m e sobre o tanque, numa faixa de 35 × 130 cm. parede de geminação: de concreto com incorporação de ar com espessura de 13 cm
cobertura	estrutura em treliça de madeira, telhas cerâmicas de 1 cm de espessura, com forro de PVC com espessura de 1 cm. Sobre o forro, há uma placa de poliestireno expandido de 1,5 cm de espessura.
pisos	nos dormitórios, sala e circulação é a própria fundação somente com acabamento liso; no banheiro e cozinha, cerâmica
janelas	janelas em ferro pintadas na cor branca, com folhas de correr na sala e dormitórios (estas com veneziana), e basculante na janela do banheiro
portas	externas em ferro e vidro pintadas na cor branca; internas em madeira semi-oca

4.2.1. Resultados obtidos para as habitações do Residencial Zilda Arns

A tabela a seguir (Tabela 12) é um resumo das propriedades térmicas dos fechamentos e componentes da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns calculados conforme norma ABNT (2005c).

Tabela 12 - Resumo com as propriedades térmicas dos fechamentos da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns

Fechamento	Resistência térmica total R_T ($m^2.K$)/W	Transmitância térmica U W/($m^2.K$)	Atraso térmico ϕ (h)	Coefficiente de amortecimento μ / capacidade térmica total C_T^* kJ/($m^2.K$)	Coefficiente de absorção α	Fator de calor solar FS_o (%)
Paredes						
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	0,2414	4,14	2,42	0,7949/210	0,4	6,63
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno (e = 0,11 m)	0,2515	3,98	2,69	0,7748/228,48	0,4	6,37
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno e externo (e = 0,12 m)	0,2616	3,82	3,07	0,7474/246,96	0,2****	3,06
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico externo (e = 0,11 m)	0,2515	3,98	2,78	0,7681/228,48	0,2****	3,18
Portas						
Portas	0,1701	5,88	-	-	-	85,00**
Vidro	0,1730	5,78	-	-	-	85,00**
Caixilho em ferro	0,1701	5,88	0,03	0,9974	0,2****	4,70
Janelas						
Janelas s/venezianas	0,1702	5,88	-	-	-	85,00**
Janelas c/venezianas	0,3322	3,01	0,77	0,9299	0,2****	2,41
Vidro	0,1730	5,78	-	-	-	85,00**

Tabela 12 – continuação

Fechamento	Resistência térmica total R_T ($m^2.K$)/W	Transmitância térmica U W/($m^2.K$)	Atraso térmico φ (h)	Coefficiente de amortecimento μ / capacidade térmica total C_T^* kJ/($m^2.K$)	Coefficiente de absorção α	Fator de calor solar FS_o (%)
Janelas						
Caixilho em ferro	0,1701	5,88	0,03	0,9974	0,2***	4,70
Cobertura						
inverno	0,6250	1,60	1,61	0,8586	0,2	1,28
verão	0,8593	1,16	1,99	0,8279	0,8	3,71
Pisos	0,97	1,03	-	-	-	-

* capacidade térmica C_T apenas para paredes, demais resultados estão demonstrados no Apêndice 1
** valores obtidos de BECKER (1992, p. 23)
*** considerando cor branca

Comparando os resultados obtidos para as propriedades térmicas da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns com o estabelecido pelas normas ABNT (2005c; 2008d), considerando a Zona Bioclimática 2, percebe-se que há algumas propriedades que não satisfazem o valor recomendado.

Para as paredes externas, os valores obtidos para a transmitância térmica U de todas as paredes estão acima do valor recomendado que seria menor ou igual a 3,00 W/($m^2.K$). Já, os valores de atraso térmico φ calculados para as paredes externas estão em conformidade com os estipulados em norma, sendo todos inferiores a 4,3 h. Em relação ao fator de calor solar FS_o , apenas as paredes de concreto com incorporação de ar e paredes de concreto com incorporação de ar mais revestimento cerâmico interno não satisfazem os valores recomendados por norma, cujo limite é de 5,0 %. O parâmetro capacidade térmica total C_T das paredes está de acordo com o recomendado, cujo valor deve ser igual ou superior a 130 kJ/($m^2.K$).

Para a cobertura, o valor da transmitância térmica U está em conformidade com o recomendado, cujo limite é de 2,00 W/($m^2.K$). Os valores obtidos para o atraso térmico φ e fator de calor solar FS_o da cobertura também satisfazem o recomendado em norma, cujos limites seriam 3,3 h e 6,5 %, respectivamente.

Os procedimentos de cálculo e os resultados dos parâmetros térmicos calculados nesse trabalho para avaliar o desempenho higrotérmico das habitações estão apresentados de forma

detalhada no apêndice 1. Em relação aos coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor, GV_i e $GV_{inverno}$, pela habitação-tipo do Residencial Zilda Arns, percebe-se que (conforme pode ser visto na tabela 51, apêndice 1) as paredes externas são o principal elemento responsável pela perda de calor pela edificação representando 51,85 % do total das perdas. Em seguida, a cobertura com 20,41 % das perdas. O coeficiente volumétrico total para esta habitação é igual a $3,3830 \text{ W}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$.

Os resultados quanto à possibilidade de condensação sobre os fechamentos (apresentados na tabela 52, apêndice 1) mostram que há problemas quanto à condensação em todos os fechamentos exceto sobre as aberturas com proteção solar (venezianas) e sobre o forro. Os valores de categoria de inércia coef_{SPE} (conforme tabelas 53 a 56, apêndice 1) encontrados para todas as habitações do Residencial Zilda Arns revelam que elas apresentam inércia térmica média, conforme exposto na tabela 4 do item 2.5.7, visto que apresentam a categoria de inércia coef_{SPE} superior a 1,5 e relação massa/área das paredes inferior a $300 \text{ kg}/\text{m}^2$. Em relação ao parâmetro efusividade térmica dos ambientes ef_{amb} para a habitação-tipo, em que os resultados são apresentados na tabela 57, apêndice 1, dentre os compartimentos calculados, o dormitório 2 foi o que apresentou maior efusividade térmica e a média da efusividade térmica dos ambientes avaliados é de $1.538,83 \text{ (W}\cdot\text{s}^{1/2})/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Portanto, a edificação apresenta inércia térmica forte considerando este parâmetro térmico.

Os resultados dos coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{verão}$ apontam que, para a habitação 1, conforme tabela 58, apêndice 1, os três principais elementos que contribuem com o ganho de calor são a fachada oeste, com 41,20 %, a fachada norte, com 22,76 %, e a cobertura, com um ganho de calor de 22,28 % do total. Essas paredes correspondem aos cômodos sala, cozinha e dormitório 2. Para a habitação 2, conforme tabela 59, apêndice 1, a cobertura é o elemento que mais contribui para o ganho de calor para a edificação, com 28,94 % do total. Em seguida, a fachada sul, com 26,55 %. Essa parede corresponde aos cômodos sala e dormitório 2. Para a habitação 3, conforme tabela 60, apêndice 1, os três principais elementos que contribuem com o ganho de calor são a fachada oeste, com 48,38 %, a fachada leste, com 21,61 %, e a cobertura, com um ganho de calor de 18,78 % do total. Essas paredes correspondem a todos os cômodos da habitação. Para a habitação 4, de acordo com a tabela 61, apêndice 1, a fachada oeste é o principal elemento responsável pelo ganho de calor pela habitação, correspondendo a 37,42 % do ganho total. Após, a fachada leste, com 31,44 %, e a cobertura, com 18,53 %. A parede oeste corresponde ao dormitório 1 e cozinha.

O cálculo da assimetria da radiação térmica ΔT_{rp} também foi realizado para as quatro habitações, visto que a orientação solar interfere neste parâmetro térmico, e os resultados para este parâmetro térmico estão apresentados em tabelas que estão no apêndice 1. Para a habitação 1, considerando a situação de inverno, conforme tabela 62, a parede sul do dormitório 1 satisfaz o critério para esse parâmetro. Para a situação de verão, a parede oeste e a cobertura da sala satisfazem o critério para a assimetria da radiação térmica nos dois pontos selecionados conforme resultados presentes na tabela 63. Para a habitação 2, conforme tabela 64, os valores de assimetria da radiação térmica demonstram que a parede sul do dormitório 2 satisfaz este requisito para a situação de inverno, assim como a parede norte e a cobertura do dormitório 1 para situação de verão conforme mostra a tabela 65. Para a habitação 3, conforme tabela 66, a parede sul da sala satisfaz o requisito para a situação de inverno, assim como a parede oeste e a cobertura do dormitório 2 para situação de verão de acordo com a tabela 67. Para a habitação 4, conforme tabela 68, os resultados quanto à assimetria da radiação térmica demonstram que a parede leste do dormitório 2 satisfaz este requisito para a situação de inverno, assim como a parede oeste e a cobertura do dormitório 1 para situação de verão (Tabela 69).

As taxas área da parede norte \times área total da envolvente vertical, $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, e área da cobertura sul \times área total da cobertura, $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$, foram calculadas para as quatro habitações do Residencial Zilda Arns, conforme orientação solar de cada uma. Os resultados para as habitações 1 e 2 (apresentados nas tabelas 71 e 73 do apêndice 1, respectivamente) apontam que o quesito $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$ é satisfeito por ambas as habitações, porém não satisfazem o quesito $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, visto que a relação entre a área da parede norte e a área da envolvente vertical foi inferior a 0,25. Para as habitações 3 e 4, conforme resultados apresentados respectivamente nas tabelas 75 e 77 do apêndice 1, os resultados indicam que as habitações não satisfazem apenas o quesito $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$, visto que a orientação solar das coberturas são Leste-Oeste.

As análises das condições de ventilação da habitação 1 do Residencial Zilda Arns demonstram que, conforme tabela 78, apêndice 1, os resultados dos fluxos de calor obtidos no cálculo foram negativos, representando que a edificação perde calor com a ventilação. Ainda, as ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são suficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna, estimado em 1.060 W e 200 W, respectivamente. Verifica-se, também, que a ventilação cruzada é eficiente na remoção do maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a Oeste ($Q_{\text{máx}} = 1.427,72$ W), se as aberturas forem mantidas completamente abertas. A energia térmica total requerida para diminuir a

temperaturas das paredes internas da habitação 1 é de 9.475,02 kJ/K, conforme tabela 79, apêndice 1. O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural é de 55 min e satisfaz o recomendado que seria no máximo em 2 horas, de acordo com a tabela 80, apêndice 1.

As análises das condições de ventilação da habitação 2 do Residencial Zilda Arns demonstram que, conforme tabela 81, apêndice 1, a edificação perde calor por meio da ventilação uma vez que os resultados dos fluxos de calor foram negativos. Ainda, as ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são suficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna, estimado em 1.060 W e 200 W, respectivamente. Verifica-se, também, que a ventilação cruzada é eficiente na remoção do maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a Leste ($Q_{\text{máx}} = 634,13 \text{ W}$), se as aberturas forem mantidas completamente abertas. A quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação 2 é a mesma da habitação 1 e é igual a 9.475,02 kJ/K, visto que considera apenas as partições internas e as capacidades térmicas das mesmas que são iguais para todas as habitações. O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural para a habitação 2 também é o mesmo da habitação 1, ou seja, 55 minutos, uma vez que também foram encontrados valores iguais para o fluxo de calor devido a ventilação natural por ação dos ventos para as duas habitações.

As análises das condições de ventilação da habitação 3 do Residencial Zilda Arns demonstram que, conforme tabela 82, apêndice 1, as ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são suficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna, estimado em 1.060 W e 200 W, respectivamente. Além disso, a ventilação cruzada é eficiente na remoção do maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a Oeste ($Q_{\text{máx}} = 873,03 \text{ W}$), se as aberturas forem mantidas completamente abertas. A quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação 3 e o tempo necessário para a diminuição da temperatura das paredes internas em 2,0 °C através do fluxo de ar promovido pela ventilação natural também são os mesmos das habitações anteriores, ou seja, 9.475,02 kJ/K e 55 minutos, respectivamente.

Para a habitação 4, conforme a tabela 83, apêndice 1, as ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são suficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna, estimado em 1.060 W e 200 W, respectivamente. Além disso, a ventilação cruzada é eficiente na remoção do maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a Oeste ($Q_{\text{máx}} = 952,69 \text{ W}$), se as aberturas forem mantidas completamente abertas. A quantidade de

energia térmica necessária e o tempo para diminuição da temperatura em 2,0 °C através do fluxo de ar promovido pela ventilação natural das paredes internas para a habitação 4 também são os mesmos das habitações anteriores, ou seja, 9.475,02 kJ/K e 55 minutos, respectivamente.

A seguir, é apresentado o quadro 5 com um resumo dos resultados encontrados para os parâmetros térmicos para as habitações do Residencial Zilda Arns.

parâmetro térmico	Residencial Zilda Arns			
	habitações			
	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
coeficiente volumétrico global de perda de calor, $GV_{inverno}$, W/(m ³ .K)	3,3830			
condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente $t_{si} \times t_{orvalho}$	exceto sobre venezianas e forro			
assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}	coberturas e paredes satisfaz critério			
coeficiente volumétrico global de ganho de calor $GV_{verão}$, W/(m ³ .K)	9,2455	7,1182	10,9691	11,1136
coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia $coef_{SPE}$	2,24	2,21	2,38	1,95
efusividade térmica média do ambiente ef_{amb} , (W.s ^{1/2})/(m ² .K)	1.538,83			
área da cobertura Sul ou Sudeste \times área total da cobertura $coef_{coberturaS}$	0,50 (satisfaz)	0,50 (satisfaz)	0,00 (não satisfaz)	0,00 (não satisfaz)
área da parede Norte ou Nordeste \times área total da cobertura $coef_{paredeN}$	0,24 (não satisfaz)	0,24 (não satisfaz)	0,26 (satisfaz)	0,26 (satisfaz)

Quadro 5 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para as habitações do Residencial Zilda Arns

4.3. Residencial Cipriano da Rocha

O Residencial Cipriano da Rocha localiza-se na região oeste da cidade de Santa Maria e apresenta habitações do tipo geminadas. É um conjunto habitacional recente, apresentando quatro anos. Neste residencial, foi selecionada para o estudo, a mesma habitação-tipo, porém em quatro orientações solares diferentes: Norte, Sul, Leste e Oeste. A figura 14 apresenta a vista aérea do loteamento. As habitações selecionadas para avaliação são térreas, geminadas e apresentam uma área total de 35,05 m². São constituídas por dois dormitórios, sala e cozinha integradas, circulação, banheiro e área de serviço externa, conforme figura 15.



Figura 14 - Vista aérea do Residencial Cipriano da Rocha e habitações selecionadas

Fonte: adaptado de GOOGLE EARTH (2012)

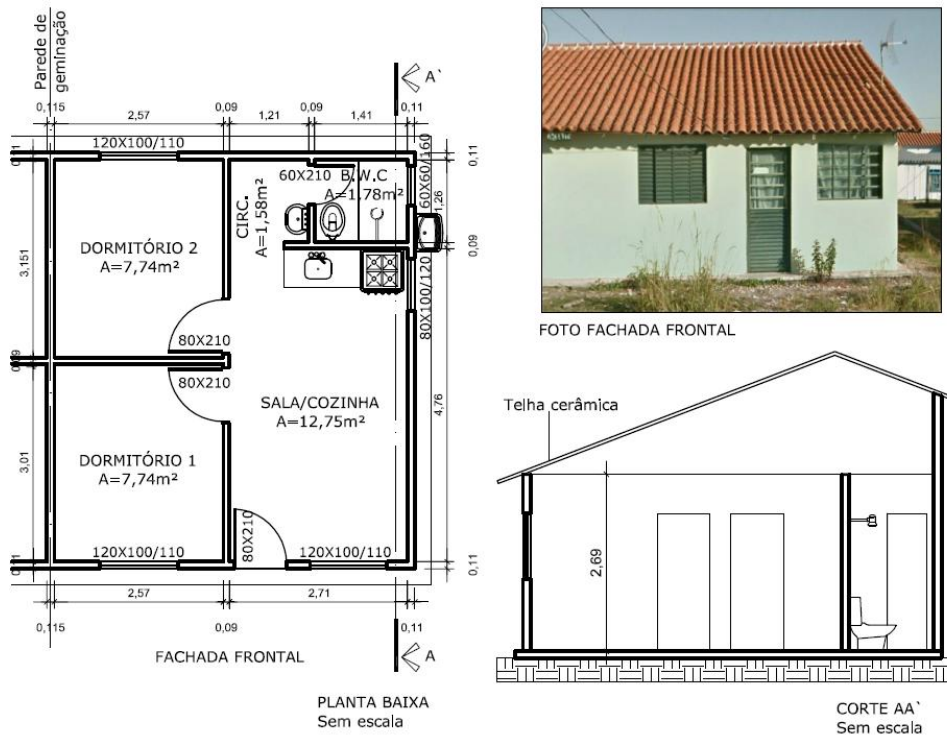


Figura 15 - Planta baixa, corte e foto da fachada frontal da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha

Como alguns parâmetros térmicos que serão calculados dependem da orientação solar das edificações, convencionou-se distingui-las da seguinte maneira:

- habitação 1: fachada frontal orientada a Norte
- habitação 2: fachada frontal orientada a Sul
- habitação 3: fachada frontal orientada a Oeste
- habitação 4: fachada frontal orientada a Leste

As áreas dos compartimentos, áreas e características das aberturas da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha estão apresentadas na tabela 13.

Tabela 13 - Áreas dos compartimentos, áreas e características de aberturas da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha

Cômodo	Área (m ²)	Área das aberturas (m ²)		Características das aberturas
		nominal – útil*	% piso	
sala/cozinha	12,75	J _{sala} – 1,20 – 0,60 J _{cozinha} – 0,80 – 0,23**	6,51	janela da sala em chapa de ferro com quatro folhas, duas de correr, sem proteção solar, janela da cozinha tipo basculante de chapa de ferro, porta de ferro e vidro
		PE – 1,68	-	
dormitório 1	7,74	J – 1,20 – 0,60	7,75	janela em chapa de ferro com quatro folhas, duas de correr, com veneziana de quatro folhas, duas de correr, porta interna em madeira semioca
		PI – 1,68	-	
dormitório 2	7,74	J – 1,20 – 0,60	7,75	janela em chapa de ferro com quatro folhas, duas de correr, com veneziana de quatro folhas, duas de correr, porta interna em madeira semioca
		PI – 1,68	-	
banheiro	1,78	J – 0,36 – 0,11**	6,18	janela de chapa de ferro tipo basculante, sem proteção solar, porta interna em madeira semioca
		P – 1,68	-	
circulação	1,58	-	-	-

* as percentagens das aberturas foram calculadas a partir das áreas úteis para ventilação (50% da área nominal)
 ** as áreas úteis das janelas tipo basculantes foram calculadas a partir da expressão $A_{\text{útil}} = A_{\text{nominal}} \times (1 - \cos 45^\circ)$
 J, PE e PI significam, respectivamente, janela, porta externa e porta interna

As áreas dos fechamentos e partições opacos verticais e horizontais da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha estão apresentadas na tabela 14.

Tabela 14 - Área dos fechamentos e partições opacos verticais e horizontais da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha

Fechamentos ou partições	Área (m²)
Paredes externas	
alvenaria de tijolos cerâmicos 6 furos + argamassa de revestimento externa (e = 0,11 m)	47,67
alvenaria de tijolos cerâmicos 6 furos + argamassa de revestimento interna e externa (e = 0,125 m)	5,47
total alvenarias externas	53,14
Paredes internas	
alvenaria de tijolos cerâmicos 6 furos sem argamassa de revestimento (e = 0,09 m)	24,28
alvenaria de tijolos cerâmicos 6 furos sem argamassa de revestimento (e = 0,115 m)*	23,40
alvenaria de tijolos cerâmicos 6 furos com argamassa de revestimento em uma face (e = 0,105 m)	3,92
total alvenarias internas	51,60
Portas externas	
porta sala (0,80 m × 2,10 m)	1,68
total portas externas	1,68
Portas internas	
porta dormitório 1 (0,80 m × 2,10 m)	1,68
porta dormitório 2 (0,80 m × 2,10 m)	1,68
porta banheiro (0,60 m × 2,10 m)	1,26
total portas internas	4,62
Cobertura (limitado pelo perímetro interno das paredes, em verdadeira grandeza)	
água da cobertura voltada para a frente da habitação**	26,58
água da cobertura voltada para os fundos da habitação**	8,65
total cobertura	35,23
Pisos (área dos cômodos limitada pelo perímetro interno das paredes)	
concreto alisado	31,59
total pisos	31,59
Volume interno da edificação = 123,80 m³	
* considerou-se a parede de geminação como partição interna	
**deu-se esta identificação, pois se trata de uma habitação-tipo, ou seja, não se está considerando a orientação solar	

As características dos materiais e componentes da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha estão apresentadas na tabela 15.

Tabela 15 - Características dos materiais e componentes da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha

Materiais e componentes	Características
fundações	placa de concreto armado (e = 9 cm) executada sobre camada de brita de 3cm
paredes	paredes externas: tijolos cerâmicos com 6 furos, com dimensões de 9×19×24 cm, com face lisa aparente, com argamassa de revestimento externa de 2 cm pintada na cor verde clara. A parede externa do box do banheiro apresenta argamassa de revestimento interna de 1,5 cm paredes internas: tijolos cerâmicos com 6 furos, com dimensão de 9×19×24 cm, com face lisa aparente, sem argamassa de revestimento. A parede interna do box do banheiro apresenta argamassa de revestimento com espessura de 1,5 cm; há também argamassa de revestimento numa faixa de 1 m de altura sobre o lavatório e a pia da cozinha parede de geminação: tijolos cerâmicos com 6 furos, com dimensões de 11,5×19×24 cm, com face lisa aparente, sem argamassa de revestimento
cobertura	estrutura em treliça de madeira, telhas cerâmicas de 1 cm de espessura, sem forro
pisos	própria fundação alisada
janelas	janelas em ferro pintadas na cor chumbo, com folhas de correr na sala e dormitórios (estas com veneziana), e basculante nas janelas da cozinha e banheiro
portas	externas em ferro e vidro pintadas na cor chumbo; internas em madeira semioca

4.3.1. Resultados obtidos para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha

A tabela 16 refere-se a um resumo das propriedades térmicas dos fechamentos e componentes da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha calculados conforme norma ABNT (2005c). Comparando os resultados das propriedades térmicas obtidos para a habitação do Residencial Cipriano da Rocha com o estabelecido pelas normas ABNT (2005c; 2008d), considerando a Zona Bioclimática 2, percebe-se que alguns valores encontrados não satisfazem o estabelecido em norma.

Em relação às paredes externas, os parâmetros térmicos transmitância térmica U, fator de calor solar FS_0 e atraso térmico ϕ estão em conformidade com a ABNT (2005c), cujos limites seriam 3,00 W/(m².K), 5,0 % e 4,3 h, respectivamente. O parâmetro capacidade térmica C_T para paredes externas não está em acordo com o recomendado pela ABNT (2008d), cujo valor deve ser igual ou superior a 130 kJ/(m².K).

Para a cobertura, os parâmetros térmicos transmitância térmica U e fator de calor solar FS_o não satisfazem a norma ABNT (2005c), cujos limites seriam 2,00 W/(m².K) e 6,5 %. O atraso térmico da cobertura satisfaz a norma, sendo inferior a 3,3 h.

Tabela 16 - Resumo das propriedades térmicas dos fechamentos da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha

Fechamento	Resistência térmica total R_T (m².K)/W	Transmitância térmica U W/(m².K)	Atraso térmico ϕ (h)	coeficiente de amortecimento μ / capacidade térmica total C_T^* kJ/(m².K)	Coefficiente de absorção α	Fator de calor solar FS_o (%)
Paredes						
tijolo + reboco						
externo (e = 0,11 m)	0,3971	2,52	2,45	0,7912/94,14	0,40	4,03
tijolo + reboco						
interno e externo (e = 0,125 m)	0,4151	2,41	3,02	0,7511/128,27	0,40	3,86
Portas						
Portas	0,1701	5,88	-	-	-	85,00**
Vidro	0,1730	5,78			-	85,00**
Caixilhos em ferro	0,1701	5,88	0,03	0,9974	0,70***	16,46
Janelas						
Janelas s/venezianas	0,1703	5,87	-	-	-	85,00**
Janelas c/venezianas	0,3324	3,01	0,73	0,9333	0,70***	8,43
Vidro	0,1730	5,78	-	-	-	85,00**
Caixilhos em ferro	0,1701	5,88	0,03	0,9974	0,70***	16,46
Cobertura						
inverno	0,1543	6,48	0,26	0,9758	0,80	20,74
verão	0,2243	4,46	0,26	0,9758	0,80	14,27
Pisos	1,00	1,00	-	-	-	-

* capacidade térmica C_T apenas para paredes, demais resultados estão demonstrados no Apêndice 1
 ** valores obtidos de BECKER (1992, p. 23)
 *** considerando cor escura

Os procedimentos de cálculo e os resultados dos parâmetros térmicos adotados nesse trabalho para avaliar o desempenho higrotérmicos das habitações estão apresentados, de forma detalhada, no apêndice 1. Os resultados dos coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor, GV_i e GV_{inverno} , para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha estão na tabela 84, apêndice 1, e mostram que a cobertura é o principal elemento responsável pela perda de calor pela edificação representando 50,17 % do total. Em seguida, as paredes em tijolos, contribuindo com 29,30 % da perda de calor. Para a habitação-tipo desse residencial há problemas quanto à condensação em todos os fechamentos exceto sobre as paredes e as aberturas com proteção solar (venezianas) conforme resultados presentes na tabela 85, apêndice 1.

Os valores de categoria de inércia coef_{SPE} (conforme tabelas 86 a 89 do apêndice 1) encontrados para todas as habitações revelam que elas apresentam inércia térmica média, conforme exposto na tabela 4 do item 2.5.7, visto que apresentam a categoria de inércia coef_{SPE} superior a 1,5 e relação massa/área das paredes inferior a 300 kg/m^2 . Em relação ao parâmetro efusividade térmica dos ambientes ef_{amb} para a habitação-tipo, em que os resultados são apresentados na tabela 90, apêndice 1, dentre os compartimentos calculados, a sala/cozinha foi o que apresentou maior efusividade térmica e a média da efusividade térmica dos ambientes avaliados é de $1.117,32 \text{ (W.s}^{1/2}\text{)/(m}^2\text{.K)}$. Assim, a inércia térmica da edificação é considerada como forte para este parâmetro térmico.

Os resultados dos coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor, GV_i e $GV_{\text{verão}}$, apontam que, para a habitação 1, conforme tabela 91, apêndice 1, a cobertura é o principal elemento responsável pelo ganho de calor pela edificação, contribuindo com 64,49 % do ganho total. Em seguida, a fachada oeste, com 21,90 %. Essa fachada corresponde aos cômodos sala/cozinha e banheiro. Para a habitação 2, conforme tabela 92, apêndice 1, a cobertura também é o principal elemento responsável pelo ganho de calor, contribuindo com 71,92 % do ganho total. Em seguida a fachada leste, com 13,15 %. Essa fachada corresponde à sala/cozinha e banheiro. Para a habitação 3, conforme tabela 93, apêndice 1, os principais elementos responsáveis pelo ganho de calor pela edificação são a cobertura e a parede oeste, com 65,75 % e 18,75 %, respectivamente. Essa parede corresponde aos cômodos dormitório 1 e sala/cozinha. Para a habitação 4, de acordo com a tabela 94, apêndice 1, a cobertura também é o principal elemento responsável pelo ganho de calor, contribuindo com 63,31 % do ganho total. Em seguida, a fachada oeste, com 16,75 %. Essa parede corresponde ao dormitório 2 e banheiro.

O cálculo da assimetria da radiação térmica ΔT_{rp} também foi realizado para as quatro habitações, visto que a orientação solar interfere neste parâmetro térmico e está apresentado em forma de tabelas presentes no apêndice 1. Para a habitação 1, situação de inverno, conforme resultados expostos na tabela 95, a parede sul do dormitório 2 satisfaz o requisito. Já, para a situação de verão, conforme tabela 96, a parede oeste da sala satisfaz o requisito enquanto que a cobertura deste cômodo não satisfaz o valor máximo recomendado. Para a habitação 2, conforme resultados presentes nas tabelas 97 e 98, o único ponto que não satisfaz o requisito para a assimetria da radiação térmica é o localizado para a cobertura do dormitório 2 na situação de verão. Para a habitação 3, na situação de verão, conforme tabela 99, avaliou-se a parede da sala orientada a Sul, que satisfaz o recomendado quanto à assimetria da radiação térmica. Para a situação de inverno, conforme tabela 100, a parede oeste do dormitório 1 satisfaz este requisito, enquanto que a cobertura deste mesmo cômodo não. Para a habitação 4, na situação de inverno, conforme tabela 101, a parede leste do dormitório 1 satisfaz o recomendado. Para a situação de inverno, conforme tabela 102, a parede oeste do dormitório 2 satisfaz o recomendado, enquanto que a cobertura deste cômodo não satisfaz.

As taxas área da parede norte \times área total da envolvente vertical, $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, e área da cobertura sul \times área total da cobertura, $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$, foram calculadas para as quatro habitações do Residencial Cipriano da Rocha, conforme orientação solar de cada uma. A habitação 1, conforme tabela 104, apêndice 1, não satisfaz os quesitos $\text{coef}_{\text{paredeN}}$ e $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$, visto que a relação entre a área da parede norte e a área da envolvente vertical foi inferior a 0,25 e a relação entre a área da cobertura sul e a área total da cobertura foi inferior a 0,50. A habitação 2, conforme tabela 106, apêndice 1, satisfaz os quesitos para $\text{coef}_{\text{paredeN}}$ e $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$. As habitações 3 e 4, de acordo com as tabelas 108 e 110, apêndice 1, respectivamente, satisfazem apenas o requisito $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, visto que a relação entre a área da cobertura voltada a Sul e a área total da cobertura foi inferior a 0,50.

As análises quanto às condições de ventilação para a habitação 1 do Residencial Cipriano da Rocha, demonstram que, conforme tabela 111, apêndice 1, os fluxos de calor obtidos no cálculo foram negativos, representando que a edificação perde calor com a ventilação. As ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são suficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna, estimado em 1.060 W e 200 W, respectivamente. Verifica-se, também, que a ventilação cruzada é eficiente na remoção do maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a Oeste ($Q_{\text{máx}} = 1.986,35$ W), se as aberturas forem mantidas completamente abertas. A quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação 1, conforme tabela 112, apêndice

1, é de 2.561,15 kJ/K. O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural, apresentado na tabela 113, apêndice 1, corresponde a 19 minutos, valor abaixo do estabelecido.

Para a habitação 2, conforme resultados apresentados na tabela 114, apêndice 1, as ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são eficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna. Ainda, a ventilação cruzada remove o maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a norte ($Q_{\text{máx}} = 866,93 \text{ W}$), se as aberturas forem mantidas completamente abertas. A quantidade de energia térmica e o tempo necessário para diminuição da temperatura em 2,0 °C através da ventilação natural das paredes internas são iguais aos da habitação anterior, ou seja, 2.561,15 kJ/K e 19 minutos, respectivamente, pois as condições são as mesmas.

As análises quanto às condições de ventilação para a habitação 3 do Residencial Cipriano da Rocha, demonstram que, conforme tabela 115, apêndice 1, o fluxo de ar, tanto pela ação dos ventos, quanto por diferença de temperatura, é capaz de remover o calor decorrente da ocupação interna. Ainda, a ventilação cruzada remove o maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a oeste ($Q_{\text{máx}} = 962,10 \text{ W}$), com as aberturas completamente abertas. A quantidade de energia térmica requerida para diminuição da temperatura através da ventilação natural é a mesma das habitações anteriores, ou seja, 2.561,15 kJ/K, já que as paredes internas são as mesmas. O tempo necessário para redução da temperatura das paredes internas em 2,0 °C é de 14 minutos, conforme tabela 116, apêndice 1.

Para a habitação 4, conforme resultados presentes na tabela 117, apêndice 1, os fluxos de calor obtidos no cálculo foram negativos, representando que a edificação perde calor com a ventilação. As ventilações cruzadas e por diferença de temperatura são suficientes para remover o calor decorrente da ocupação interna, estimado em 1.060 W e 200 W, respectivamente. Verifica-se, também, que a ventilação cruzada é eficiente na remoção do maior fluxo máximo de calor, $Q_{\text{máx}}$, que atravessa a parede voltada a Oeste ($Q_{\text{máx}} = 1.810,67 \text{ W}$), se as aberturas forem mantidas completamente abertas. A quantidade de energia térmica necessária e o tempo para diminuição da temperatura em 2,0 °C através do fluxo de ar promovido pela ventilação natural das paredes internas para a habitação 4 são os mesmos da habitação 3, ou seja, 2.561,15 kJ/K e 14 minutos, respectivamente.

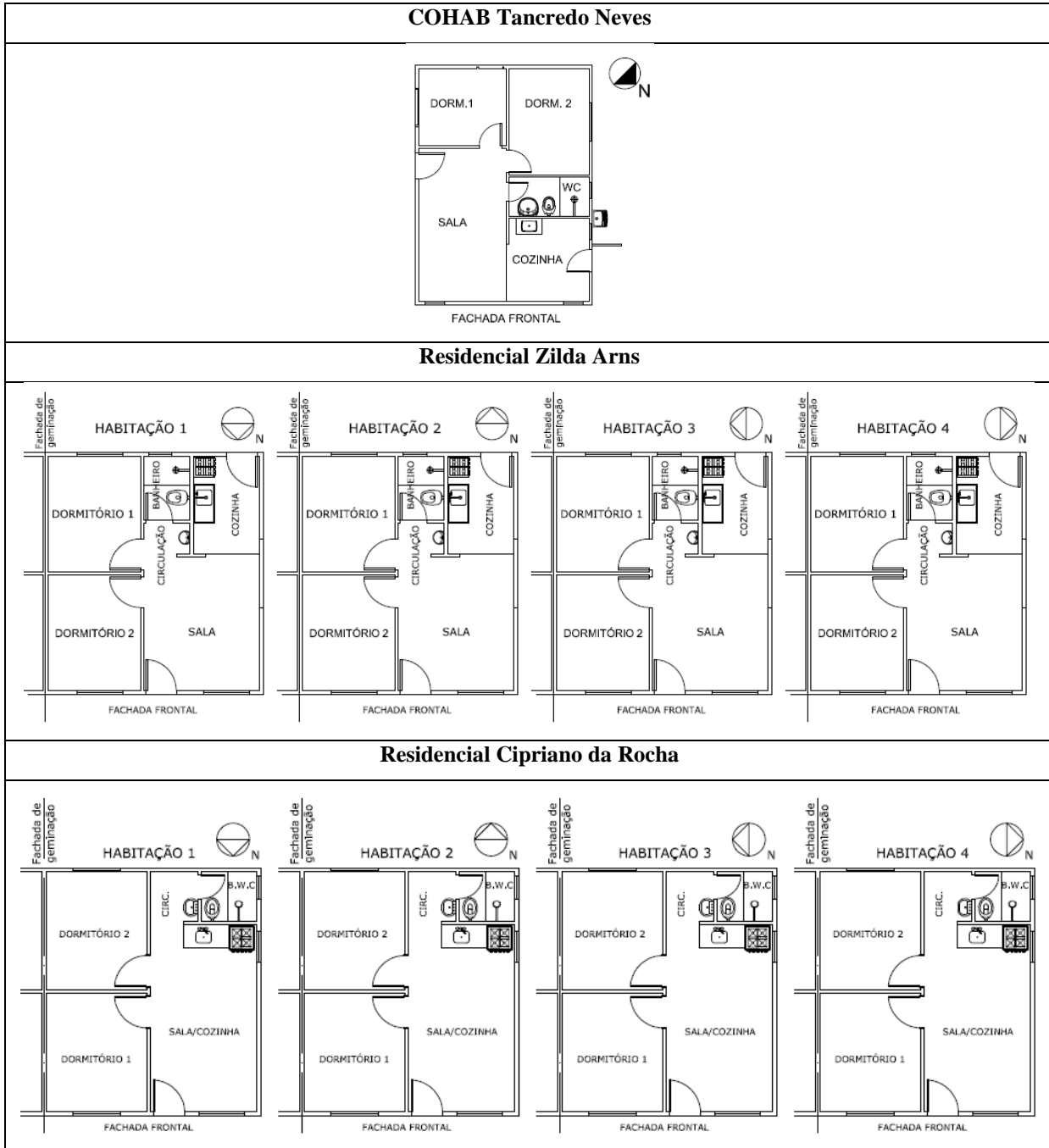
A seguir, é apresentado o quadro 6 com os resultados dos parâmetros térmicos encontrados para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha.

parâmetro térmico	Residencial Cipriano da Rocha			
	habitações			
	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno} , $W/(m^3.K)$	3,6752			
condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente $t_{si} \times t_{\text{orvalho}}$	exceto sobre venezianas e paredes			
assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}	coberturas não satisfazem critério			
coeficiente volumétrico global de ganho de calor $GV_{\text{verão}}$, $W/(m^3.K)$	21,0537	18,8804	20,6498	21,4465
coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia $coef_{SPE}$	2,05	1,86	2,08	1,66
efusividade térmica média do ambiente ef_{amb} , $(W.s^{1/2})/(m^2.K)$	1.117,32			
área da cobertura Sul ou Sudeste \times área total da cobertura $coef_{coberturaS}$	0,25 (não satisfaz)	0,75 (satisfaz)	0,00 (não satisfaz)	0,00 (não satisfaz)
área da parede Norte ou Nordeste \times área total da cobertura $coef_{paredeN}$	0,18 (não satisfaz)	0,26 (satisfaz)	0,28 (satisfaz)	0,28 (satisfaz)

Quadro 6 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos encontrados para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha

4.4. Resultados e discussão

Este item tem por objetivo discutir os resultados obtidos com a aplicação dos parâmetros térmicos. Para facilitar a compreensão dos resultados, apresenta-se o quadro 7 com as plantas baixas das habitações avaliadas e as suas respectivas orientações solares.



Quadro 7 - Plantas baixas das habitações avaliadas

As tabelas a seguir (Tabelas 17 a 23) apresentam os resultados finais para cada parâmetro térmico calculado para as habitações em estudo. Os procedimentos de cálculo e os resultados completos obtidos para cada parâmetro térmico estão apresentados de maneira detalhada no apêndice 1 deste trabalho.

A tabela 17 apresenta os resultados obtidos quanto ao coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno} , para todas as habitações avaliadas.

Tabela 17 - Resultados obtidos quanto ao coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno} , para todas as habitações avaliadas

parâmetro térmico	habitação COHAB T. Neves	Residencial Zilda Arns				Residencial Cipriano da Rocha			
		habitações				habitações			
		1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
GV_{inverno} W/(m ³ .K)	4,7295	3,3830				3,6752			

De acordo com os resultados obtidos para os coeficientes volumétricos globais de perda de calor GV_{inverno} para as três tipologias habitacionais, a que apresenta melhor desempenho é a do Residencial Zilda Arns. Resultado esperado, considerando que esta habitação é melhorada em relação as demais. É uma edificação geminada, apresentando apenas três fachadas expostas ao meio externo, o que reduz a superfície da envoltória suscetível às maiores trocas térmicas e, conseqüentemente, às perdas de calor. Outro fator determinante para o melhor desempenho desta habitação entre as demais é alta resistência térmica da cobertura, mesmo sendo ventilada, que dificulta a transferência de calor entre o meio interno e externo e, por fim, as perdas térmicas pela edificação. O ideal, em relação à ventilação da cobertura, é que houvesse algum dispositivo que permitisse o seu controle, já que no inverno não é desejável que haja ventilação da cobertura, pois não há o interesse em liberar o seu calor.

Apesar de a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha apresentar paredes externas com menor transmitância térmica entre as demais analisadas, ou seja, é mais resistente à transferência de calor entre os meios, esta habitação apresenta maior área de fechamento externo, em relação à habitação-tipo do Residencial Zilda Arns, mesmo considerando a parede de geminação como partição interna, já que não possui nenhum tipo de forro que isole a cobertura do meio interno, resultando em maiores áreas expostas ao meio externo e às perdas de calor. Ainda, o desempenho desta habitação é prejudicado nos quesitos infiltração de ar, principalmente através da cobertura, e pela sua alta transmitância térmica, elemento que contribui significativamente para o acréscimo das perdas térmicas para esta edificação, já que a cobertura é muito frágil termicamente, por ser constituída apenas de telhas cerâmicas. Assim, o desempenho quanto às perdas térmicas desta habitação poderia ser melhorado somente adicionando mais camadas à cobertura, como, por exemplo, forro de PVC

e camada de poliestireno expandido, tornando-a mais resistente termicamente e diminuindo a infiltração de ar através deste fechamento.

A habitação da COHAB Tancredo Neves apresentou desempenho inferior às demais para o coeficiente volumétrico global de perda de calor GV_{inverno} . Foram dois fatores que mais contribuíram para este desempenho: a alta transmitância térmica das paredes externas e a maior área de fechamentos em contato com o meio externo. Esta habitação é isolada no lote e, por isso, apresenta maior área de superfície exposta, contribuindo para as maiores perdas de calor, já que estima-se que, durante o inverno, as temperaturas internas são mais elevadas em relação às externas. Uma das formas de reduzir as perdas térmicas através da sua envolvente é reduzir a transmitância térmica das paredes externas, aumentando, por exemplo, a espessura, o que também colaboraria para adequar o valor desta propriedade térmica ao recomendado em norma pela ABNT (2005c) que seria no máximo $3,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Os resultados quanto à condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente, $t_{\text{si}} \times t_{\text{orvalho}}$, para todas as habitações avaliadas estão apresentados na tabela 18.

Tabela 18 - Resultados obtidos quanto à condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente, $t_{\text{si}} \times t_{\text{orvalho}}$, para as habitações avaliadas

parâmetro térmico	habitação COHAB T. Neves	Residencial Zilda Arns				Residencial Cipriano da Rocha			
		habitações				habitações			
		1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
$t_{\text{si}} \times t_{\text{orvalho}}$	exceto sobre venezianas e forro	exceto sobre venezianas e forro				exceto sobre venezianas e paredes			

A habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha apresenta menores problemas dentre todas para a condensação superficial sobre fechamentos. Há a ocorrência de condensação em todos os fechamentos exceto sobre as janelas com venezianas e paredes. Para as outras habitações, as superfícies em que não ocorre este fenômeno são sobre o forro e janelas com proteção solar. A ocorrência de condensação é um fator relacionado diretamente com a transmitância térmica do fechamento, isto é, quanto maior for esta propriedade térmica, maior a probabilidade de ocorrer condensação. Assim, o uso de fechamentos com uma

transmitância térmica menor evita o surgimento de condensação e previne os possíveis danos causados à saúde com o surgimento de mofo, bolor ou umidade e a proliferação de microorganismos que se desenvolvem nestes meios e que são tão nocivos ao bem-estar dos moradores.

Os resultados quanto à assimetria da radiação térmica, ΔT_{rp} , para todas as habitações avaliadas estão apresentados na tabela 19.

Tabela 19 - Resultados obtidos quanto à assimetria da radiação térmica, ΔT_{rp} , para as habitações avaliadas

parâmetro	habitação	Residencial Zilda Arns				Residencial Cipriano da Rocha			
		habitações				habitações			
		1	2	3	4	1	2	3	4
térmico	COHAB T. Neves	(N)	(S)	(O)	(L)	(N)	(S)	(O)	(L)
ΔT_{rp}	cobertura não satisfaz critério	coberturas e paredes satisfazem critério				coberturas não satisfazem critério			

Quanto à assimetria da radiação térmica, os resultados foram muito semelhantes para as habitações estudadas. As paredes avaliadas de todas as habitações satisfazem o valor recomendado para a situação de verão e inverno. Comparando o desempenho entre as habitações do Residencial Zilda Arns, considerando as paredes na situação de verão, percebe-se que a maior variação entre as temperaturas radiantes planas em cada face do elemento plano ocorre quando a parede analisada é Oeste, conforme resultados detalhados presentes no apêndice 1. Fato esperado, já que a temperatura máxima superficial t_{simax} para fechamentos opacos, um dos requisitos que determinam as temperaturas radiantes planas, é maior quando as superfícies apresentam esta orientação solar, considerada desfavorável devido à alta incidência da insolação, favorecendo o acréscimo da temperatura interna dos fechamentos. Os resultados para as paredes na situação de inverno (apresentados no apêndice 1) não apresentaram diferenças significativas de valor, mesmo havendo uma variação na orientação solar da parede analisada, pois o cálculo da temperatura superficial interna do fechamento para esta situação não considera esta característica e o resultado é igual para todas as habitações, modificando apenas o fator de forma correspondente à superfície analisada. Para

as habitações do Residencial Cipriano da Rocha encontrou-se esta mesma relação entre os resultados das paredes avaliadas, tanto para a situação de verão, quanto de inverno.

Em relação ao desempenho quanto à assimetria da radiação térmica para a cobertura para a situação de verão, apenas as coberturas das habitações do Residencial Zilda Arns estão de acordo com o indicado. A sua menor transmitância térmica é um fator que contribui para este resultado, já que apresentam uma camada de 1,5 cm de poliestireno expandido que possibilita o aumento da resistência térmica deste fechamento e diminui a temperatura radiante plana da cobertura. Utilizar o poliestireno expandido favorece o acréscimo da resistência térmica da cobertura e pode ser uma solução eficaz para melhorar o desempenho térmico deste fechamento, uma vez que não requer muitos custos para implantação e é de fácil execução.

Os resultados para o coeficiente volumétrico global de ganho de calor, $GV_{\text{verão}}$, para todas as habitações avaliadas estão apresentados na tabela 20. Os resultados parciais encontram-se detalhadamente no apêndice 1 desse trabalho.

Tabela 20 - Resultados obtidos para o coeficiente global de ganho de calor, $GV_{\text{verão}}$, para todas as habitações avaliadas

parâmetro térmico	habitação COHAB T. Neves	Residencial Zilda Arns				Residencial Cipriano da Rocha			
		habitações				habitações			
		1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
$GV_{\text{verão}}$ W/(m ³ .K)	19,6159	9,2455	7,1182	10,9691	11,1136	21,0537	18,8804	20,6498	21,4465

Para o coeficiente volumétrico global de ganho de calor, $GV_{\text{verão}}$, no geral, para as habitações avaliadas, as maiores contribuições advêm das coberturas. Resultado esperado, considerando a importância deste fechamento quanto aos ganhos de calor principalmente para edificações térreas, em que a cobertura apresenta uma área significativa em relação à envoltória da edificação e, portanto, torna-se mais vulnerável à incidência solar.

A exceção está para as habitações 1, 3 e 4 do Residencial Zilda Arns, cujo elemento mais suscetível aos ganhos térmicos são as fachadas orientadas a Oeste. O fator que contribui para este resultado é a maior resistência térmica das coberturas e a sua possibilidade de

ventilação que contribui para retirar o acúmulo de calor destes fechamentos e evitar que haja transferência para o ambiente interno, o que causaria maior desconforto aos moradores. Esses fatores foram os responsáveis por as habitações desse conjunto habitacional apresentarem o menor valor de fluxo de calor para as coberturas dentre as demais habitações avaliadas. A habitação 2, diferente das outras deste mesmo residencial, apresenta a cobertura como maior contribuição aos ganhos térmicos, um vez que a fachada oeste é a fachada de geminação, e portanto, foi considerada, para o cálculo, como partição interna.

Considerando os valores obtidos quanto ao coeficiente volumétrico global de ganho de calor, $GV_{\text{verão}}$, percebe-se que as habitações do Residencial Cipriano da Rocha apresentam desempenho inferior para este parâmetro térmico. Em seguida, a habitação da COHAB Tancredo Neves e, por fim, as habitações do Residencial Zilda Arns. Este resultado corrobora com as fragilidades existentes nos fechamentos das habitações do Residencial Cipriano da Rocha, principalmente considerando a cobertura, que apresenta uma resistência térmica inferior às demais. A habitação da COHAB Tancredo Neves apresentou desempenho superior às do Residencial Cipriano da Rocha mesmo apresentando maior área de paredes externas com transmitância térmica superior, o que contribui para maiores ganhos térmicos. Porém, a sua cobertura, mais resistente termicamente que as coberturas das habitações do Residencial Cipriano da Rocha, é menos suscetível aos ganhos de calor. Como visto anteriormente, as habitações do Residencial Zilda Arns apresentam um diferencial em relação às demais, principalmente no quesito cobertura, o que contribui para estas habitações apresentarem o melhor desempenho entre todas analisadas.

Os ganhos térmicos pelas habitações poderiam ser minimizados por meio de algumas medidas, como utilizar telhas com um coeficiente de absorção menor, diminuir a transmitância térmica da cobertura através do acréscimo de camadas mais resistentes ou aumento das suas espessuras e possibilitar uma ventilação controlada da mesma para que seja ventilada apenas durante o verão.

Comparando os resultados para as habitações do Residencial Zilda Arns e Residencial Cipriano da Rocha conforme as diferentes orientações solares, percebe-se que a habitação 4 (fachada frontal a Leste) de ambos os conjuntos apresentam maior ganho de calor em relação às demais. Este resultado pode ser devido a estas habitações não apresentarem fachada externa orientada a sul, pois é a orientação solar que menos contribui para os ganhos térmicos.

Ao analisar os resultados para as habitações 1 e 2 do Residencial Cipriano da Rocha, que apresentam coberturas com águas de diferente dimensões, percebe-se que, quando a maior água da cobertura está voltada a Sul, há uma maior participação da cobertura no ganho

de calor da habitação, contrariando o que é estimado pelo parâmetro térmico $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$. Para o cálculo do fluxo de calor através da cobertura, considerou-se este fechamento como um elemento horizontal, isto é, não há interferência da orientação solar. Por este motivo, todas as habitações de um mesmo conjunto habitacional apresentam o mesmo valor de fluxo de calor pelas coberturas.

Os resultados para o coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para todas as habitações avaliadas estão apresentados na tabela 21.

Tabela 21 - Resultados obtidos para o coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para todas as habitações avaliadas

parâmetro térmico	habitação COHAB T. Neves	Residencial Zilda Arns				Residencial Cipriano da Rocha			
		habitações				habitações			
		1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
coef_{SPE}	1,77	2,24	2,21	2,38	1,95	2,05	1,86	2,08	1,66

Os resultados apontam inércia térmica média para todas as habitações analisadas. As habitações dos residenciais Zilda Arns e Cipriano da Rocha possuem maior valor de inércia térmica em relação à habitação da COHAB Tancredo Neves porque foram consideradas as paredes de geminação como partição interna, contribuindo para elevar a massa térmica das habitações. Entre as habitações do Residencial Zilda Arns a que possui maior inércia térmica é a habitação 3 (fachada frontal a Oeste), pois o fechamento externo protegido da radiação solar apresenta maior área superficial. Da mesma forma, a habitação do Residencial Cipriano da Rocha com maior inércia térmica é a habitação 3 (fachada frontal a Oeste), por contar com maior área de fechamento externo voltado para o Sul.

A tabela 22 apresenta os resultados obtidos para o parâmetro efusividade térmica média do ambiente, ef_{amb} , para todas as habitações avaliadas.

Tabela 22 - Resultados obtidos quanto à efusividade térmica média do ambiente, ef_{amb} , para as habitações avaliadas

parâmetro térmico	habitação COHAB T. Neves	Residencial Zilda Arns				Residencial Cipriano da Rocha			
		habitações				habitações			
		1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
ef_{amb} ($W.s^{1/2}$)/($m^2.K$)	1.735,04	1.538,83				1.117,32			

Os valores encontrados para o parâmetro efusividade térmica média do ambiente, ef_{amb} , apontam inércia térmica forte para todas as habitações. Para Liman e Allard (apud GOULART, 2004, p. 53) uma efusividade térmica média, $ef_{média}$, de 300 ($W.s^{1/2}$)/($m^2.K$) refere-se a uma inércia térmica leve, enquanto que valores próximos a 1.500 ($W.s^{1/2}$)/($m^2.K$) refletem uma edificação com inércia térmica forte.

A tabela 23 apresenta os resultados quanto às taxas da envolvente das habitações, $coef_{coberturaS}$ e $coef_{paredeN}$, para todas as habitações avaliadas.

Tabela 23 - Resultados obtidos quanto às taxas da envolvente das habitações, $coef_{coberturaS}$ e $coef_{paredeN}$, para as habitações avaliadas

parâmetro térmico	habitação COHAB T. Neves	Residencial Zilda Arns				Residencial Cipriano da Rocha			
		habitações				habitações			
		1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
$coef_{coberturaS}$	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,25	0,75	0,00	0,00
$coef_{paredeN}$	0,21	0,24	0,24	0,26	0,26	0,18	0,26	0,28	0,28

A relação área da parede norte ou nordeste \times área total da envolvente vertical, $coef_{paredeN}$, satisfaz o recomendado para as habitações 3 e 4 do Residencial Zilda Arns e 2, 3 e 4 do Residencial Cipriano da Rocha. A relação área da cobertura sul ou sudeste \times área total da cobertura, $coef_{coberturaS}$, satisfaz o recomendado para as habitações 1 e 2 do Residencial Zilda Arns, habitação da COHAB Tancredo Neves e habitação 2 do Residencial Cipriano da Rocha. As habitações 3 e 4 dos Residenciais Zilda Arns e Cipriano da Rocha apresentam coberturas

orientadas a Leste-Oeste, por isso não contemplaram este requisito. A cobertura da habitação 1 do Residencial Cipriano da Rocha apresenta maior área orientada a Norte, estando em desacordo com o recomendado que seria no máximo 50 % da área total da cobertura voltada a Sul.

A análise das condições de ventilação, apresentadas de forma mais detalhada no apêndice 1 deste trabalho, permitiu perceber que todas as habitações estão de acordo com o recomendado. Alguns fatores poderiam ser modificados para otimizar a ventilação natural das habitações. Dispositivos de segurança, como, por exemplo, grades e venezianas nas janelas das salas permitiriam que as mesmas ficassem abertas durante a madrugada, período em que as temperaturas ficam mais amenas no exterior e os ventos são mais frescos. Além disso, o uso de venezianas que propiciem menos redução na área efetiva de ventilação, como as venezianas em madeira, o aproveitamento da ventilação pelo efeito chaminé, com aberturas situadas em diferentes alturas, o posicionamento das aberturas nas fachadas mais propícias para a captação dos ventos também poderiam otimizar os efeitos benéficos da ventilação natural nas habitações e colaborar com a redução do uso de equipamentos, como ventiladores, para amenizar a sensação de calor dentro da habitação e propiciar mais conforto aos moradores.

5. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO HIGROTÉRMICO PARA AS HABITAÇÕES SELECIONADAS E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados e discussão obtidos através da aplicação do método de avaliação de desempenho higrotérmico, da adaptação deste através da inclusão de novos parâmetros térmicos e as classificações de desempenho atingidas pelas habitações avaliadas.

5.1. Resultados e discussão

O método de avaliação de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social proposto por Grigoletti (2007), constituído por requisitos e critérios com seus respectivos valores de referência e ponderação, anteriormente apresentado na tabela 1, item 2.3, foi aplicado para as habitações em estudo. Os resultados estão apresentados na tabela 24.

Tabela 24 - Pontuação atingida pelas habitações selecionadas para a análise a partir da aplicação do método de avaliação

requisito/parâmetro ou diretriz	habitação COHAB T. Neves	habitações Residencial Zilda Arns				habitações Residencial Cipriano da Rocha			
		1	2	3	4	1	2	3	4
		edificação							
1	redução de perdas térmicas no inverno / coeficiente volumétrico global de perda de calor	0	3	3	3	3	3	3	3
2	redução de ganhos térmicos / coeficiente volumétrico global de ganho de calor	0	5	5	5	5	0	0	0

Tabela 24 – continuação

requisito/parâmetro ou diretriz	habitação COHAB T. Neves	habitações Residencial Zilda Arns				habitações Residencial Cipriano da Rocha				
		1	2	3	4	1	2	3	4	
		edificação								
3	inércia térmica da edificação para aquecimento e resfriamento / coeficiente de superfície pesada equivalente	5	5	5	5	5	5	5	5	
4	captação de radiação para aquecimento	5	5	5	0	0	5	5	0	5
total parcial		10	18	18	13	13	13	13	8	13
cobertura										
5	redução de perdas térmicas no inverno / transmitância térmica situação de inverno	0	2	2	2	2	0	0	0	0
6	inércia térmica da edificação / atraso térmico inverno	5	5	5	5	5	0	0	0	0
7	inércia térmica da edificação / atraso térmico verão	2	2	2	2	2	0	0	0	0
8	redução de ganhos térmicos no verão / fator de calor solar verão	0	2	2	2	2	0	0	0	0
total parcial		7	11	11	11	11	0	0	0	0
paredes										
9	inércia térmica da edificação / atraso térmico	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	controle de perdas e ganhos de calor / fator de calor solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	redução de ganhos térmicos no verão / sombreamento parede oeste a noroeste	0	0	3	0	0	0	3	0	0
total parcial		0	0	3	0	0	0	3	0	0
fechamentos transparentes										
12	área para ventilação por cômodo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	ventilação cruzada	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14	orientação das aberturas para captação de ventos de verão	4	0	0	4	4	0	4	4	4

Tabela 24 – continuação

requisito/parâmetro ou diretriz	habitação COHAB T. Neves	habitações Residencial Zilda Arns				habitações Residencial Cipriano da Rocha			
		1	2	3	4	1	2	3	4
		fechamentos transparentes							
15	dispositivos de segurança para ventilação noturna	0	0	0	0	0	0	0	0
16	proteção contra radiação solar	4	4	4	4	4	4	4	4
total parcial		12	8	8	12	12	8	12	12
total		29	37	40	36	36	21	28	20

Obtidas as pontuações totais para todos os parâmetros, é possível classificar as habitações avaliadas de acordo com os seus desempenhos, a partir da tabela de classificações possíveis para habitações térreas unifamiliares de interesse social desenvolvida por Grigoletti (2007) apresentada na tabela 25.

Tabela 25 - Classificações possíveis para habitações térreas unifamiliares de interesse social para as condições climáticas de Porto Alegre/RS

classificação	avaliação	pontuação
A	resultado ótimo	51 a 60
B	resultado médio	46 a 50
C	mínimo aceitável	40 a 45

Fonte: Grigoletti (2007, p. 228)

Conforme os resultados encontrados, apenas a habitação 2 do Residencial Zilda Arns atingiu a classificação C, mínima aceitável, enquanto que o restante ficou abaixo desta. O baixo desempenho em relação as habitações avaliadas por Grigoletti (2007) confirmou a expectativa, uma vez que apresentam fechamentos mais adequados termicamente comparando com as habitações avaliadas neste trabalho. Além disso, para algumas habitações, a autora efetuou ajustes, como a inclusão de venezianas em janelas sem proteção solar, aumento da

resistência térmica da cobertura e alteração da absorvância de fechamentos, o que contribuiu para melhorar o desempenho das habitações, a fim de adequar os seus valores aos critérios sugeridos. Este fato contribuiu ainda mais para as disparidades entre os resultados obtidos pela autora e por este trabalho.

Os melhores desempenhos encontrados referem-se às habitações do Residencial Zilda Arns. Os fatores que distinguem estas habitações das demais e que proporcionaram este resultado são, principalmente, os relacionados com a cobertura, como redução de perdas térmicas no inverno e ganhos térmicos no verão e atraso térmico no verão e inverno. Este resultado era esperado, uma vez que as coberturas destas habitações são mais favoráveis termicamente em relação às demais. Outros fatores que contribuíram foram redução de perdas térmicas no inverno e ganhos térmicos no verão pela edificação. Comparando as habitações deste residencial entre si, percebe-se que houve uma variação no valor de pontuação atingido pelas mesmas. Este fato está diretamente relacionado à orientação solar das habitações e o posicionamento das aberturas para captação solar e dos ventos.

Comparando as habitações do Residencial Zilda Arns que apresentam a mesma tipologia, mas orientação solar diferentes, nota-se que a habitação que obteve melhor desempenho (habitação 2) difere-se das demais por apresentar fechamentos transparentes a Norte, orientação favorável para o aquecimento solar da edificação no período do inverno devido a maior incidência solar sobre os fechamentos, contribuindo para aumentar a temperatura interna da habitação. Além disso, apresenta sombreamento da parede oeste, que, para esta habitação, é a parede de geminação, orientação solar desfavorável aos ganhos de calor pela edificação durante o verão. Em relação à captação dos ventos predominantes, esta habitação não possui aberturas voltadas de sudeste a leste, o que poderia contribuir para melhorar o desempenho térmico da habitação. As habitações deste residencial que apresentaram desempenho inferior foram a 3 e a 4, alcançando a mesma pontuação. Não apresentam fechamentos transparentes para as orientações mais favoráveis para os ganhos de calor e sombreamento de paredes oeste a noroeste. Ainda, diferem-se da habitação 2 por apresentarem aberturas orientadas para a captação de ventos de verão, condição ideal para a retirada de calor das habitações e, conseqüentemente, diminuição das temperaturas internas.

A habitação da COHAB Tancredo Neves apresentou desempenho inferior em relação às habitações do Residencial Zilda Arns. Este fato deve-se, principalmente, aos valores obtidos para ganho e perda de calor através da edificação, para a transmitância térmica da cobertura situação de inverno e fator de calor solar para a situação de verão.

Os piores resultados de desempenho são para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha. Resultado esperado, uma vez que são as habitações com fechamentos mais frágeis termicamente. A principal contribuição para este resultado advém das coberturas, que, como já foi dito, apresentam fechamentos desfavoráveis ao clima da região. Comparando as habitações deste residencial entre si que apresentam a mesma tipologia e orientação solar diferentes, a que obteve melhor desempenho (habitação 2) difere-se das demais principalmente por apresentar sombreamento da parede oeste que é a parede de geminação. Ainda, esta habitação apresenta aberturas na fachada mais propícia à captação dos ventos predominantes, o que contribui para melhorar o seu desempenho. A habitação que apresentou menor pontuação é a habitação 3. O que difere esta habitação da habitação 2 são os quesitos captação de radiação para aquecimento da edificação, através de fechamentos transparentes orientados para nordeste a noroeste, e redução de ganhos térmicos através das paredes no verão, por meio do sombreamento da parede oeste a noroeste.

Comparando as diferentes tipologias que apresentam orientação solar similar, percebe-se que há alteração nos resultados entre as habitações. Estas diferenças resultam-se da qualidade térmica dos fechamentos das habitações. Por exemplo, comparando as habitações 1 dos Residenciais Zilda Arns e Cipriano da Rocha constata-se que no requisito redução de ganhos térmicos, que considera o $GV_{\text{verão}}$, não houve pontuação para a habitação do Residencial Cipriano da Rocha. Este fato é decorrente dos significativos ganhos térmicos experimentados por esta habitação, principalmente pela cobertura. Como já visto anteriormente, a cobertura do Residencial Zilda Arns é a mais eficiente dentre todas e este fato contribui para a redução dos ganhos térmicos pela edificação. Houve também diferenças nos resultados quanto às coberturas, uma vez que a habitação do Residencial Cipriano da Rocha não pontuou em nenhum requisito, confirmando o que foi dito anteriormente em relação à qualidade térmica deste fechamento.

5.2. Adaptação do método

Alguns parâmetros térmicos calculados foram excluídos por Grigoletti (2007) por não reproduzirem diferenças significativas entre os projetos avaliados, por não serem relevantes por especialistas ou porque podem ser representados através de outro parâmetro. Porém,

alguns destes parâmetros excluídos apresentaram-se sensíveis às habitações avaliadas neste estudo e por isso adaptou-se o método proposto, incluindo-os.

Um dos parâmetros incluídos é a assimetria da radiação térmica para a cobertura na situação de verão. Conforme tabela 19, apresentada anteriormente, nenhuma cobertura satisfaz este requisito, exceto as do Residencial Zilda Arns. Um dos possíveis motivos, como já foi apresentado anteriormente, é o uso de uma camada de poliestireno expandido sobre o forro de PVC, solução de fácil execução, economicamente barata e que contribui para aumentar a resistência térmica da cobertura. Outro requisito incluído nesta nova análise é a ventilação da cobertura. Comparando os resultados obtidos quanto ao fluxo máximo de calor para todas as habitações analisadas (apresentados no Apêndice 1), percebe-se que as coberturas que menos contribuíram para o ganho total de calor das habitações são as do Residencial Zilda Arns, que apresentam um vão que permite a ventilação da mesma, possibilitando a liberação do calor. Já que a maior contribuição quanto ao ganho de calor em uma edificação térrea geralmente é por meio da cobertura, a sua ventilação torna-se um item importante ao se avaliar o desempenho de uma edificação. Porém, o ideal seria prever aberturas com a possibilidade de fechamento para que no inverno o calor acumulado pela cobertura não seja dissipado, contribuindo para o aquecimento da habitação.

Conforme exposto no método da pesquisa, a ponderação destes novos requisitos foi obtida do estudo realizado por Grigoletti (2007) com especialistas na área. Os valores de ponderação para a assimetria da radiação térmica e a ventilação da cobertura são de, respectivamente, 2 e 3 pontos. Em relação à ventilação da cobertura, quando houver a possibilidade durante o verão a pontuação será de 1,5 pontos. Quando não houver a possibilidade de ventilação da cobertura durante o inverno a pontuação também será de 1,5 pontos, já que a ventilação é benéfica apenas durante o verão para dissipar o calor desse fechamento.

A adaptação do método proposto por Grigoletti (2007) com a inclusão dos novos parâmetros térmicos para avaliação será apresentada na tabela 26.

Tabela 26 - Adaptação do método proposto com a inclusão de novos parâmetros térmicos

requisito/parâmetro ou diretriz	critério	ponderação	
edificação			
1	redução de perdas térmicas no inverno / coeficiente volumétrico global de perda de calor	$3,1 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{inverno}} \leq 4,0 \frac{W}{m^3K}$	3
		$2,0 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{inverno}} \leq 3,0 \frac{W}{m^3K}$	4
		$GV_{\text{inverno}} < 2,0 \frac{W}{m^3K}$	5
2	redução de ganhos térmicos / coeficiente volumétrico global de ganho de calor	$16,5 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{verão}} \leq 18,0 \frac{W}{m^3K}$	3
		$14,5 \frac{W}{m^3K} \leq GV_{\text{verão}} \leq 16,4 \frac{W}{m^3K}$	4
		$GV_{\text{verão}} < 14,5 \frac{W}{m^3K}$	5
3	inércia térmica da edificação para aquecimento e resfriamento / coeficiente de superfície pesada equivalente	$\text{coef}_{\text{SPE}} \geq 1,5$	5
4	captação de radiação para aquecimento	fechamentos transparentes voltados para Nordeste a Noroeste	5
		N1	16
total parcial		N2	18
		N3	20
cobertura			
5	redução de perdas térmicas no inverno / transmitância térmica situação de inverno	$U_{\text{cobertura}} \leq 2,80 \frac{W}{m^2K}$	2
6	inércia térmica da edificação / atraso térmico inverno	$\phi \geq 1,1 \text{ h}$	5
7	inércia térmica da edificação / atraso térmico verão	$\phi \geq 1,3 \text{ h}$	2
8	redução de ganhos térmicos no verão / fator de calor solar verão	$FS_o \leq 4,0 \%$	2
9	ventilação da cobertura	ventilada no verão	1,5
		não ventilada no verão	0
		ventilada no inverno	0
		não ventilada no inverno	1,5

Tabela 26 – continuação

requisito/parâmetro ou diretriz	critério	ponderação
cobertura		
10	efeito de superfícies frias e quentes sobre a homogeneidade do conforto (assimetria da radiação térmica) $\Delta T_{rp} \leq 9 \text{ }^\circ\text{C}$	2
	N1	13
	N2	14
	N3	16
paredes		
11	inércia térmica da edificação / atraso térmico $\phi \geq 4,0 \text{ h}$	5
12	controle de perdas e ganhos de calor / fator de calor solar $FS_o \leq 3,4 \%$	1
13	redução de ganhos térmicos no verão / sombreamento parede oeste a noroeste possibilidade de sombreamento apenas no verão	3
	total parcial	9
fechamentos transparentes		
14	área para ventilação por cômodo $15 \% \leq A_{\text{ventilação}} \leq 25 \%$	4
15	ventilação cruzada aberturas em planos opostos da edificação	4
16	orientação das aberturas para captação de ventos de verão aberturas voltadas a Sudeste ou Leste	4
17	dispositivos de segurança para ventilação noturna presença de dispositivos opacos externos de segurança que permitam no mínimo 50 % de ventilação	4
18	proteção contra radiação solar presença de dispositivos externos móveis de sombreamento	4
	total parcial	20
		N1 58
	total	N2 61
		N3 65

Fonte: adaptado de Grigoletti (2007, p. 225-226)

Os resultados quanto à pontuação atingida pelas habitações em estudo com a adaptação do método estão apresentados na tabela 27.

Tabela 27 - Pontuação atingida pelas nove habitações selecionadas para a análise com a adaptação do método de avaliação

requisito/parâmetro ou diretriz	habitação COHAB T. Neves	habitações Residencial Cipriano da Rocha								
		habitações Residencial Zilda Arns								
		1	2	3	4	1	2	3	4	
edificação										
1	redução de perdas térmicas no inverno / coeficiente volumétrico global de perda de calor	0	3	3	3	3	3	3	3	3
2	redução de ganhos térmicos / coeficiente volumétrico global de ganho de calor	0	5	5	5	5	0	0	0	0
3	inércia térmica da edificação para aquecimento e resfriamento / coeficiente de superfície pesada equivalente	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	captação de radiação para aquecimento	5	5	5	0	0	5	5	0	5
total parcial		10	18	18	13	13	13	13	8	13
cobertura										
5	redução de perdas térmicas no inverno / transmitância térmica situação de inverno	0	2	2	2	2	0	0	0	0
6	inércia térmica da edificação / atraso térmico inverno	5	5	5	5	5	0	0	0	0
7	inércia térmica da edificação / atraso térmico verão	2	2	2	2	2	0	0	0	0
8	redução de ganhos térmicos no verão / fator de calor solar verão	0	2	2	2	2	0	0	0	0
9	ventilação da cobertura	0	1,5	1,5	1,5	1,5	0	0	0	0

Tabela 27 – continuação

efeito de superfícies frias e quentes sobre										
10	a homogeneidade do conforto (assimetria da radiação térmica)	0	2	2	2	2	0	0	0	0
total parcial		7	14,5	14,5	14,5	14,5	0	0	0	0
11	inércia térmica da edificação / atraso térmico	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	controle de perdas e ganhos de calor / fator de calor solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	redução de ganhos térmicos no verão / sombreamento parede oeste a noroeste	0	0	3	0	0	0	3	0	0
total parcial		0	0	3	0	0	0	3	0	0
fechamentos transparentes										
14	área para ventilação por cômodo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	ventilação cruzada	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	orientação das aberturas para captação de ventos de verão	4	0	0	4	4	0	4	4	4
17	dispositivos de segurança para ventilação noturna	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	proteção contra radiação solar	4	4	4	4	4	4	4	4	4
total parcial		12	8	8	12	12	8	12	12	12
total		29	40,5	43,5	39,5	39,5	21	28	20	25

Como houve uma adaptação no método com o incremento de novos parâmetros e, conseqüentemente, de novas ponderações, faz-se necessário adaptar também as possíveis classificações de desempenho, conforme tabela 28.

Tabela 28 - Possíveis classificações para HIS térreas e unifamiliares para as condições climáticas de Santa Maria/RS considerando a adaptação do método

classificação	avaliação	pontuação
A	resultado ótimo	57 a 65
B	resultado médio	51 a 56
C	mínimo aceitável	45 a 50

Assim, conforme os resultados encontrados, considerando a adaptação do método, nenhuma habitação avaliada atingiu sequer a classificação C, mínimo desempenho aceitável. Comparando os resultados entre os métodos original e adaptado, percebe-se que houve uma queda de desempenho para todas as habitações avaliadas em relação às novas classificações possíveis. As habitações do Residencial Cipriano da Rocha e COHAB Tancredo Neves obtiveram este resultado visto que não apresentam ventilação de cobertura e a assimetria da radiação térmica deste fechamento não satisfaz o recomendado. A habitação 2 do Residencial Zilda Arns, que no método original atingiu a classificação C, não manteve este resultado, uma vez que a possibilidade de ventilação presente nesta habitação não é passível de controle. Este mesmo critério foi o responsável pelo desempenho inferior para as outras habitações deste mesmo conjunto habitacional considerando o método adaptado.

6. HÁBITOS, SENSAÇÕES E PREFERÊNCIAS TÉRMICAS DOS ENTREVISTADOS

6.1. Resultados e discussão

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos quanto à avaliação dos hábitos, sensações e preferências térmicas dos moradores através da aplicação de questionários em duas situações climáticas: verão e inverno.

Para a pesquisa, conforme exposto anteriormente, selecionaram-se 16 habitações do Residencial Cipriano da Rocha, duas para cada unidade conforme a orientação solar, e uma habitação da COHAB Tancredo Neves. Os resultados quanto às informações gerais são apresentados na tabela 29, assim como as plantas baixas das habitações.

Tabela 29 - Planta baixa de cada unidade habitacional e resultados quanto às informações gerais dos moradores

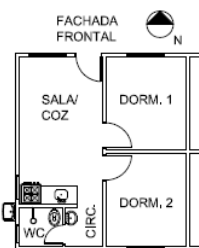
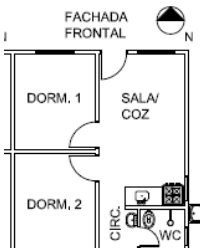
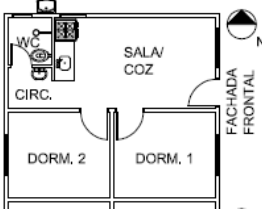
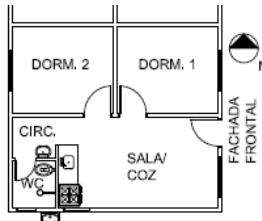
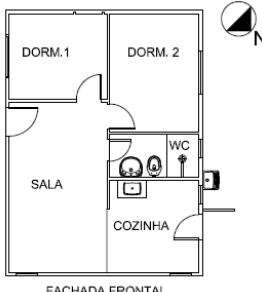
unidade/ planta baixa	A	B	C	D	E	F	G	H
Residencial Cipriano da Rocha								
unidade 1 	46	feminino	perfeitas condições/ gripe	3	assistindo televisão, descansando	3	M T N	M T N
	49	masculino	perfeitas condições	3	dormindo, assistindo televisão	4	M T N	M T N
unidade 5 	30	feminino	perfeitas condições	2	deitada, assistindo televisão, organizando a casa,	5	M T N	M T N
	26	feminino	perfeitas condições	2	sentada no sofá, assistindo televisão,	3	M T N	M T N

Tabela 29 – continuação

unidade/ planta baixa	A	B	C	D	E	F	G	H
Residencial Cipriano da Rocha								
unidade 4					fazendo o almoço,		M	M
	37	feminino	perfeitas condições	2	sentada assistindo televisão	12	T	T
							N	N
	54	feminino	perfeitas condições	2	sentada na sala, deitada, organizando a casa	6	T	T
							N	N
unidade 8					lavando roupa, sentada assistindo televisão		M	M
	31	feminino	perfeitas condições	3		7	T	T
							N	N
	23	feminino	perfeitas condições	3	deitada, sentada no sofá, assistindo televisão	3	T	T
							N	N
COHAB Tancredo Neves								
	51	feminino	perfeitas condições, condições alteradas	8	organizando a casa, deitada	5	T	T
							N	N

Legenda:
A: idade
B: sexo
C: condições de saúde no momento da entrevista
D: tempo em que reside no local
E: atividade que estava realizando antes da entrevista
F: número de moradores na residência
G: em que período do dia fica em casa durante a semana, manhã (M), tarde (T) e noite (N)
H: em que período do dia fica em casa durante o fim de semana, manhã (M), tarde (T) e noite (N)

O perfil das pessoas entrevistadas é bastante semelhante. A maioria ocupa-se com atividades do lar, não apresentando um trabalho externo, e é do sexo feminino. Permanece em casa nos três turnos do dia durante toda a semana, apresenta condições normais de saúde e, antes de responder o questionário, estava realizando atividades leves, de baixa taxa metabólica, como assistir televisão, dormir, atividades domésticas simples, como organizar a casa. Em ambos os conjuntos habitacionais, os entrevistados relataram que moram nas

habitações em média há três anos, estando, assim, bem adaptados termicamente à habitação, e o número de moradores por habitação corresponde, em média, a cinco pessoas. A média de idade dos entrevistados é de 38 anos.

A seguir, serão apresentados os demais resultados conforme o período de análise.

6.1.1. Período verão

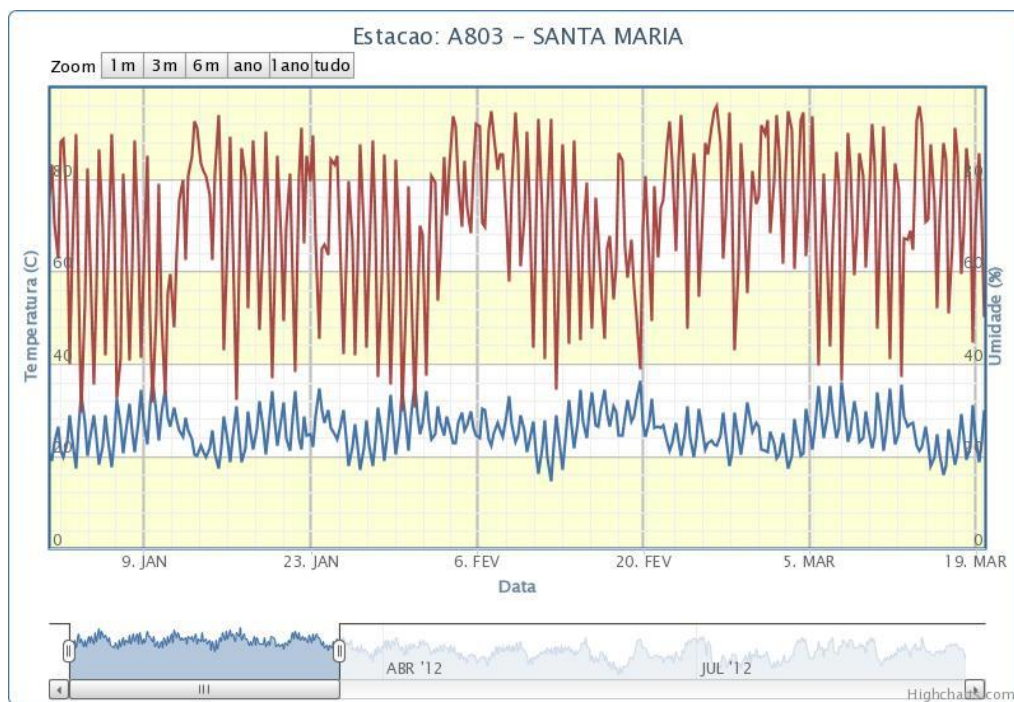
Nesta estação, as entrevistas foram realizadas entre o final do mês de janeiro e o mês de fevereiro, à tarde, período mais quente do dia. No Residencial Cipriano da Rocha, cada morador foi entrevistado oito vezes, duas vezes por semana, com a exceção de dois moradores que deixaram de responder 1 e 2 questionários, respectivamente, por problemas pessoais. Para completar as oito entrevistas, foi necessário fazer um dia a mais para alguns moradores que não foram encontrados em casa em algum dia anterior. A pessoa selecionada na COHAB Tancredo Neves respondeu o questionário apenas cinco vezes, pois precisou abandonar a pesquisa devido a problemas de saúde.

O verão do ano de 2012 caracterizou-se por ser quente e apresentar pouca variação de temperatura entre os dias que foram, geralmente, uniformes, exceto quando houve ocorrência de frente fria, amenizando o calor. A temperatura inferior registrada para esta estação foi de, aproximadamente, 14,0 °C e a máxima atingida foi de 37,5 °C. A figura 16 ilustra a variação de temperatura durante todo o verão de 2012.

O mês de janeiro apresentou temperaturas relativamente mais altas do que o mês de fevereiro. A ideia inicial era começar a aplicação dos questionários no início de janeiro, porém, houve um atraso decorrente da aprovação do projeto de pesquisa no Comitê de Ética da UFSM, impedindo o início das entrevistas que ocorreu somente no dia 23 de janeiro e se estendeu até 17 de fevereiro.

Comparando as temperaturas mínimas e máximas registradas em Santa Maria durante o verão de 2012 com os últimos dados de Normais Climatológicas existentes (1961-1990) para a cidade, que são apresentados na tabela 3, item 2.4 deste trabalho, verifica-se que a temperatura mínima registrada no ano de análise foi inferior à média das mesmas das Normais Climatológicas, e que a temperatura máxima obtida do INMET para este mesmo período foi superior a média dos valores registrados durante os 30 anos. Desta forma, o verão de 2012 pode ser considerado atípico. Porém, o ideal seria fazer esta comparação com dados mais

recentes, uma vez que as Normais Climatológicas estão defasadas em 22 anos e mudanças climáticas podem ter ocorrido durante este período.



Legenda:
— Temperatura (°C)
— Umidade (%)

Figura 16 - Dados de temperatura e umidade para o período de verão do ano de 2012 para a cidade de Santa Maria/RS

Fonte: INMET (2012b)

Houve a preocupação em aplicar o questionário em dias com temperaturas altas e semelhantes no decorrer dos dois dias anteriores para que a habitação estivesse estabilizada termicamente com o meio externo. A figura 17 apresenta as temperaturas externas registradas pelo INMET durante a etapa de pesquisa com os moradores.

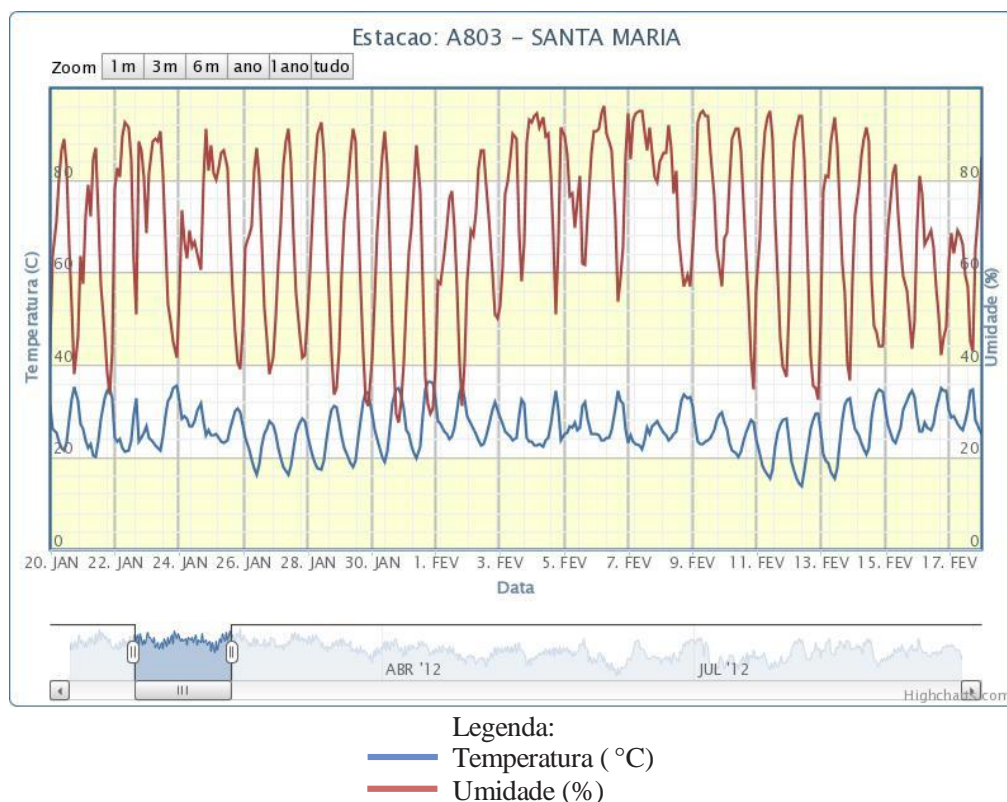


Figura 17 - Dados de temperatura e umidade para o período de verão do ano de 2012 em que foram aplicados os questionários

Fonte: INMET (2012b)

Os dias em que ocorreram as entrevistas foram 23, 28 e 30 de janeiro, 01, 06, 07, 14, 15 e 17 de fevereiro. Os dias durante o período de análise, em geral, são semelhantes termicamente, somente apresentando temperaturas um pouco mais amenas entre os dias 11 e 12 de fevereiro, quando não ocorreram entrevistas. A menor temperatura registrada, conforme INMET, neste período foi 14,0 °C e a maior foi de 37,5 °C.

6.1.1.1. Informações sobre as residências

Os resultados acerca das informações sobre as residências estão apresentados na tabela 30.

Tabela 30 - Resultados quanto às informações sobre as residências para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR) e COHAB

Tancredo Neves, conforme orientação solar, para situação de verão

Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas												
		8	9	10	11	12	13	14						
								sala	dormitórios	cozinha	banheiro			
RCR	Norte	Oeste (unid. 1)	sim	sala/coz	quarto frente	quarto fundos	quarto fundos	cobertura paredes	ruim	ruim	ruim	ruim		
			sim	quartos	quartos	sala/coz	sala/coz	aberturas	boa	ruim	ruim	ruim		
		Leste (unid. 5)	sim	sala/coz	sala/coz	quarto fundos	quarto fundos	cobertura	boa	boa	boa	boa		
			sim	sala/coz	sala/coz	quarto frente	quarto frente	quarto fundos	quarto fundos	cobertura	péssima	ruim/ péssima	péssima	péssima
			sim	sala/coz	sala/coz	quarto frente	quarto frente	cobertura	boa	boa	boa	péssima		
			sim	quartos	quartos	sala/coz	sala/coz	cobertura	boa	ruim	boa	ruim		
	Sul	Oeste (unid. 6)	sim	sala/coz	sala/coz	quarto frente	quarto frente	cobertura	boa	boa	boa	péssima		
			sim	quartos	quartos	sala/coz	sala/coz	cobertura	boa	ruim	boa	ruim		
		Leste (unid. 2)	sim	quartos	quartos	sala/coz	sala/coz	cobertura	péssima	péssima	péssima	péssima		
			sim	quartos	quartos	sala/coz	sala/coz	cobertura	boa	boa	boa	péssima		
			sim	sala/coz	sala/coz	quarto fundos	quarto fundos	paredes aberturas	ruim	ruim	boa	boa		
			sim	quarto frente	q. frente	quarto fundos	quarto fundos	aberturas	boa	fundos – boa frente - ruim	boa	boa		
Oeste	Sul (unid. 3)	sim	quarto frente	quartos	quarto fundos	sala/coz	cobertura paredes	péssima	péssima	péssima	péssima			
		sim	quarto frente	quarto frente	quarto fundos	quarto fundos	cobertura	boa	fundos – boa frente – ruim	boa	boa			

Tabela 30 – continuação

	Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas									
			8	9	10	11	12	13	14			
									sala	dormitórios	cozinha	banheiro
RCR		Norte (unid. 4)	sim	quartos	quartos	sala/coz	sala/coz	cobertura	boa	ruim	boa	ruim
			sim	quartos	quartos	sala/coz	sala/coz	cobertura	ruim	ruim	ruim	ruim
	Leste	Sul (unid. 8)	sim	quarto frente	quarto frente	quarto fundos	sala/coz	cobertura paredes	péssima	ótima/boa	boa	ruim
			sim	sala/coz	quarto fundos	quarto fundos	sala/coz	aberturas	boa	boa	ruim	boa
COHAB Tancredo Neves			sim	quartos	quartos	cozinha	sala	cobertura	ruim	ruim	boa	ruim

Legenda:

8) Você considera sua casa quente no verão?

9) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais quente(s) no verão durante o dia?

10) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais quente(s) no verão durante a noite?

11) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos quente(s) no verão durante o dia?

12) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos quente(s) no verão durante a noite?

13) Qual elemento da casa você considera que seja o principal responsável pela entrada do calor durante o verão?

14) Em sua casa, como você classifica a ventilação dos seguintes cômodos: sala, dormitórios, cozinha e banheiro

Analisando os resultados, percebe-se a insatisfação em relação ao conforto térmico das habitações de ambos os conjuntos habitacionais estudados, visto que todos os entrevistados consideram as suas habitações quentes no verão, independentemente da orientação solar das mesmas.

Os cômodos indicados como sendo os mais quentes no verão durante o dia e a noite são aqueles submetidos à maior incidência solar em que, devido à baixa resistência térmica do envelope construtivo, há a transferência de calor entre o ambiente externo e o interno. Este resultado era esperado considerando-se a importância da orientação solar de cômodos e aberturas para minimizar ganhos de calor no verão. No caso das habitações do Residencial Cipriano da Rocha, são os cômodos orientados predominantemente a Oeste e a Norte (há a incidência de sol nesta fachada devido a pouca extensão do beiral), enquanto que na COHAB Tancredo Neves, são os cômodos orientados a Sudoeste e Noroeste. Já, os cômodos apontados como os mais frescos são aqueles em que os fechamentos externos não sofrem ou sofrem pouca a incidência do sol, geralmente localizados a Sul.

A cobertura foi o elemento da habitação apontado pela maioria dos entrevistados, nos dois conjuntos habitacionais, como o principal responsável pela entrada de calor na habitação. Conforme Michels (2007), o maior ganho térmico de edificações térreas dá-se justamente pela cobertura, pois é o fechamento com maior superfície exposta à radiação solar, aumentando a temperatura interna das edificações. Este caso é ainda mais crítico nas habitações do Residencial Cipriano da Rocha, pois não apresentam nenhum tipo de forro, submetendo os moradores à irradiação direta de calor proveniente da cobertura, além de apresentar uma resistência térmica inferior, facilitando a transferência de calor através deste fechamento para o ambiente interno da edificação.

Em relação às respostas sobre ventilação para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha, observaram-se discrepâncias entre as opiniões relatadas pelos entrevistados inclusive para habitações com o mesmo posicionamento de aberturas em relação aos ventos. Mas, no geral, os moradores estavam insatisfeitos com a ventilação em suas habitações. Os cômodos apontados com uma ventilação mais eficiente são aqueles que apresentam janelas em faces diferentes, oportunizando a ventilação cruzada, e aqueles que estão voltados para a fachada leste, mais favorável à captação dos ventos predominantes. Para a habitação da COHAB Tancredo Neves, a maioria das respostas aponta que a sua ventilação, em geral, não é satisfatória. Observa-se que para as habitações de ambos os conjuntos habitacionais, a área útil de ventilação dos cômodos está abaixo do indicado pela norma ABNT (2005c) que seria

entre 15 % e 25 % da área do piso para a Zona Bioclimática 2, o que pode corroborar a opinião dos entrevistados.

A ventilação poderia ser mais bem aproveitada nas habitações se possuíssem dispositivos de segurança, como grades, para que as janelas pudessem ser mantidas abertas durante a madrugada, aproveitando os ventos geralmente mais frescos para refrescar a habitação e favorecer o conforto térmico da mesma. Além disso, a presença de telas mosquiteiras também contribuiria para impedir o acesso de insetos durante a noite e madrugada. O uso desta proteção diminui o fluxo de ar, porém, possibilita que as aberturas fiquem abertas sem ter o incômodo de insetos no interior da habitação.

6.1.1.2. Informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores

As informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores de ambos os conjuntos habitacionais estão apresentados na tabela 31 a seguir. Analisando os resultados, percebe-se que, independentemente da orientação solar das habitações de ambos os conjuntos habitacionais em estudo, os moradores, na maioria das vezes, sentem-se menos desconfortáveis no exterior das suas habitações, evidenciando o baixo desempenho térmico da edificação. Isto é agravado pelo fato de os conjuntos habitacionais não apresentarem qualquer tipo de infraestrutura externa, como espaços de estar, praças e arborização. Aqueles que relataram permanecer em algum cômodo da habitação durante o dia preferem o cômodo que consideram mais fresco, a sala (onde podem assistir televisão), ou os cômodos em que necessitem realizar alguma atividade doméstica.

A grande parte dos entrevistados relatou que não consegue ficar em casa quando sente muito calor, indicando que o interior das habitações apresenta condições de conforto mais desfavoráveis que o meio exterior, revelando que as soluções arquitetônicas não estão adequadas ao clima da região.

Tabela 31 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR) e COHAB Tancredo Neves, conforme orientação solar, para situação de verão

Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas														
		15			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
		manhã	tarde	noite												
RCR	Norte	Oeste (unid. 1)	pátio	pátio e sala	pátio	banho ventilador	T, N	todos os dias	sala quarto frente	não	sim	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	faria varandas	
			pátio	pátio	pátio	banho ventilador	T, N	todos os dias	quartos	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	ampliaria a casa	
	Leste (unid. 5)		pátio	pátio	sala e pátio	banho ventilador	M, T, N	todos os dias	sala quartos	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	colocaria piso e forro	
			pátio	pátio	pátio	ventilador	T, N	raramente	quarto frente	não	não	M, T, N	(A) não (J) sim	não	abriria a porta para os fundos da casa	
	Oeste (unid. 6)		quarto frente	quarto frente	quarto frente	banho	N	todos os dias	quartos	não	não	M, T	(A) sim (J) sim	não	faria varandas	
			pátio	pátio	sala e pátio	banho ventilador	M, T, N	todos os dias	sala	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	colocaria forro	
	Sul	Leste (unid. 2)		sala	sala	sala	banho ventilador	M, T, N	todos os dias	sala quarto frente	não	sim	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	abriria mais janelas e a porta dos fundos, ampliaria a casa
				pátio	pátio	pátio	banho ventilador sombra	T	todos os dias	quarto frente	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	abriria a porta para os fundos da casa

Tabela 31 – continuação

Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas												
		15			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		manhã	tarde	noite										
RCR	Norte (unid. 7)	sala	pátio	sala	banho	N	todos os dias	quartos	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	faria varanda
		pátio	quarto fundos	quarto fundos	banho ventilador	T	alguns dias	quartos	não	não	T, N	(A) não (J) sim	não	colocaria piso
	Oeste (unid. 3)	pátio	pátio	pátio	banho sombra	não possui	não possui	não possui	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	abriria mais janelas e a porta dos fundos da casa
		pátio	pátio	pátio	banho ventilador	T	todos os dias	quarto frente	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	colocaria piso e forro
	Norte (unid. 4)	pátio	pátio	pátio	banho ventilador	N	todos os dias	quarto frente	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	colocaria forro
		pátio	pátio	pátio	ventilador	M, T, N	todos os dias	sala	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	ampliaria a casa
	Leste (unid. 8)	sala e pátio	pátio	sala	banho	não possui	não possui	não possui	não	não	M, T, N	(A) sim (J) sim	não	faria varanda, colocaria piso e forro
		pátio	pátio	quarto fundos	banho ventilador sombra	M, T	todos os dias	sala	não	não	M, T	(A) sim (J) sim	não	abriria a porta dos fundos da casa

Tabela 31 – continuação

	Perguntas												
	15			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	manhã	tarde	noite										
COHAB Tancredo Neves	cozinha	pátio	pátio	banho ventilador	T	alguns dias	sala	não	não	M, N	(A) sim (J) sim	não	elevaria o telhado

Legenda:

15) No verão, quando você sente muito calor, onde você costuma ficar durante a manhã, tarde e noite?

16) No verão, o que você faz para diminuir a sensação de calor?

17) Caso a pessoa utilize o ventilador no verão, em que período do dia você normalmente costuma ligá-lo mais vezes?

18) Com qual frequência?

19) Em quais cômodos o ventilador é mais usado?

20) Utiliza algum outro equipamento para amenizar a sensação de calor no verão?

21) Quando está com calor, você consegue permanecer em algum cômodo da casa sem utilizar o ventilador ou outro tipo de equipamento que melhore a sensação de conforto?

22) No verão, costuma manter as janelas totalmente abertas? Em que períodos do dia? manhã (M), tarde (T), noite (N)

23) Você cozinha em casa durante a semana o almoço (A) e janta (J)?

24) Você utiliza o fogão à lenha no verão?

25) O que você mudaria em sua casa para ela ficar mais fresca no verão?

Os meios comumente utilizados pelos moradores para diminuir a sensação de calor são o banho, o uso de ventiladores e refrescar-se à sombra no meio externo. Apenas dois moradores do Residencial Cipriano da Rocha relataram não possuir ventilador, o restante dos entrevistados possui. Devido às poucas condições financeiras, todas as pessoas entrevistadas relataram não apresentar outro tipo de equipamento para amenizar a sensação de calor, a não ser o ventilador, que é utilizado praticamente todos os dias e principalmente durante a tarde e a noite, períodos mais quentes do dia. O uso intensivo de aparelhos ventiladores confirma a má qualidade construtiva quanto à térmica das habitações para o clima local. Os cômodos em que o ventilador é mais utilizado são os quartos e a sala, lugares de maior permanência dos moradores. Ainda, percebe-se há uma ligação entre os cômodos apontados como sendo os mais quentes e os cômodos em que os ventiladores são mais utilizados.

Em relação à ventilação, a maioria dos entrevistados do Residencial Cipriano na Rocha relatou que abre as janelas para refrescar a habitação durante todo o dia, enquanto que a pessoa entrevistada na COHAB Tancredo Neves abre as janelas apenas durante a manhã e a noite. Um dado importante que a maioria dos entrevistados destacou durante a entrevista é a ausência de telas mosquiteiras nas janelas permitindo o acesso de insetos durante a noite já que há a necessidade de mantê-las abertas mesmo nestas condições para que o ar da noite, geralmente mais fresco, amenize o calor interno da habitação e, assim, melhore as condições de conforto. A ausência de dispositivos de segurança e privacidade principalmente na janela da sala, impede que a mesma seja mantida aberta durante a madrugada para otimizar a ventilação da habitação.

A maioria dos entrevistados relatou cozinhar o almoço e o jantar em casa, porém não utiliza o fogão à lenha no verão, o que contribuiria para aumentar a temperatura no interior da habitação e, conseqüentemente, o desconforto térmico.

Quanto às mudanças que o entrevistado faria em sua habitação para melhorar o conforto térmico, as mais apontadas pelos moradores do Residencial Cipriano da Rocha foram a ampliação da habitação e a construção de varandas, solução que poderia ser eficaz para bloquear a incidência direta do sol nos fechamentos da habitação e, assim, amenizar o acúmulo de calor nos mesmos e a transferência de calor para o meio interno. Outras melhorias apontadas foram a abertura de mais janelas e a porta para os fundos da habitação (prevista no projeto original para a ampliação da habitação), o que contribuiria para uma melhor ventilação, demonstrando que os entrevistados tem noção empírica da importância da ventilação para o arrefecimento das temperaturas internas para a melhoria do conforto térmico da habitação; e a colocação de piso e forro. Já a pessoa entrevistada na COHAB Tancredo

Neves acredita que a melhor alternativa seria aumentar o sótão da habitação, elevando, assim, o telhado. Esta solução seria mais eficiente se houvesse a possibilidade de ventilação controlada da cobertura para retirar o acúmulo de calor da câmara de ar no verão, já que a cobertura é o elemento que mais contribui para os ganhos de calor conforme demonstram os resultados quanto aos coeficientes volumétricos parciais de ganho de calor para esta edificação presentes no apêndice 1.

6.1.1.3. Informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista

As informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista estão apresentadas na tabela 32. Os dias em que foram feitas as entrevistas apresentaram temperaturas altas, assim como os dias anteriores que também apresentaram-se uniformes. Na maior parte dos dias em que houve as entrevistas, os moradores de ambos os conjuntos habitacionais permaneceram em casa no dia da entrevista, condição considerada ideal para avaliar os hábitos e os meios comumente utilizados por eles no dia para melhorar a sensação de conforto térmico na habitação.

A população entrevistada apresenta hábitos muito semelhantes. Na maioria das vezes, houve a necessidade de utilizar o ventilador e abrir as janelas para se refrescarem. Manter as janelas abertas durante todo o dia é um hábito muito comum observado na população destes dois conjuntos habitacionais. No Residencial Cipriano da Rocha, o ventilador foi mais vezes ligado durante a madrugada e a tarde, nos quartos e na sala, locais de maior permanência das pessoas, e todas as janelas foram geralmente fechadas na noite anterior e abertas pela manhã, permanecendo abertas até o momento da entrevista. Na COHAB Tancredo Neves o ventilador foi mais vezes ligado durante a tarde, período mais quente do dia, também na sala e nos quartos, e todas as janelas foram abertas pela manhã e permaneceram abertas até o momento da entrevista (à tarde).

Tabela 32 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR) e COHAB Tancredo Neves, conforme orientação solar, para situação de verão

Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas							
		26	27	28	29	30	31	32	
RCR	Norte	Oeste (unid. 1)	sim	sim, madrugada	quarto frente	-	-	abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
			sim	sim, tarde	quartos	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	quarto frente e sala
		Leste (unid. 5)	sim	sim, madrugada, manhã e tarde	sala quartos	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
			sim	sim, madrugada e tarde	quarto frente	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
	Sul	Oeste (unid. 6)	sim	sim, madrugada e tarde	quartos	-	-	abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
			sim	sim, madrugada e tarde	sala quarto frente	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
		Leste (unid. 2)	sim	sim, madrugada, manhã e tarde	sala quartos	-	-	abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
			sim	sim, madrugada, manhã e tarde	quarto frente	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
	Oeste	Norte (unid. 7)	sim	sim, madrugada e manhã	quartos	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	sala, quarto frente, banheiro
			sim	sim, madrugada e tarde	quarto fundos	-	-	fechou na noite anterior, abriu de tarde e manteve-se aberta até o momento da entrevista	sala e quarto fundos
		Sul (unid. 3)	sim	não possui	-	-	-	abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
			sim	sim, madrugada e tarde	quarto frente	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas

Tabela 32 – continuação

	Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas					
			26	27	28	29	30	31
RCR	Norte (unid. 4)	sim	sim, madrugada e tarde	quarto frente	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
		sim	sim, madrugada, manhã e tarde	sala e quartos	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
	Leste Sul (unid. 8)	sim	não possui	-	-	-	fechou na noite anterior, abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas
		sim	sim, tarde	sala	-	-	abriu de tarde e manteve-se aberta até o momento da entrevista	sala e quarto fundos
COHAB Tancredo Neves		sim	sim, tarde	sala e quartos	-	-	abriu de manhã e manteve-se aberta até o momento da entrevista	todas

Legenda:

26) Você permaneceu em casa desde ontem à noite até o momento da entrevista?

27) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar o ventilador? Se sim, que horas ele ficou ligado?

28) Em quais cômodos da casa?

29) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar algum outro equipamento para refrescar a casa?

30) Em quais cômodos da casa?

31) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de abrir as janelas para refrescar a casa?

32) Em quais cômodos da casa?

Os hábitos dos moradores indicam a baixa qualidade construtiva da habitação, que não considera os aspectos locais quanto ao clima em seus métodos construtivos e em seus projetos arquitetônicos, e a insatisfação dos mesmos quanto ao conforto térmico proporcionado pela habitação, visto que necessitam utilizar de meios artificiais, como ventiladores, para melhorar a sensação de conforto em suas habitações, além de manter as janelas totalmente abertas para refrescar a habitação e impedir que a temperatura interna ultrapasse a externa.

6.1.1.4. Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados

Para averiguar a relação entre a sensação expressa pelos entrevistados, obtida conforme modelos apresentados pela ISO 7730 (1994) e ASHRAE (2004), e a temperatura no momento da entrevista, mensurou-se as temperaturas internas e externas às habitações e comparou-se com a opinião dos entrevistados. O registro das temperaturas internas e externas para cada dia de entrevista para as habitações dos dois conjuntos habitacionais pode ser observado nas figuras 18 a 26 a seguir. Conforme já exposto anteriormente, entrevistou-se cada morador oito vezes, com a exceção de dois moradores do Residencial Cipriano da Rocha que deixaram de responder 1 e 2 questionários e o morador da COHAB Tancredo Neves que respondeu o questionário apenas cinco vezes. Para completar as oito entrevistas, foi necessário fazer um dia a mais para alguns moradores que não foram encontrados em casa em algum dia anterior.

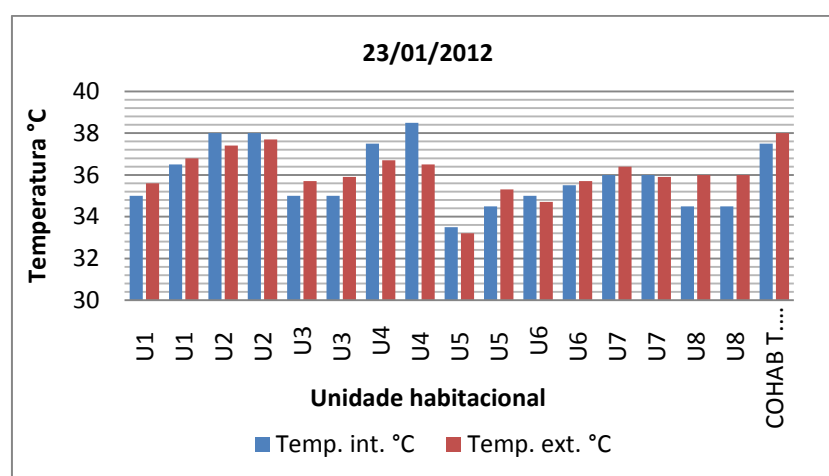


Figura 18 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 23/01/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais

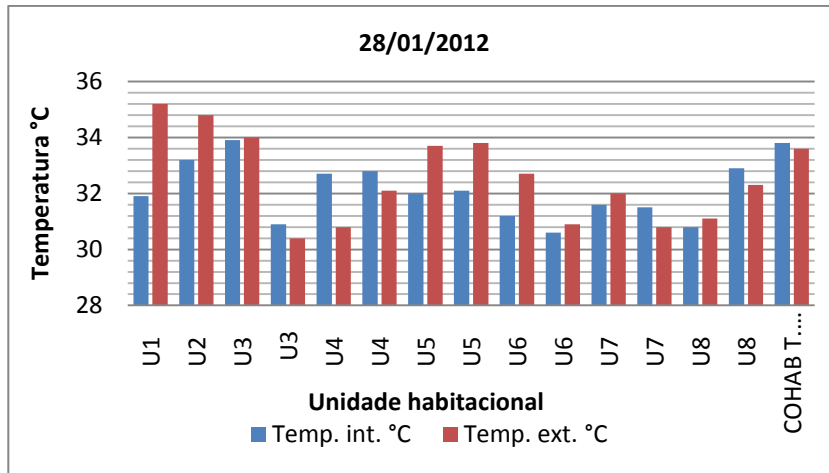


Figura 19 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 28/01/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais

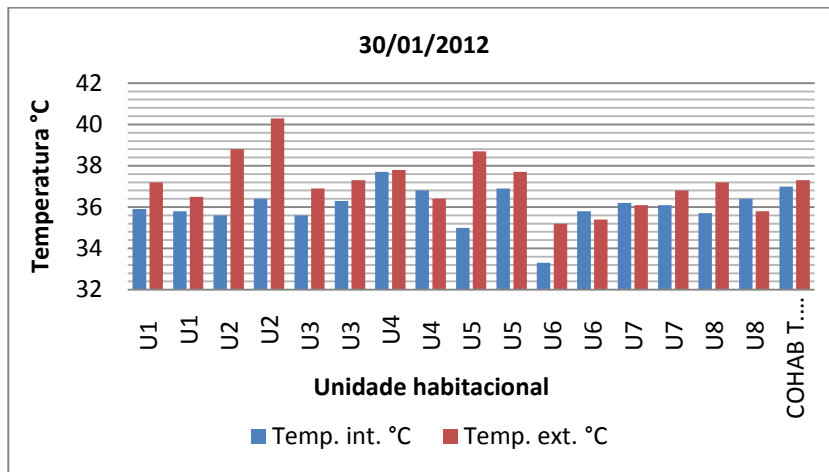


Figura 20 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 30/01/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais

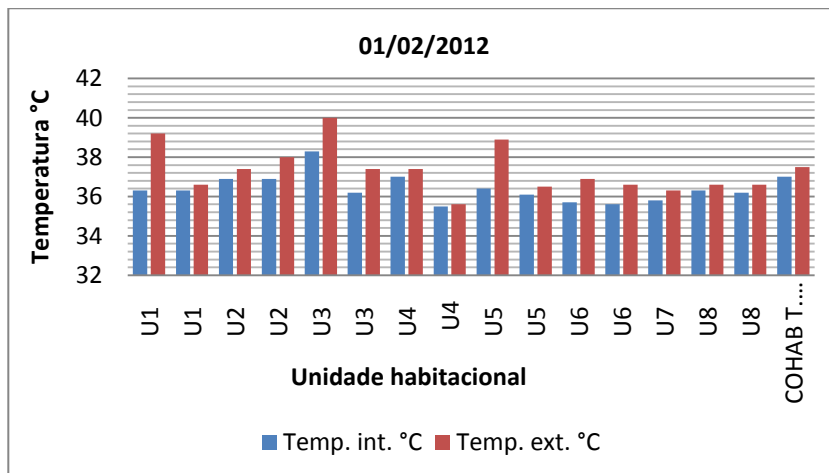


Figura 21 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 01/02/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais

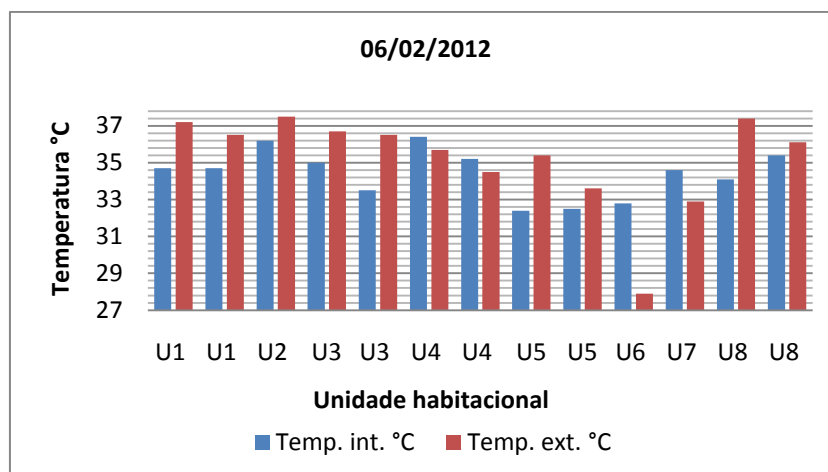


Figura 22 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 06/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

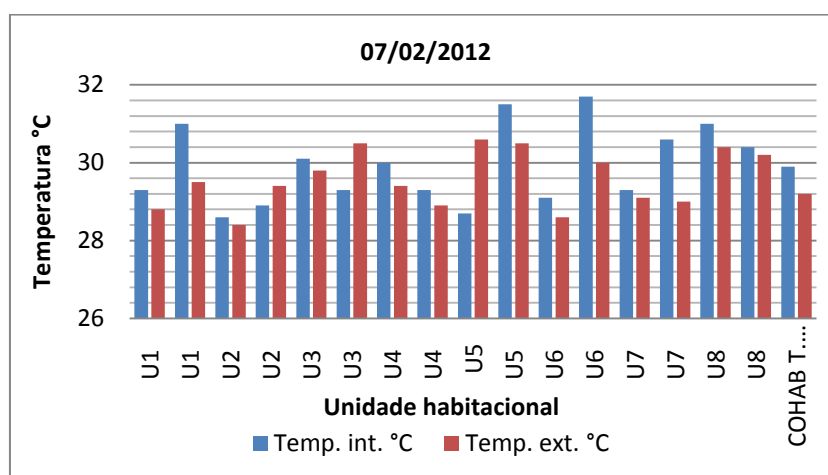


Figura 23 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 07/02/2012 para habitações de ambos os conjuntos habitacionais

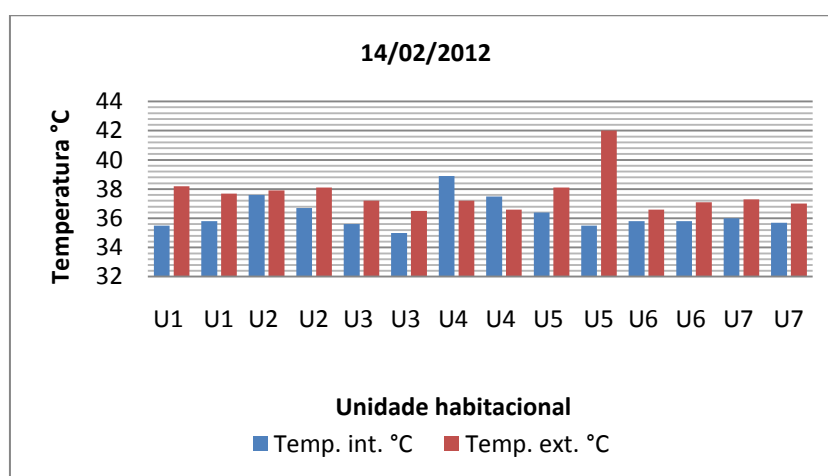


Figura 24 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 14/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

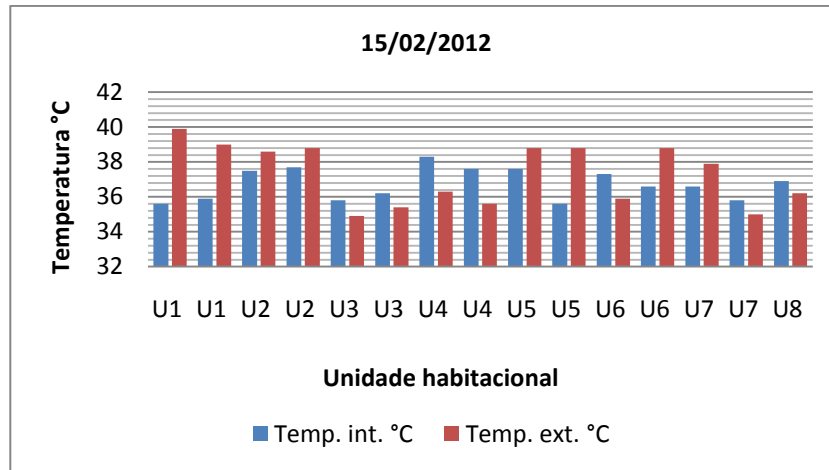


Figura 25 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 15/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

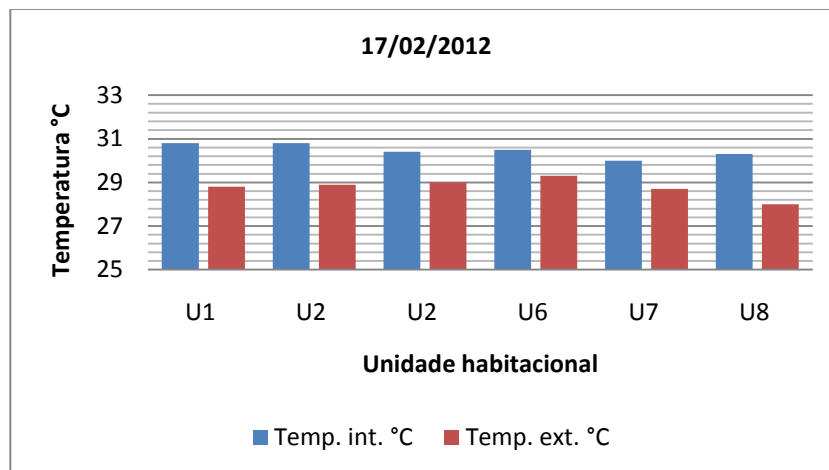


Figura 26 - Temperaturas internas e externas registradas durante as entrevistas do dia 17/02/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

Observando os registros de temperaturas internas e externas obtidos no momento das entrevistas, pode-se perceber que os dias em que ocorreram as entrevistas apresentaram, na maioria das vezes, muito calor com temperatura externa máxima de 42 °C e temperatura mínima de 27,9 °C. As temperaturas registradas no interior das habitações estavam, geralmente, muito próximas ou ligeiramente abaixo das externas e variaram entre 28,6 °C e 38,9 °C, ultrapassando o limite superior da zona de conforto térmico estabelecido por Givoni (1992), ou seja, 29 °C. Em algumas medições, as temperaturas internas ficaram acima das externas. Este fato pode ser decorrente da falta de ventilação da habitação, que não é suficiente para a retirada de calor do meio interior, do uso de algum equipamento, como

fogão à gás, que contribui para produzir calor, ou pelas características construtivas da habitação.

Os resultados quanto às informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados estão apresentados na tabela 33. A maioria das pessoas relatou não estar em desconforto em relação a sua vestimenta, já que estavam vestindo roupas leves, próprias para o verão.

Tabela 33 - Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados do Residencial Cipriano da Rocha e COHAB Tancredo Neves

Faixa de temperatura interna (°C)	Neste momento, como você está se sentindo?	Neste momento, como você gostaria de estar se sentindo?	De que maneira você se encontra neste momento?
Residencial Cipriano da Rocha			
28,0 - 28,9	só com um pouquinho de calor	assim mesmo	confortável
29,0 - 29,9	só com um pouquinho de calor	mais refrescado e bem mais refrescado	levemente desconfortável
30,0 - 30,9	em bem-estar	bem mais refrescado	confortável
31,0 - 31,9	com calor e com muito calor	mais refrescado e bem mais refrescado	levemente desconfortável e muito desconfortável
32,0 - 32,9	só um pouquinho de calor	bem mais refrescado	confortável e levemente desconfortável
33,0 - 33,9	com muito calor	bem mais refrescado	desconfortável
34,0 - 34,9	com muito calor	bem mais refrescado	muito desconfortável
35,0 - 35,9	com muito calor	bem mais refrescado	muito desconfortável
36,0 - 36,9	com muito calor	bem mais refrescado	levemente desconfortável
37,0 - 37,9	com muito calor	bem mais refrescado	levemente desconfortável e desconfortável
38,0 - 38,9	com muito calor	bem mais refrescado	muito desconfortável
COHAB Tancredo Neves			
29,9	com calor	só um pouquinho mais refrescado	levemente desconfortável
33,8	só com um pouquinho de calor	bem mais refrescado	confortável
37	só com um pouquinho de calor	mais refrescado	levemente desconfortável
37	com muito calor	mais refrescado	confortável
37,5	com muito calor	bem mais refrescado	levemente desconfortável

Analisando os dados, percebe-se que, para praticamente todas as faixas de temperaturas internas registradas, os moradores relataram sentir desconforto em relação à

sensação térmica dentro da habitação, o que está de acordo com o estabelecido por Givoni (1992), conforme as temperaturas mensuradas. No geral, quanto maior a temperatura no interior da habitação, maior a sensação de desconforto térmico, menor o grau de satisfação e menor o grau de conforto térmico do entrevistado.

Verifica-se, também, que, para alguns intervalos de temperatura, houve discrepância entre o valor medido e o relato de sensação, preferência térmica e o grau de conforto. Por exemplo, na faixa de temperatura de 29,0-29,9 °C, a maioria dos entrevistados no Residencial Cipriano da Rocha estava só com um pouquinho de calor, preferia estar mais refrescada e bem mais refrescada e estava sentindo-se levemente desconfortável, enquanto que, na faixa de temperatura entre 30,0-30,9 °C, superior a anterior, a maioria dos entrevistados estava em bem-estar, preferia estar bem mais refrescada e estava sentindo-se confortável. Esta discrepância pode estar associada com os hábitos dos entrevistados no momento da entrevista, como, por exemplo, o uso do ventilador para melhorar a sensação de conforto térmico, com as tarefas desenvolvidas antes de responder o questionário, com as preferências térmicas individuais dos entrevistados, ou com os fatores ambientais do momento da entrevista, como a maior velocidade dos ventos ou umidade do ar.

Considera-se que o limite superior da zona de conforto de Givoni está adequado para o perfil da população entrevistada, mesmo que, na faixa de temperatura entre 28,0 °C a 28,9 °C, as pessoas relataram sentir só com um pouquinho de calor. O limite foi considerado adequado pois, para esta mesma faixa de temperatura, as pessoas relataram que gostariam de estar assim mesmo e estão confortáveis em relação à temperatura.

Portanto, analisando as sensações dos entrevistados, verifica-se a baixa qualidade térmica das habitações em estudo e este resultado é ainda mais preocupante ao se tratar de HIS em que os moradores, geralmente, não apresentam condições financeiras para melhorar a sensação de conforto térmico da residência através de métodos artificiais ou por meio de melhorias nos fechamentos das habitações.

6.1.2. Período inverno

Durante o inverno, as entrevistas foram realizadas entre os dias 09 e 27 de julho, pela manhã, um dos períodos mais frios do dia. No Residencial Cipriano da Rocha houve a desistência de cinco entrevistados, assim como da única pessoa da COHAB Tancredo Neves.

Desta forma, foram entrevistadas somente onze pessoas no Residencial Cipriano da Rocha na etapa de inverno. Dentre estas, três pessoas não completaram as oito entrevistas, faltando 4, 1 e 2 etapas, respectivamente, por motivos de viagem e emprego.

O inverno de 2012 apresentou uma variação de temperatura significativa entre as mínimas e máximas, intercalando períodos de dias muito frios e muito quentes, em que as temperaturas inferiores aproximaram-se de 0,0 °C e as superiores alcançaram os 32,0 °C. A figura 27, abaixo, ilustra a variação de temperatura durante todo o inverno em que foram feitas as entrevistas com os moradores.

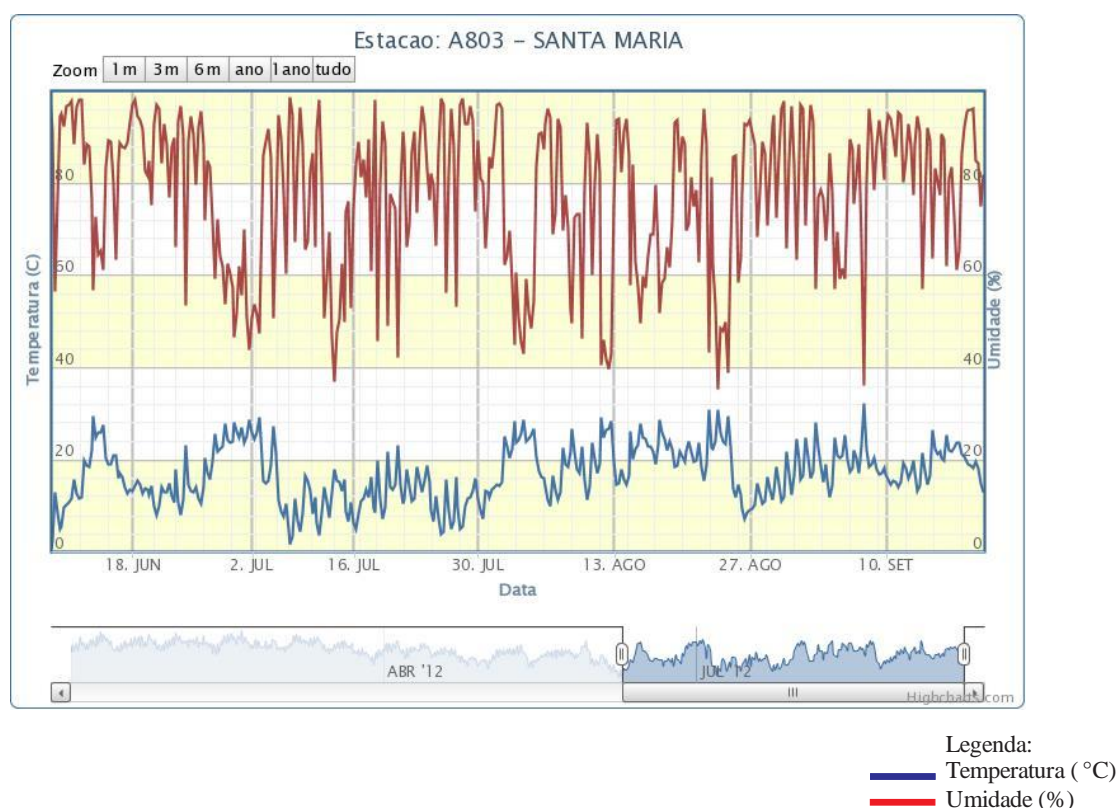


Figura 27 - Dados de temperatura e umidade para o período de inverno do ano de 2012 para a cidade de Santa Maria, RS

Fonte: INMET (2012b)

O período em que ocorreram as entrevistas, entre os dias 09 e 27 de julho, compreende os dias mais frios do inverno de 2012. Para aproveitar estes dias de frio intenso, que não foram muitos nesta estação, optou-se por realizar as entrevistas mais de duas vezes por semana, nos dias 09, 12, 13, 14, 17, 19, 26 e 27 de julho.

Comparando as temperaturas mínimas e máximas registradas em Santa Maria durante o inverno de 2012 com os últimos dados de Normais Climatológicas existentes (1961-1990) para a cidade, que são apresentados na tabela 3 do item 2.4 deste trabalho, verifica-se que a temperatura mínima registrada neste ano foi inferior à média das mesmas das Normais Climatológicas, e que a temperatura máxima obtida do INMET para este mesmo período foi superior a média dos valores registrados durante os 30 anos. Desta forma, o inverno de 2012 pode ser considerado atípico.

Houve a preocupação de aplicar o questionário em dias frios e com temperaturas semelhantes nos dias anteriores para que a habitação estivesse estabilizada termicamente com o meio externo. Abaixo, a figura 28 apresenta o comportamento da temperatura durante o período de entrevistas.

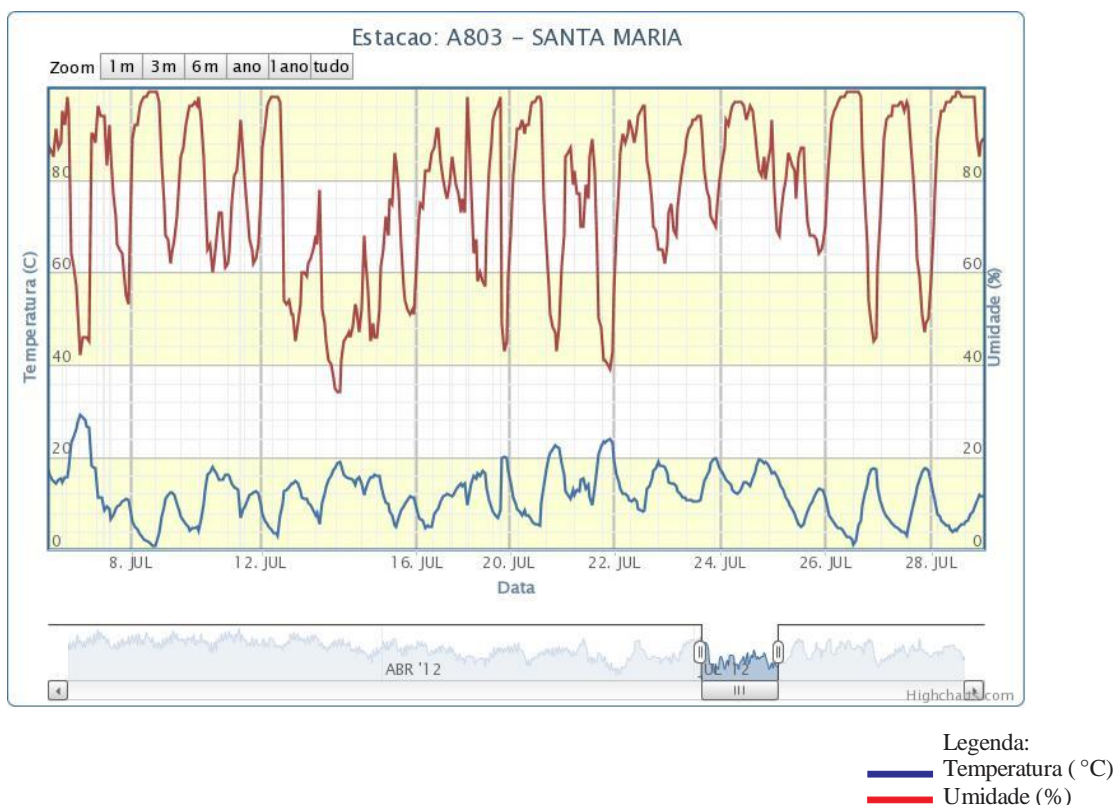


Figura 28 - Dados de temperatura e umidade para o período de inverno do ano de 2012 em que foram aplicados os questionários

Fonte: INMET (2012b)

Os dias durante o período de análise, 09 a 27 de julho, são semelhantes termicamente, somente apresentando temperaturas mais elevadas entre os dias 20 e 22 de julho, quando não ocorreram entrevistas. A menor temperatura registrada foi 0,0 °C e a maior foi de 24,0 °C.

6.1.2.1. Informações sobre a residência

As informações sobre as habitações do Residencial Cipriano da Rocha estão apresentadas na tabela 34 a seguir. Verifica-se a insatisfação em relação ao conforto térmico das habitações também para o período de inverno, uma vez que todos os entrevistados consideram a sua habitação fria nesta estação, independente da orientação solar. Este fato pode ser justificado devido à ausência de estratégias bioclimáticas de aquecimento solar passivo nas edificações, que não são adequadas em seus métodos construtivos para as características climáticas locais. Ainda, há um agravante na configuração da envoltória destas edificações, uma vez que não há qualquer tipo de forro que isole a cobertura do restante da edificação, resultando em perdas significativas de calor por este fechamento.

Os cômodos indicados como sendo os mais frios no inverno durante o dia e a noite são aqueles submetidos à menor incidência solar, geralmente orientados a Sul, em que, devido à baixa resistência térmica do envelope construtivo, há a transferência de calor entre o ambiente interno, geralmente mais quente, para o externo. Além disso, estes cômodos apresentam orientação mais suscetível aos ventos frios de inverno, colaborando para reduzir as temperaturas internas devido à infiltração de ar, pois as esquadrias não são adequadas quanto à estanqueidade, apresentando frestas. Ainda, moradores de duas habitações consideraram cômodos orientados a Norte os mais frios no inverno durante o dia e a noite. Este fato explica-se já que estes cômodos posicionam-se nas fachadas laterais da habitação e, portanto, há o sombreamento da insolação ocasionado pela edificação vizinha, já que no inverno o sol descreve uma trajetória mais baixa na abóbada celeste.

Tabela 34 - Resultados quanto às informações sobre as residências para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno

	Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas						
			8	9	10	11	12	13	
RCR	Norte	Oeste (unid. 1)	sim	quarto fundos	quarto fundos	sala/cozinha quarto frente	sala/cozinha quarto frente	cobertura aberturas	sim, paredes e chão da cozinha e banheiro
		Leste (unid. 5)	sim	quarto fundos	sala/cozinha quarto fundos	quarto frente	quarto frente	cobertura	não
			sim	quarto fundos	quarto fundos	sala/cozinha quarto frente	sala/cozinha quarto frente	cobertura	não
	Sul	Oeste (unid. 6)	sim	sala/cozinha	sala/cozinha	quarto fundos	quarto fundos	cobertura	sim, paredes do banheiro e quarto fundos
			sim	sala/cozinha quarto frente	sala/cozinha quarto frente	quarto fundos	quarto fundos	paredes aberturas	sim, paredes da sala e telhas da cobertura
		Leste (unid. 2)	sim	sala/cozinha quarto frente	sala/cozinha quarto frente	quarto fundos	quarto fundos	cobertura	sim, paredes da sala
	Oeste	Norte (unid. 7)	sim	todos os cômodos	sala/cozinha	sala/cozinha	quarto frente	cobertura	sim, paredes do banheiro e cozinha e telhas da cobertura
		Sul (unid. 3)	sim	sala/cozinha	sala/cozinha	quarto frente	quarto frente	cobertura	sim, paredes do banheiro e telhas da cobertura
			sim	sala/cozinha	sala/cozinha	quartos	quartos	cobertura aberturas	sim, chão cozinha e sala
		Leste	Norte (unid. 4)	sim	sala/cozinha	sala/cozinha	quarto fundos	quarto fundos	cobertura
	Sul (unid. 8)		sim	sala/cozinha	sala/cozinha	quarto fundos	quarto fundos	aberturas	sim, chão da cozinha e do banheiro

Legenda:

8) Você considera sua casa fria no inverno?

9) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais frio(s) no inverno durante o dia?

10) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais frio(s) no inverno durante a noite?

11) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos frio(s) no inverno durante o dia?

12) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos frio(s) no inverno durante a noite?

13) Qual elemento da casa você considera que seja o principal responsável pela entrada do frio durante o inverno?

14) Sua casa apresenta mofo, bolor ou umidade no inverno? Se sim, em qual local?

Os cômodos indicados como sendo os mais quentes no inverno durante o dia e a noite são aqueles geralmente orientados a Norte, orientação mais favorável quanto à incidência solar. Este resultado deu-se principalmente nas habitações que apresentam fachadas frontais ou dos fundos com orientação Norte, em que não há interferência na insolação das edificações vizinhas. Para as edificações em que as fachadas laterais são Norte e, portanto, sofrem sombreamento, os cômodos apontados como os mais quentes durante o dia e a noite são aqueles, em geral, orientados a Oeste.

Em suma, como já era esperado, percebe-se a importância da orientação solar dos fechamentos das habitações para maximizar os ganhos de calor no inverno devido à radiação solar e o aquecimento solar passivo.

A cobertura foi o elemento da habitação apontado pela maioria dos entrevistados como o principal responsável pela perda de calor nas habitações. Realidade já esperada, em virtude da baixa resistência térmica deste fechamento, principalmente pela ausência de forro. Além disso, esta indicação dos moradores corrobora com os resultados encontrados nos cálculos das perdas de calor pela edificação (apresentados no Apêndice 1), em que a cobertura obteve maior contribuição neste quesito. O segundo elemento mais citado pelos entrevistados foram as aberturas. Frequentemente, esquadrias de HIS são de baixa qualidade e apresentam frestas significativas, dificultando o isolamento térmico adequado da habitação e contribuindo para a infiltração de ar frio para o meio interno. Para agravar a situação, a maioria dos moradores não apresenta condições financeiras para a manutenção das esquadrias, como, por exemplo, a troca dos vidros quebrados, realidade muitas vezes observada durante as entrevistas. Contudo, outro fato constatado no decorrer das entrevistas é o hábito dos moradores manterem as esquadrias abertas durante o dia, contribuindo para que o calor gerado na habitação pelas pessoas ou por equipamentos, como fogão à lenha ou aquecedor, seja dissipado. Este hábito pode estar relacionado com a sensação de confinamento provocada pelas áreas exíguas das habitações. Manter a porta aberta, por exemplo, pode contribuir para a percepção de área ampliada, pois permite a integração dos meios interior e exterior.

O último questionamento realizado quanto às informações sobre as residências foi sobre a presença de mofo, bolor ou umidade na edificação. A grande maioria dos moradores apontou a presença destes elementos, principalmente nas paredes, no chão e nas telhas da cobertura das habitações. Um dos fatores que podem contribuir para o aparecimento de mofo, bolor ou umidade numa edificação é a condensação sobre as superfícies internas. Conforme os cálculos quanto às temperaturas superficiais internas dos fechamentos para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha, há a possibilidade de condensação apenas sobre as telhas,

portas e janelas sem venezianas. Porém, de acordo com Cunha et al. (2008), a condensação não é um fator determinante para a incidência destes problemas uma vez que, atualmente, sabe-se que outros fatores podem contribuir para o aparecimento destas patologias, como determinados intervalos de temperatura e umidade ideais, limpeza não adequada de superfícies proporcionando substrato para a proliferação de fungos, a ventilação incipiente, entre outros. A presença destes problemas é um fator que demonstra a baixa qualidade construtiva das habitações, visto que pode causar sérios transtornos de saúde para os moradores que costumam encontrar dificuldades no acesso à saúde e pode explicar a abertura de janelas, mesmo durante o inverno, para melhorar a qualidade do ar.

6.1.2.2. Informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores

Os resultados sobre os hábitos dos entrevistados estão descritos nas tabelas 35 e 36. Percebe-se que, assim como no período do verão, no inverno, apesar do frio intenso, os moradores preferem frequentemente permanecer no exterior de suas habitações, principalmente de manhã e tarde, períodos em que podem aquecer-se no sol quando possível, sentindo-se menos desconfortáveis neste local do que dentro das próprias habitações. Este fato demonstra que as edificações também apresentam fragilidades quanto ao conforto térmico para esta estação do ano, ao não apresentarem métodos construtivos eficientes e em conformidade com as condições climáticas locais para garantirem a sensação de conforto no interior da habitação. Os outros cômodos citados como de maior permanência quando as pessoas sentem frio são aqueles, geralmente, em que há a maior incidência do sol, tornando-os mais aquecidos, aqueles em que as pessoas possam utilizar de meios para se aquecer, como cobertores e fogão à lenha, ou nos cômodos onde possam assistir televisão.

Tabela 35 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno

Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas											
		15			16	17	18	19	20	21	22	23	
		manhã	tarde	noite									
RCR	Norte	Oeste (unid. 1)	sala pátio	sala pátio	sala quartos	banho quente, cobertor	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui
		Leste (unid. 5)	sala sala/cozinha	sala pátio sala/cozinha	quarto frente sala quarto frente	banho quente, cobertor, sol	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui
	Sul	Oeste (unid. 6)	quarto frente	quarto frente	quarto frente	banho quente, cobertor	noite	raramente	quartos	não possui	não possui	não possui	não possui
			pátio	pátio	sala	banho quente, cobertor	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui
		Leste (unid. 2)	pátio quarto	pátio	quarto	banho quente, sol cobertor, se	não possui	não possui	não possui	sim	manhã noite	alguns dias	quarto fundos
	Oeste	Norte (unid. 7)	sala/cozinha	sala/cozinha	quarto frente	agasalha bem, sol, fogão à lenha	não possui	não possui	não possui	sim	manhã	raramente	cozinha
		Sul (unid. 3)	pátio sala	pátio	quarto sala	fogão à lenha, sol banho quente, cobertor	não possui	não possui	não possui	sim	noite	alguns dias	cozinha não possui

Tabela 35 – continuação

	Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas										
			15			16	17	18	19	20	21	22	23
			manhã	tarde	noite								
RCR	Leste	Norte (unid. 4)	pátio	pátio	quarto	cobertor, sol	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui
		Sul (unid. 8)	pátio	pátio	quarto fundos	banho quente, sol	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui

Legenda:

15) No inverno, quando você sente muito frio, onde você costuma ficar durante a manhã, tarde e noite?

16) No inverno, o que você faz para diminuir a sensação de frio?

17) Caso a pessoa utilize o aquecedor no inverno, em que período do dia você normalmente costuma ligá-lo mais vezes?

18) Com qual frequência?

19) Em quais cômodos o aquecedor é mais usado?

20) Você utiliza fogão à lenha no inverno?

21) Em que período do dia você normalmente costuma ligar o fogão à lenha mais vezes? manhã, tarde ou noite?

22) Com qual frequência?

23) Em qual cômodo da casa o fogão à lenha está localizado?

Tabela 36 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno

	Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas				
			24	25	26	27	28
RCR	Norte	Oeste (unid. 1)	não	sim	sim, noite	(A) sim (B) sim	colocaria forro, rebocaria as paredes, ampliaria a casa
		Leste (unid. 5)	não	não	sim, noite	(A) não (B) sim	colocaria forro
	Sul	Oeste (unid. 6)	não	sim/não	sim, noite	(A) sim (B) sim	colocaria forro e piso
		Leste (unid. 2)	não	não	sim, manhã, tarde e noite	(A) sim (B) sim	colocaria forro
	Oeste	Norte (unid. 7)	não	sim	sim, noite	(A) sim (B) sim	colocaria forro e esquadrias com melhor vedação
		Sul (unid. 3)	não	sim	sim, noite	(A) sim (B) sim	colocaria forro
	Leste	Norte (unid. 4)	não	sim	sim, manhã e noite	(A) sim (B) sim	colocaria forro
		Sul (unid. 8)	não	sim	sim, noite	(A) sim (B) sim	colocaria forro

Legenda:

24) Utiliza algum outro equipamento para amenizar a sensação de frio no inverno? Se sim, qual?

25) Quando está com frio, você consegue permanecer em algum cômodo da casa sem utilizar o aquecedor ou outro tipo de equipamento que melhore a sensação de conforto?

26) No inverno, costuma manter as janelas totalmente fechadas? Se sim, em quais períodos?

27) Você cozinha em casa durante a semana? almoço (A), janta (J)

28) O que você mudaria em sua casa para ela ficar menos fria no inverno?

Os artifícios comumente utilizados pelos moradores do Residencial Cipriano da Rocha para diminuir a sensação de frio são banho quente, o uso de cobertores, aquecer-se no sol, agasalhar-se bem e acender o fogão à lenha. Apenas uma pessoa entrevistada possui aquecedor para amenizar as temperaturas baixas no inverno e, devido às poucas condições financeiras, o aquecedor é utilizado raramente, nos quartos, somente no período da noite. Também é pequeno o número de pessoas que possuem fogão à lenha em suas habitações, correspondendo a três entrevistados.

Devido às dificuldades na obtenção de lenha decorrente dos altos preços e dos poucos recursos financeiros das famílias, o fogão à lenha também é pouco utilizado e apenas pela manhã e à noite, períodos mais frios do dia. Em duas habitações, o fogão à lenha está localizado na cozinha e, na outra, no quarto dos fundos. Nenhuma família apresenta algum outro tipo de equipamento para melhorar a sensação de conforto térmico no inverno.

Apesar de considerarem a habitação fria no inverno, a maioria dos entrevistados consegue permanecer nela quando sente frio sem utilizar qualquer equipamento para aquecê-la, como fogão à lenha ou aquecedor. Ao contrário do verão, em que as pessoas já vestem roupas leves e mantem as janelas abertas, no inverno os moradores podem utilizar de outros meios para aquecerem-se mesmo estando dentro da habitação, como vestir roupas mais pesadas, tomar bebidas quentes, aproveitar o sol que incide pelas janelas e enrolar-se em cobertores.

Em relação à ventilação, a maioria dos entrevistados do Residencial Cipriano da Rocha relatou que abre as janelas durante manhã e tarde, fato que pode ser negativo para aqueles que utilizam o aquecedor e o fogão à lenha já que o calor produzido por estes equipamentos é perdido ao se abrir as janelas. A maioria dos entrevistados relatou cozinhar o almoço e o jantar em casa, porém a maioria utiliza o fogão a gás já que são poucos os que possuem fogão à lenha e mesmo assim não apresentam recursos para utilizá-lo frequentemente.

Quanto às mudanças que o entrevistado faria em sua habitação para melhorar o conforto térmico durante o inverno, as mais apontadas pelos moradores do Residencial Cipriano da Rocha foram a colocação de piso e forro, solução que contribui para um aumento da resistência térmica das edificações, principalmente para a cobertura, elemento frágil para estas habitações quanto às perdas de calor. Outras melhorias apontadas foram a melhor vedação das esquadrias, demonstrando que os entrevistados tem noção da sua importância para impedir que o ar interno, geralmente mais quente, seja dissipado em decorrência das frestas, diminuindo as temperaturas internas; o reboco em paredes que também contribui para

umentar a resistência térmica do envelope construtivo, e assim, amenizar a transferência térmica entre o meio externo e interno; e a ampliação da habitação, que pode contribuir para melhorar a inércia térmica da edificação.

6.1.2.3. Informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista

As informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista estão apresentadas na tabela 37 a seguir.

Na maioria das vezes, os moradores permaneceram em casa no dia da entrevista. Apenas um morador entrevistado apresenta aquecedor que geralmente permanece ligado a noite e nos quartos. Dos três moradores que possuem fogão à lenha, um acende-o constantemente, um não acendeu na maioria das vezes e o outro acendeu exatamente na metade dos dias em que ocorreram as entrevistas. Acende-se o fogão à lenha prioritariamente no período da noite, em que a temperatura é constantemente baixa. O uso recorrente de meios artificiais, que são onerosos para as condições financeiras dos moradores na busca de um melhor conforto térmico no interior da habitação, demonstra a má qualidade construtiva e o baixo desempenho térmico também para o período de inverno. Ainda, a maioria dos entrevistados manteve todas as janelas da habitação fechadas desde a noite anterior até o momento em que foram entrevistados.

Tabela 37 - Resultados quanto às informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista das habitações do Residencial Cipriano da Rocha (RCR), conforme orientação solar, para situação de inverno

	Fachada frontal	Fachada lateral	Perguntas					
			29	30	31	32	33	34
RCR	Norte	Oeste (unid. 1)	sim	não possui	não possui	não possui	sim, ontem à noite, madrugada, manhã	todos
		Leste (unid. 5)	sim	não possui	não possui	não possui	sim, ontem à noite, madrugada	todos
	Sul	Oeste (unid. 6)	sim	sim, ontem à noite	quartos	não possui	sim, ontem à noite, madrugada, manhã	todos
			sim	não possui	não possui	não possui	sim, ontem à noite, madrugada, manhã	todos
		Leste (unid. 2)	sim	não possui	não possui	sim, ontem à noite	sim, ontem à noite, madrugada	todos
	Oeste	Norte (unid. 7)	sim	não possui	não possui	não	sim, ontem à noite, madrugada, manhã	todos
		Sul (unid. 3)	sim	não possui	não possui	não/sim, ontem à noite	sim, ontem à noite, madrugada, manhã	todos
	Leste		sim	não possui	não possui	não possui	sim, ontem à noite, madrugada, manhã	todos
		Norte (unid. 4)	sim	não possui	não possui	não possui	sim, ontem à noite, madrugada	todos
		Sul (unid. 8)	sim	não possui	não possui	não possui	sim, ontem à noite, madrugada, manhã	todos

Legenda:

29) Você permaneceu em casa desde ontem à noite até o momento da entrevista?

30) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar o aquecedor? Se sim, que horas ele ficou ligado?

31) Em quais cômodos da casa?

32) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar o fogão à lenha para aquecer a casa? Se sim, em qual horário?

33) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de fechar as janelas para manter a casa aquecida? Se sim, em que horário?

34) Em quais cômodos da casa?

6.1.2.4. Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados

O registro das temperaturas internas e externas e UR para cada dia de entrevista para as habitações avaliadas pode ser observado nas figuras 29 a 36 a seguir. Conforme já dito, as entrevistas ocorreram apenas no Residencial Cipriano da Rocha e somente onze pessoas foram entrevistadas na etapa de inverno. Dentre estas, três pessoas não completaram as oito entrevistas, faltando 4, 1 e 2 etapas, respectivamente.

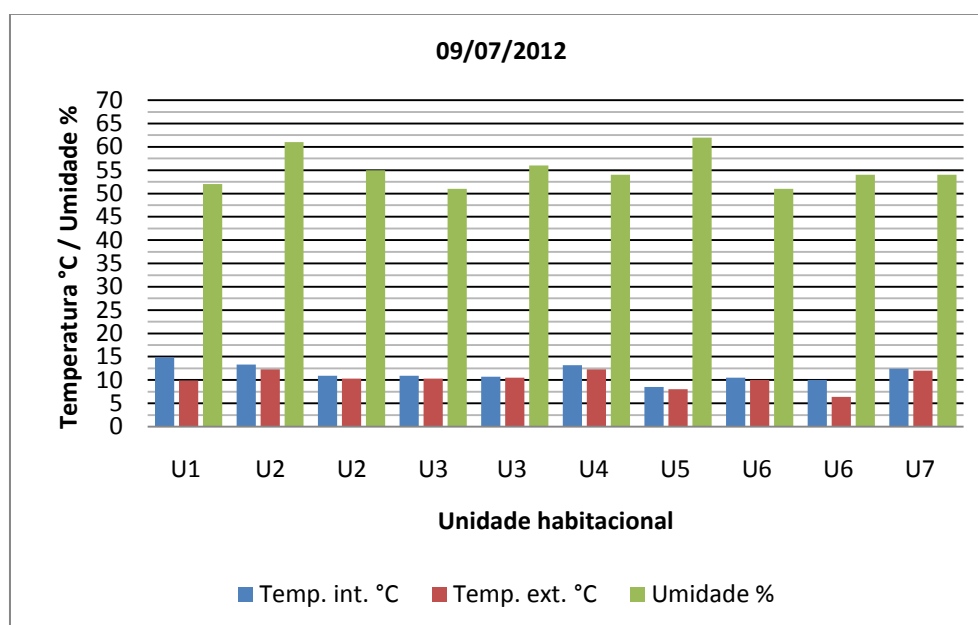


Figura 29 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 09/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

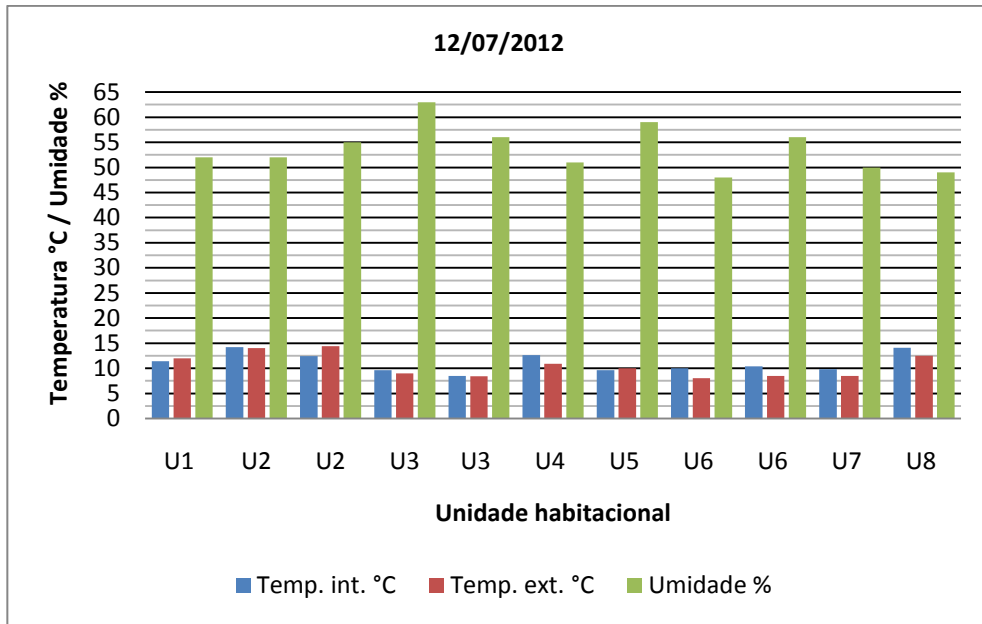


Figura 30 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 12/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

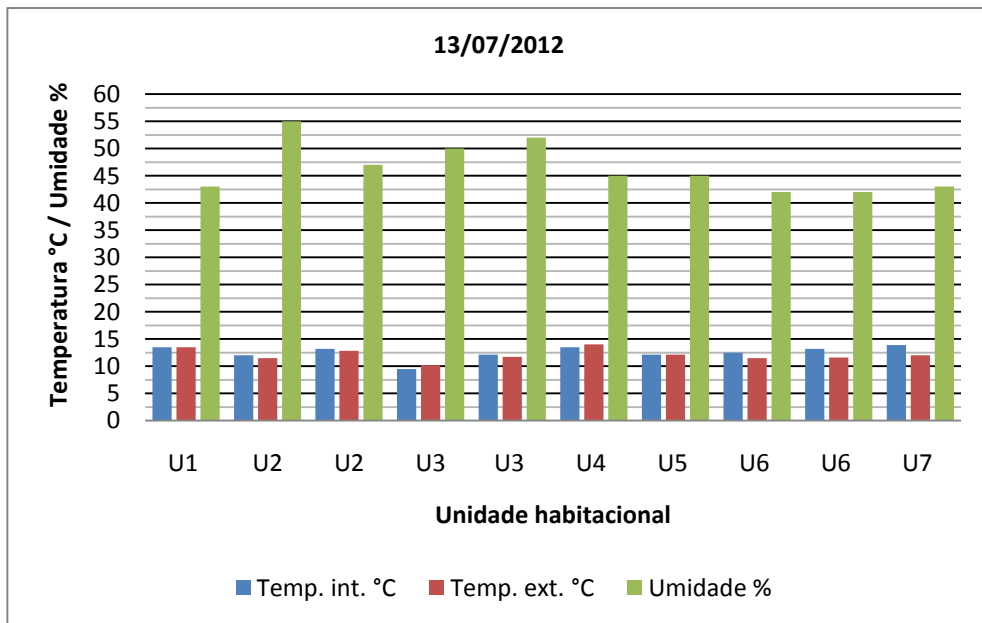


Figura 31 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 13/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

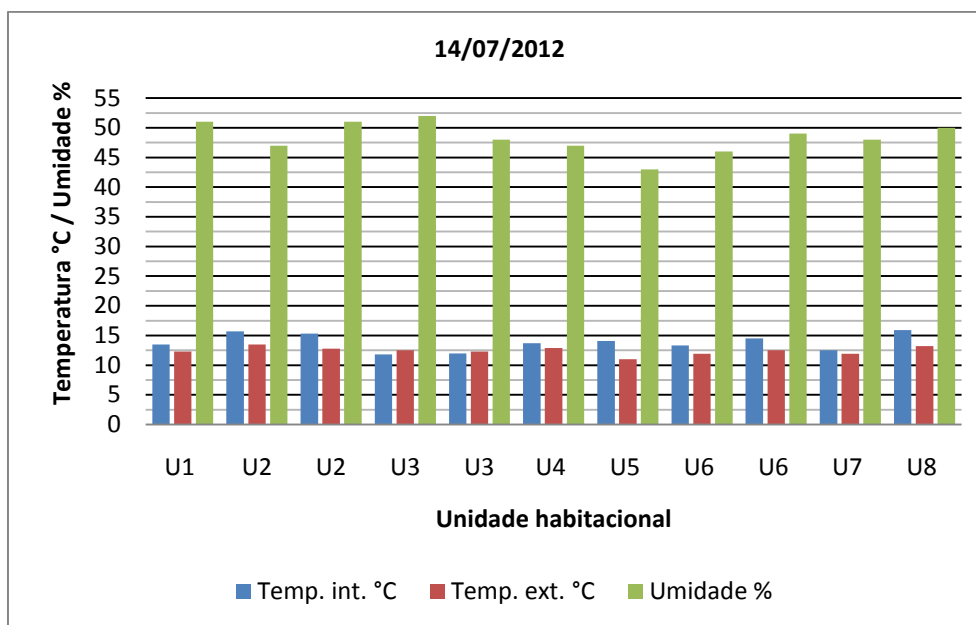


Figura 32 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 14/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

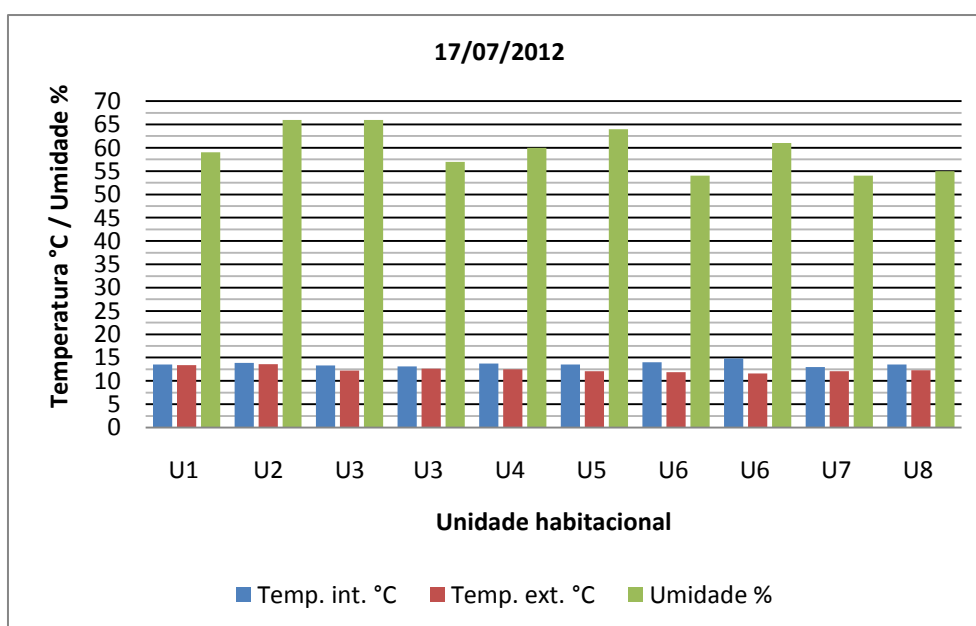


Figura 33 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 17/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

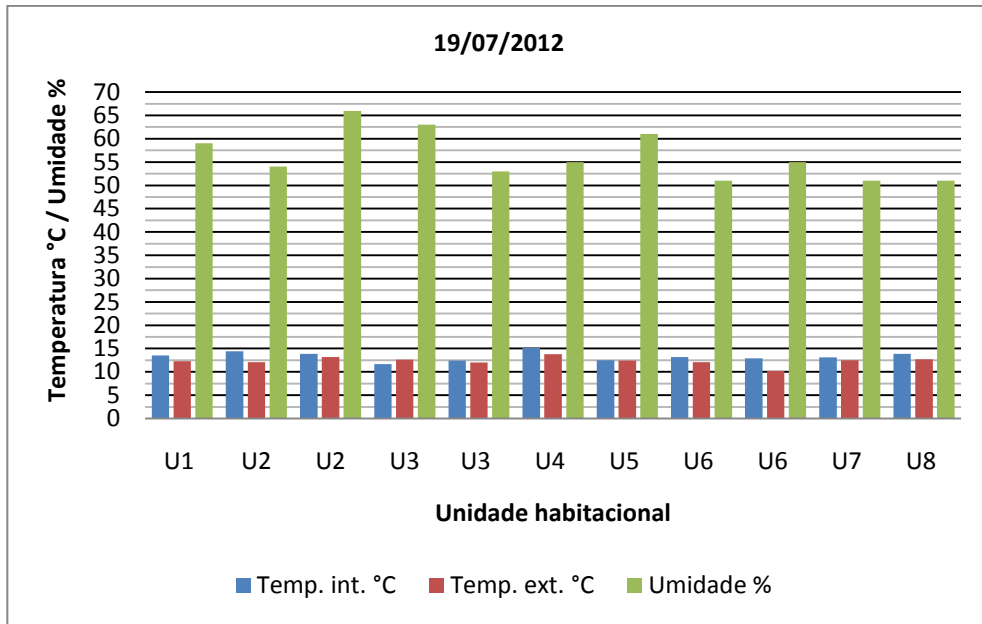


Figura 34 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 19/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

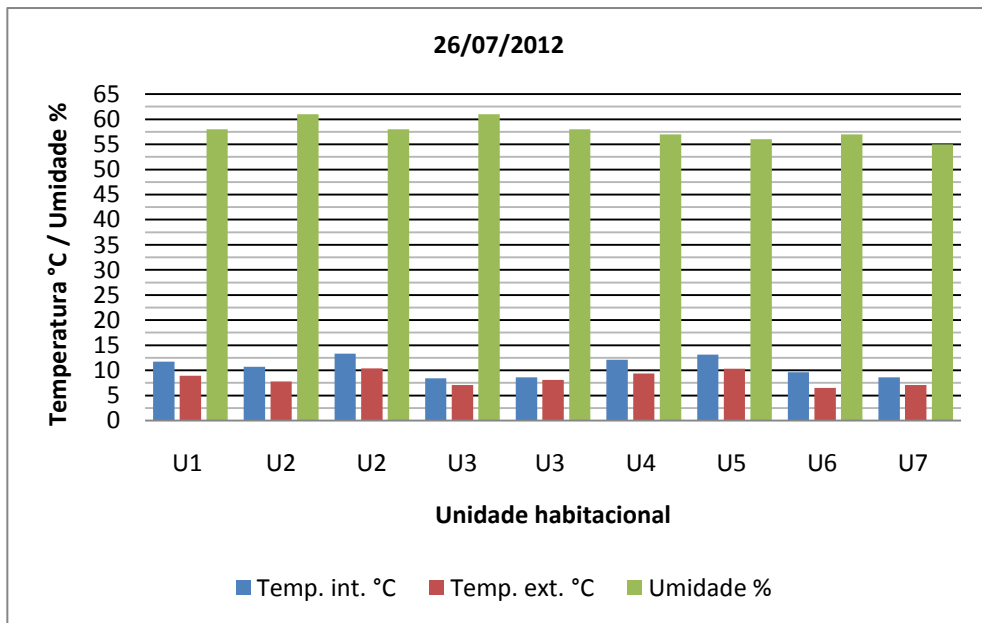


Figura 35 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 26/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

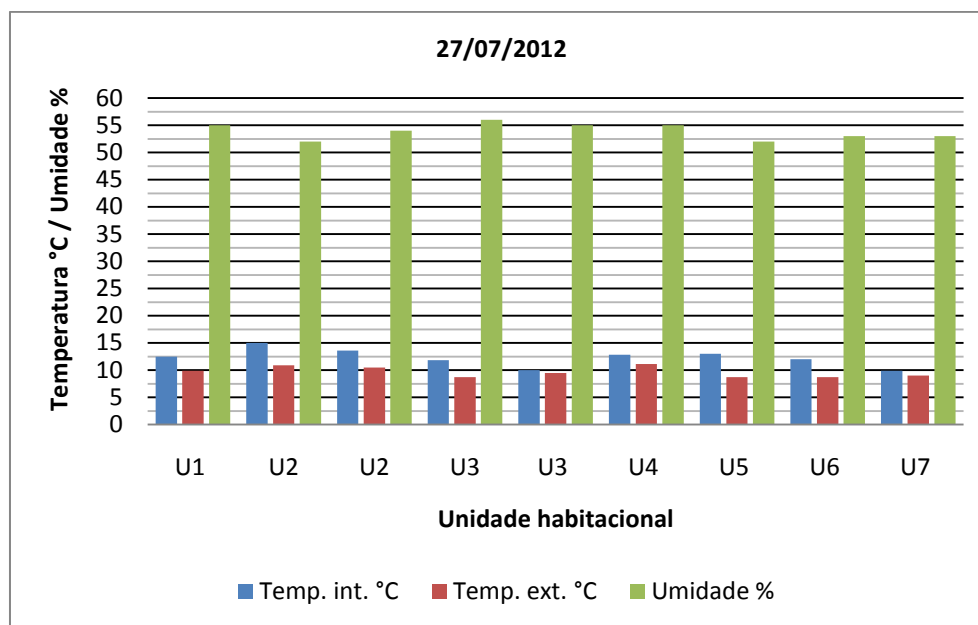


Figura 36 - Temperaturas internas e externas e umidades relativas registradas durante as entrevistas do dia 27/07/2012 para habitações do Residencial Cipriano da Rocha

Os dias em que ocorreram as entrevistas foram, na maioria das vezes, muito frios com as temperaturas externas variando entre 6,4 °C e 14,4 °C. As temperaturas registradas no interior das habitações estavam, geralmente, acima das externas e apresentaram variação entre 8,4 °C e 15,9 °C, não alcançando o limite inferior da zona de conforto térmico estabelecido por Givoni (1992), ou seja, 18,0 °C.

Os resultados quanto às informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados estão apresentados na tabela 38. A maioria das pessoas relatou não estar em desconforto em relação a sua vestimenta, já que estavam vestindo roupas pesadas, próprias para o inverno.

Analisando os dados, percebe-se que, para a maioria das faixas de temperaturas internas registradas, os moradores relataram sentir desconforto em relação à sensação térmica dentro da habitação, o que está de acordo com o estabelecido por Givoni (1992), já que as temperaturas registradas estão abaixo do limite inferior da zona de conforto. No geral, quanto maior a temperatura no interior da habitação, menor a sensação de desconforto térmico, maior o grau de satisfação e maior o grau de conforto térmico do entrevistado.

Tabela 38 - Informações sobre a sensação e preferência térmica dos entrevistados do Residencial Cipriano da Rocha

Faixa de temperatura interna (°C)	Neste momento, como você está se sentindo?	Neste momento, como você gostaria de estar se sentindo?	De que maneira você se encontra neste momento?
Residencial Cipriano da Rocha			
8,0 - 8,9	com frio	mais aquecido e bem mais aquecido	desconfortável
9,0 - 9,9	com frio	mais aquecido	confortável
10,0 - 10,9	com frio	mais aquecido	desconfortável
11,0 - 11,9	em bem-estar	assim mesmo	confortável
12,0 - 12,9	só um pouquinho de frio	mais aquecido	confortável
13,0 - 13,9	só um pouquinho de frio	assim mesmo	confortável
14,0 - 14,9	em bem-estar	assim mesmo	confortável e levemente desconfortável
15,0 - 15,9	em bem-estar	assim mesmo	confortável

Verifica-se, também, que, para alguns intervalos de temperatura, houve discrepância entre o valor medido e o relato de sensação, preferência térmica e o grau de conforto. Por exemplo, na faixa de temperatura de 11,0-11,9 °C, a maioria dos entrevistados estava em bem-estar, preferia estar assim mesmo e estava sentindo-se confortável, enquanto que, na faixa de temperatura entre 12,0-12,9 °C, superior a anterior, a maioria dos entrevistados estava só com um pouquinho de frio, preferia estar mais aquecido e estava sentindo-se confortável. Percebe-se que os moradores são menos suscetíveis às baixas temperaturas do inverno, uma vez que não se sentem desconfortáveis para as temperaturas entre as faixas de 14,0 °C e 15,0 °C, maiores temperaturas registradas, mas ainda inferiores às mínimas estimadas por Givoni (1992) para a sensação de conforto térmico. Estes fatos podem ser justificados pelos hábitos dos entrevistados no momento da entrevista, como, por exemplo, o uso de cobertores para se aquecer e melhorar a sensação de conforto térmico, com as tarefas desenvolvidas antes de responder o questionário, com as preferências térmicas individuais dos entrevistados, ou com os fatores ambientais do momento da entrevista, como a incidência solar no ambiente em que o morador manteve-se para responder o questionário.

O limite inferior da zona de conforto de Givoni não está adequado considerando a população entrevistada, visto que os entrevistados sentem-se confortáveis para temperaturas inferiores a 18,0 °C. Este mesmo resultado foi encontrado por Lazzarotto (2007) ao avaliar as condições de conforto térmico de crianças em salas de aula de duas escolas da cidade de

Ijuí/RS. Os resultados da pesquisa desenvolvida pela autora revelam que, para o período de inverno, os alunos sentiram mais calor do que fora estimado pelo modelo matemático.

A NBR 15575 (ABNT, 2008) estipula como limite inferior da zona de conforto a temperatura de 12,0 °C. Considerando esta norma, percebe-se que ela também não está de acordo para a população entrevistada, uma vez que para temperaturas acima de 12,0 °C os entrevistados relataram sentir frio e desconforto.

Portanto, conclui-se que, assim como no verão, no inverno as habitações também não proporcionam adequado conforto térmico aos moradores devido a sua baixa qualidade construtiva e por não apresentarem estratégias bioclimáticas, como aquecimento solar e paredes internas mais pesadas, o que contribuiria para um melhor desempenho térmico das habitações. Este resultado é muito preocupante já que os moradores, geralmente, não detem condições financeiras para melhorar a sensação de conforto térmico da habitação através de métodos artificiais, não possuem muitas roupas adequadas para o inverno e estão mais suscetíveis a doenças e as dificuldades ao acesso à saúde.

6.2. Comparação entre os resultados obtidos quanto à opinião dos entrevistados e ao desempenho térmico das habitações

Apesar de o número de entrevistados ter sido bastante reduzido, principalmente para a COHAB Tancredo Neves, não permitindo, portanto, generalizar os resultados, fez-se a comparação entre os resultados obtidos quanto à opinião dos entrevistados e ao desempenho térmico encontrado a partir do método proposto por Grigoletti (2007).

Comparando os resultados obtidos para as duas análises, percebe-se que o desempenho térmico insatisfatório das habitações encontrado a partir da aplicação do método de avaliação reflete a opinião dos entrevistados para ambos os conjuntos habitacionais. Os moradores indicam diversos sinais de descontentamento em relação ao desempenho das habitações, como ao considerar suas habitações quentes no verão e frias no inverno; sentir-se mais confortável no exterior das habitações que no interior para as duas estações avaliadas; necessidade do uso constante de equipamentos para melhorar a sensação de conforto térmico nas habitações, mesmo que este hábito gere custos que, para este tipo de população, é bastante oneroso em seus orçamentos familiares; necessidade de deixar as janelas abertas durante todo o dia no verão, mesmo que à noite a habitação esteja repleta de insetos. A opinião dos

moradores corrobora com o desempenho térmico das habitações e revela que elas apresentam fragilidades em relação ao conforto térmico para as duas situações climáticas estudadas e que não apresentam soluções projetuais adequadas para as condições climáticas da cidade de Santa Maria.

A insatisfação dos moradores em relação ao meio térmico das habitações e a conformidade entre opinião dos entrevistados e desempenho real podem ser observados por meio de algumas perguntas realizadas e de alguns parâmetros calculados. Resultados encontrados para os coeficientes volumétricos parciais e global de ganho e perda de calor pelas edificações, $GV_{\text{verão}}$ e GV_{inverno} , demonstram que elas são suscetíveis a trocas térmicas consideráveis, tanto no verão, quanto no inverno. O elemento apontado pela maioria dos entrevistados como sendo o principal responsável pelo ganho e perda de calor pela edificação é a cobertura, o que corrobora os resultados encontrados para estes parâmetros térmicos (apresentados detalhadamente no Apêndice 1), já que, para todas as habitações entrevistadas, a cobertura é o fechamento que mais contribui para os ganhos de calor no verão e a perda de calor no inverno.

Os cômodos assinalados pelos entrevistados como sendo os mais quentes no verão são aqueles voltados às fachadas norte e oeste para o Residencial Cipriano da Rocha e fachada noroeste para a habitação da COHAB Tancredo Neves. Esta informação pode ser comparada com os cálculos de $GV_{\text{verão}}$ (presentes no Apêndice 1) que demonstram que são justamente estas fachadas que apresentam maiores fluxos de calor, $Q_{\text{máx}}$, ratificando, assim, a coerente relação entre opinião dos entrevistados e resultados de desempenho das habitações.

Outro dado em que é possível observar essa relação é sobre a possibilidade de condensação. Os entrevistados do Residencial Cipriano da Rocha indicaram presença de mofo, bolor ou umidade principalmente nas paredes e no chão da sala/cozinha e banheiro e nas telhas da cobertura. Conforme os resultados obtidos quanto a este parâmetro, há ocorrência de condensação em todos os fechamentos exceto sobre venezianas e paredes. Acredita-se que há presença destas patologias nas paredes destes cômodos, pois é onde ocorre a maior produção de vapor, seja através do uso do chuveiro ou pelo cozimento de alimentos. Segundo CROSET (1976, p. 128), pode-se admitir que haja condensação nas paredes do banheiro e cozinha justamente por serem lugares mais úmidos.

As habitações do Residencial Cipriano da Rocha apresentaram diferentes desempenhos térmicos entre si, assim como quando comparadas com a habitação da COHAB Tancredo Neves. Porém, esta diferença de desempenho não pode ser observada no relato dos

entrevistados uma vez que não há diferenças significativas entre a opinião, hábitos e sensações expressas por eles.

7. CONCLUSÕES

A partir das análises propostas, pode-se concluir que:

1) Em relação à avaliação matemática de desempenho higrotérmico

- as habitações avaliadas a partir do método original de avaliação não alcançaram resultados satisfatórios, pois não apresentam fechamentos e características construtivas adequadas ao clima local;

- as habitações do Residencial Zilda Arns apresentam desempenho superior em relação às demais e este fato ocorre principalmente por possuírem coberturas mais favoráveis ao contexto climático de Santa Maria, com resistências térmicas superiores e possibilidade de ventilação, apesar de não apresentarem mecanismos de controle;

- habitações geminadas, desde que apresentem envoltória com resistência térmica adequada, apresentam melhor desempenho térmico em relação às habitações isoladas devido a redução da envoltória suscetível às trocas térmicas e ao aumento da inércia térmica em função da parede de geminação.

2) Em relação aos principais problemas verificados nas HIS que resultam em um mau desempenho térmico

- baixa resistência térmica do envelope construtivo; ausência de captação solar para aquecimento; ausência de ventilação nas coberturas; área para ventilação por cômodo insuficiente; posicionamento das aberturas que não propiciam a captação de ventos predominantes; dispositivos de segurança para ventilação noturna insuficientes e que reduzem muito a área efetiva de ventilação; impossibilidade de sombreamento das paredes voltadas às orientações mais desfavoráveis no verão.

3) Em relação às melhorias que podem ser propostas que proporcionem melhor conforto térmico aos usuários

- melhorias podem ser propostas apenas considerando o contexto climático local, como: coberturas mais resistentes termicamente, que apresentem mais camadas ou camadas mais espessas; possibilidade de ventilação controlada da cobertura; aberturas que atendam à área mínima exigida pelas normas de desempenho; posicionar as aberturas de acordo com os

ventos de verão predominantes; utilizar venezianas que propiciem maior área efetiva de ventilação; propor sombreamento das paredes voltadas às orientações mais desfavoráveis no verão, como brises ou com vegetação.

4) Em relação à adaptação do método de desempenho

- o método adaptado inclui os parâmetros que haviam sido considerados por influenciarem o desempenho higrotérmico de habitações locais;
- quando submetidas ao método adaptado, as habitações alcançaram desempenhos ainda mais inferiores comparados com o método original, por não satisfazerem os novos parâmetros adotados;
- as habitações do Residencial Zilda Arns apresentaram desempenho superior às demais, porém inferior ao resultado alcançado no método original, por satisfazerem, ainda que parcialmente, os novos parâmetros;
- o método adaptado confirma o mau desempenho térmico das habitações demonstrando que elas não apresentam técnicas construtivas adequadas ao clima local.

5) Em relação à opinião dos usuários

Apesar de o estudo ter ficado bastante restrito em um dos conjuntos habitacionais (COHAB Tancredo Neves) onde só foi possível avaliar uma habitação, não permitindo, portanto, generalizar os resultados, pode-se concluir que:

- os entrevistados consideram as habitações termicamente desconfortáveis nos dois períodos climáticos avaliados, estando insatisfeitos com o ambiente térmico em que vivem;
- os ambientes mais desconfortáveis são aqueles que possuem orientação solar mais desfavorável: Oeste para os ganhos de calor no verão e Sul para as perdas de calor no inverno, evidenciando a importância da orientação solar de cômodos e aberturas para minimizar ganhos de calor no verão e maximizar ganhos de calor no inverno;
- a cobertura foi apontada como o fechamento de maior contribuição às trocas térmicas tanto no verão quanto no inverno, indicando que os usuários tem noção empírica da importância desse elemento no conjunto dos fechamentos;
- os entrevistados percebem a importância da ventilação para o arrefecimento das temperaturas internas e para o conforto térmico durante o verão quando apontam o aumento de áreas de janelas para captar os ventos;

- a ventilação proporcionada pela habitação não parece ser suficiente para melhoria das condições de conforto em todas as habitações, principalmente para aquelas em que a orientação em relação aos ventos predominantes não permite a sua captação;

- em relação aos hábitos dos moradores, verifica-se que o interior das habitações, geralmente, apresenta condições de conforto inferiores ao meio exterior revelando que as soluções arquitetônicas não estão adequadas ao clima da região;

- o uso intensivo de equipamentos para melhorar a sensação de conforto térmico, que muitas vezes são ineficientes, evidencia o mau desempenho térmico das habitações;

- durante o inverno, as pessoas conseguem permanecer mais no interior da habitação, não por esta apresentar melhor desempenho térmico, mas porque os moradores podem utilizar de artifícios como a vestimenta ou o uso de cobertores para melhorar o conforto térmico;

- o conforto térmico durante o inverno poderia ser melhorado se os moradores evitassem de manter as janelas abertas durante o dia, o que pode contribuir para que o calor gerado no interior da habitação através do uso de equipamentos ou pela ocupação não seja dissipado;

- o grau de satisfação dos entrevistados, obtido através do PMV, durante os dois períodos de análise, reflete o baixo desempenho térmico das habitações.

6) Comparação entre desempenho e percepção dos usuários

- a insatisfação dos moradores reflete o desempenho higrotérmico calculado;
- os usuários demonstraram consciência sobre a importância do emprego de fechamentos mais adequados ao clima local e da orientação solar dos cômodos para melhorar as suas condições de conforto nas habitações;

- não foi possível perceber as diferenças entre o desempenho térmico alcançado pelas habitações na opinião dos entrevistados, uma vez que o relato dos entrevistados foi muito semelhante independente da orientação solar e da tipologia das habitações.

7) Intervalo da zona de conforto de Givoni

- o limite superior da zona de conforto de Givoni aplica-se aos usuários das habitações avaliadas;

- o limite inferior não se aplica aos usuários das habitações avaliadas. Uma tolerância maior ao frio pode ser explicada pelas características do inverno local, que apresenta ondas de

calor freqüentes e dias com temperaturas da ordem de 30 °C, contribuindo para amenizar o desconforto nos dias frios.

7.1. Sugestões para futuros trabalhos

Concluindo esta pesquisa, sugere-se alguns assuntos para trabalhos futuros:

a) aplicar a metodologia utilizada neste trabalho em outros projetos de HIS da cidade de Santa Maria, RS, a fim de encontrar melhores soluções quanto ao conforto térmico e poder propor padrões locais de desempenho higrotérmico;

b) complementar a análise de desempenho através da realização de medições *in loco* de temperaturas e umidade relativa;

c) avaliar a opinião dos entrevistados em outros períodos climáticos com o intuito de perceber se há alteração na percepção dos usuários e ao conforto térmico proporcionado pela habitação;

d) sistematizar dados climatológicos para fins de projeto de edificações para a cidade de Santa Maria, RS.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2004, 27 p.

_____. **Handbook of fundamentals**. New York: ASHRAE, 2005. (meio digital não paginado)

AROZTEGUI, José Miguel; BRIZOLARA, A.. **Abordagem do estabelecimento de exigências de desempenho térmico das paredes feitas de concreto de diversos tipos, quando aplicadas à habitação popular**. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 1980. Caderno Técnico. 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações: Parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a. 8p.

_____. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações: Parte 2: métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b. 34p.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações: Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c. 30p.

_____. **NBR 15220-4**: Desempenho térmico de edificações: Parte 4: medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. Rio de Janeiro: ABNT, 2005d. 10p.

_____. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho: Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008a. 18p.

_____. **NBR 15575-4:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho: Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro: ABNT, 2008d.

_____. **NBR 15575-5:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho: Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2008e.

_____. **Projeto de Norma 02:136.01-001:** Desempenho de edifícios de até 5 pavimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BARBOSA, Miriam Jerônimo. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares.** 1997. 374f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

BECKER, Maria de Fátima Monteiro. **Análise do desempenho térmico de uma habitação unifamiliar térrea.** 1992. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

CARVALHO, Paula Pereira. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2 brasileira.** 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

COSTA, Sammea; BARBIRATO, Gianna Melo; GOULART, Solange. Desempenho térmico e habitação: uma avaliação comparativa no contexto climático da zona bioclimática. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ENTAC, 2012.

CROISSET, Maurice. Humedad y temperatura em los edificios: condensaciones y confort térmico de verana y de invierno. Barcelona: ETA, 1976. 247p.

CUNHA, Eduardo Grala da; VAUPEL, Karin; LÜKING, Rolf-Michael. Verificação da formação de mofo e bolor em superfícies interiores de paredes exteriores situadas na Zona Bioclimática 3 de acordo com a NBR 15220 e PNBR 02.136.01. In: NÚCLEO DE

PESQUISA EM ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: NUTAU, 2008.

DENCKER, Kelly C. G. Loureiro; LAMBERTS, Roberto. Desempenho térmico de uma residência naturalmente ventilada localizada na cidade de Manaus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENTAC, 2008.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: analysis and applications in environmental engineering**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970, 244 p.

FERREIRA, Camila Carvalho; PEREIRA, Iraci Miranda. Avaliação do desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15575, para as diversas zonas bioclimáticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ENTAC, 2012.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1995. 2ª Ed. 243p.

GHISI, E. et. al. **Normalização em conforto ambiental: desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações**. In: Coletânea Habitare. Porto Alegre, v. 3, 2003.

GIVONI, Baruch. **Man, climate and architecture**. London: Applied Science, 1981. 483 p.

GIVONI, Baruch. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, vol. 18, 1992. p. 11-23

GOMES, Cesar Henrique de Godoy. **Análise dos níveis de conforto térmico em um edifício de escritórios na cidade de Maringá**. 2003. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GOMEZ, Carmen Garcia; MORALES, Gonzalo Bojórquez; TORRES, Pavel Ruiz. **Sensación térmica percibida en vivienda económica y auto-producida, en periodo cálido**,

para clima cálido úmido. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 99-111, 2011.

GOMEZ, G. *et al.* Monitoreo de Condiciones de Confort Térmico. **Reporte Técnico CONAFOVI. 2004-01-20.** Colima, 2007.

GOOGLE. Google earth website. <http://earth.google.com/>, acesso em novembro de 2012.

GOULART, Solange. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis.** 1993. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

GOULART, Solange. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção / UFSC, 1997.

GOULART, Solange. **Thermal inertia and natural ventilation:** optimization of thermal storage as a cooling technique for residential buildings in Southern Brazil. 2004. 196f. Architectural Association School of Architecture Graduate School. London.

GRIGOLETTI, Giane de Campos. **Método de avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social para Porto Alegre – RS.** 2007. 238 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007, p. 1-36-221-228-230.

GRIGOLETTI, Giane de Campos; SATTLER, Miguel Aloysio. **Método de avaliação global de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social para Porto Alegre – RS – Brasil.** In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 101-114, 2010.

GRIGOLETTI, Giane de Campos; ROTTA, Renata; MÜLLER, Sâmila. Avaliação de desempenho térmico de edificação de interesse social unifamiliar em Santa Maria – RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 11. Búzios/RJ. **Anais... ENCAC**, 2011.

GUARESCHI, Maristela. **Avaliação do desempenho térmico de edificações desportivas na cidade de Santa Maria - RS**. 2008. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

GÜNTHER, Hartmut. **Como elaborar um questionário** (Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, n. 1). Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental. p. 1. 2003.

HASSID, Samuel. The effusivity model for multi-layer walls. *International Journal os Solar Energy*, vol. 22, 2002, p. 1-8.

INCOTERM. Disponível em www.incoterm.com.br. Acesso em 10 ago. 2012.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas para a cidade de Santa Maria (1961-1990)** [mensagem pessoal via e-mail]. 2012a

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acessado em 15 out. 2012b.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **RTQ-R: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais**. Brasília, DF.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genebra, 1994, 5 p.

_____. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Genève, 1996. 66p.

KUCHEN, Ernesto et al. **Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritórios na Alemanha**. In: *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 39-53, 2011.

KRÜGER, Eduardo L.; DUMKE, Eliane M. S.. **Avaliação integrada da Vila Tecnológica de Curitiba**. Tuiuti: Ciência e Cultura. n. 25, FACET 03. p. 63-82. 2001.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores. p. 28. 1997.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PAPST, Ana Lígia. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/UFSC, 2000. 62p. Apostila da disciplina: ECV5161 – Desempenho térmico de edificações.

LAZZAROTTO, Nébora. **Adequação do modelo PMV na avaliação do conforto térmico de crianças do Ensino Fundamental de Ijuí-RS**. 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

LIMA, Glenio; PEDRINI, Aldomar; ALVES, André. Avaliação do desempenho térmico de uma habitação de interesse social localizada no clima quente e úmido da cidade de Parnamirim/RN com base no método de simulação do RTQ-R. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 14. Juiz de Fora/MG. **Anais... ENTAC**, 2012.

LOUREIRO, Kelly Cristina Gonçalves. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus**. 2003. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MAAS, J. van der. **Air flow through large openings in buildings**. Subtask-2. Technical Report. International Energy Agency. 1992. 168p.

MAAS, J. van der; MALDONADO, E. A new thermal inertia model based on effusivity. *International Journal of Solar Energy*, vol. 19, 1997, p. 131-160.

MARKUS, T. A.; MORRIS, E. N. *Buildings, climate and energy*. London: Pitman, 1980. 540p.

MARQUES, Augusto Martins. **Desempenho térmico de edificações unifamiliares de interesse social: estudos de caso em Imbituba - SC.** 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MICHELS, Caren. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes.** 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MORELLO, Alessandro. **Avaliação do comportamento térmico do protótipo habitacional Alvorada.** 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MORELLO, A., GRIGOLETTI, G., SATTTLER, M. A. **Analysis of thermal behaviour of a low cost, single-family, housing prototype considering specific climatic conditions.** In: 23th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Genève. **Proceedings...** Université de Genève. 2006.

PAPST, Ana Lúcia. **Uso de inércia térmica no clima subtropical. Estudo de caso em Florianópolis - SC.** 1999. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PEREIRA, Cláudia Donald. **A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente.** 2009. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PORTO, Leandra Beggiato; BARBOSA, Miriam Jerônimo. Avaliação do desempenho térmico de edificações de interesse social a partir de dados de campo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENTAC, 2008.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural.** Porto Alegre: UFRGS / D. C. Luzzatto, 1985. 240 p.

ROTTA, Renata. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria – RS.** 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

RORIZ, Maurício. **Uma proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro.** Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/projetos>, acessado em jan. 2013a.

RORIZ, Maurício. **Segunda proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro.** Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/projetos>, acessado em jan. 2013b.

SACHT, Helenise M.; ROSSIGNOLO, João A. Avaliação do conforto térmico de habitações térreas de interesse social com vedações em alvenaria de blocos de concreto e cerâmicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENTAC, 2008.

SANTAMOURIS, Mat (Coord.). *Natural ventilation in buildings: a design handbook.* London: James & James, 1998. 356p.

SILVA, Antônio César Silveira Baptista da; GONÇALVES, Margarete R. de Freitas. Avaliação do desempenho térmico de protótipo de unidade habitacional pré-moldada de placas lisas cimentíceas em zona bioclimática 2 (verão). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENTAC, 2008.

XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias – teoria física aliada a estudos de campo.** 2000. 267 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

APÊNDICE 1 – Aplicação dos parâmetros térmicos nos projetos selecionados para o estudo

Nesse item, serão apresentados os procedimentos de cálculo e os resultados completos da aplicação dos parâmetros térmicos presentes no método de Grigoletti (2007) nos projetos selecionados para esse estudo.

1. Resultados dos parâmetros térmicos obtidos para a habitação da COHAB Tancredo Neves

A tabela 39 apresenta os resultados dos coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor GV_i e $GV_{inverno}$ para a habitação da COHAB Tancredo Neves.

Tabela 39 - Coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor GV_i e $GV_{inverno}$ para a habitação da COHAB Tancredo Neves

elementos	Área (m ²)	U (W/(m ² .K))	A×U (W/K)	$GV_i = (A×U)/V$ (W/(m ³ .K))	percentagem (%)
infiltração de ar*	-	-	-	0,0701	1,48
paredes em concreto	54,57	4,40	240,11	2,5064	53,00
portas	3,15	5,88	18,52	0,1933	4,09
janelas sem proteção solar	3,05	5,87	17,90	0,1869	3,95
janelas com proteção solar	2,88	3,01	8,67	0,0905	1,91
cobertura	38,94	3,18	123,83	1,2926	27,33
pisos	37,33	1,00	37,33	0,3897	8,24
			$GV_{inverno}$	4,7295	100,0

* calculada conforme Grigoletti (2007, p. 65-67)

A possibilidade de condensação sobre as superfícies internas da edificação relaciona a temperatura superficial interna t_{si} e a temperatura de orvalho $t_{orvalho}$ para cada superfície e é analisada na tabela 40.

Tabela 40 - Valores de temperatura superficial interna t_{si} para a habitação da COHAB
Tancredo Neves

fechamento		U (W/(m ² .K))	$t_{si} = t_i + R_{si} \times U \times (t_e - t_i)$ (°C) $\geq t_{orvalho}$	condensação?
paredes				
paredes em concreto (e = 0,10 m)		4,40	$11,99 \leq 13,5$	sim
aberturas				
portas	total	5,88	$9,98 \leq 13,5$	sim
	vidro	5,78	$10,11 \leq 13,5$	sim
	ferro	5,88	$9,98 \leq 13,5$	sim
janelas	sem venezianas	5,87	$9,98 \leq 13,5$	sim
	vidro	5,78	$10,11 \leq 13,5$	sim
	ferro	5,88	$9,98 \leq 13,5$	sim
	com venezianas	3,01	$13,89 \geq 13,5$	não
cobertura				
telha fibrocimento 6 mm + laje concreto 5 cm		3,18	$14,66 \geq 13,5$	não

O coeficiente de superfície pesada equivalente $coef_{SPE}$ avalia a inércia térmica de uma edificação como um todo. Para o cálculo, consideram-se as partições internas e os fechamentos externos da habitação protegidos da incidência direta da radiação solar, conforme tabela 41. Para a habitação em questão, considerou-se o fechamento externo voltado a Sudeste.

Tabela 41 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação da
COHAB Tancredo Neves

fechamento ou partição interna		área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)
fechamento externo (parede sudeste)						
parede em concreto (e = 0,10 m)		15,205	240**	(0,10/1,75) = 0,0571	1,0	15,205
partições internas						
parede em concreto (e = 0,075 m)		29,52	180**	(0,075/1,75) = 0,0429	2/3	19,68
pisos	cimento alisado	9,58*	220,5**	(0,015/1,15) = 0,0130	1	9,58
	vinílico	27,75*	223,30**	(0,002/0,20) = 0,01	1	27,75
	Σ área	82,055			Σ SPE	72,215
					$A_{\text{edificação}}$	40,87
					coef_{SPE}	1,77

* considera-se a área delimitada pelo perímetro interno das paredes externas
** partições ou fechamentos com relação massa/área inferior a 300 kg/m²

A efusividade térmica de um ambiente ef_{amb} é a relação entre a condutividade térmica λ , a densidade de massa aparente ρ e o calor específico c dos revestimentos internos das superfícies que delimitam um compartimento. A seguir, na tabela 42, são apresentadas as características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação em estudo e a efusividade térmica dos ambientes ef_{amb} . Os cômodos selecionados para a avaliação são aqueles considerados de maior permanência dos moradores.

Tabela 42 - Características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação da COHAB Tancredo Neves e efusividade térmica do ambiente ef_{amb}

fechamento ou partição	área A_i (m^2)	$\lambda \times \rho \times c$ [(kJ.W)/($m^4.K^2$)]	$ef_i = \sqrt{\lambda \times \rho \times c}$ [(W.s ^{1/2})/($m^2.K$)]	$A_i \times ef_i$
sala				
parede em concreto (e = 0,10 m)	16,10	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	32.995,18
parede em concreto (e = 0,075 m)	10,36	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	21.231,68
forro	12,96	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	26.560,09
piso	12,96	$(0,20 \times 1.400 \times 0,96)_{vinílico}$ = 268,80	518,46	6.719,23
$\Sigma A_i =$	52,38		$\Sigma A_i \times ef_i =$	87.506,18
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.670,60
dormitório 1				
parede em concreto (e = 0,10 m)	11,81	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	24.203,30
parede em concreto (e = 0,075 m)	11,78	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	24.141,81
forro	6,54	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	13.403,01
piso	6,54	$(0,20 \times 1.400 \times 0,96)_{vinílico}$ = 268,80	518,46	3.390,73
$\Sigma A_i =$	36,67		$\Sigma A_i \times ef_i =$	65.138,85
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.776,35
dormitório 2				
parede em concreto (e = 0,10 m)	13,50	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	27.666,76
parede em concreto (e = 0,075 m)	13,37	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	27.400,03
forro	8,25	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	16.907,47
piso	8,25	$(0,20 \times 1.400 \times 0,96)_{vinílico}$ = 268,80	518,46	4.277,29
$\Sigma A_i =$	43,37		$\Sigma A_i \times ef_i =$	76.251,55
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.758,16

A tabela 43 apresenta os valores de fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e os coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor, GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$, para os fechamentos da habitação da COHAB Tancredo Neves de acordo com a orientação solar de cada um.

Tabela 43 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação da COHAB Tancredo Neves

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada nordeste			
parede em concreto (e = 0,10 m)	333,97	0,7747	3,95
esquadrias (caixilho)	62,78	0,1456	0,74
esquadrias (vidro)	648,92	1,5053	7,67
fluxo total de calor a Nordeste	1.045,67	$\sum GV_i = 2,4256$	12,36
Fachada sudeste			
parede em concreto (e = 0,10 m)	457,47	1,0612	5,41
janela quarto (veneziana)	104,68	0,2428	1,24
esquadrias (caixilho)	60,79	0,1410	0,72
esquadrias (vidro)	436,97	1,0136	5,17
fluxo total de calor a Sudeste	1.059,92	$\sum GV_i = 2,4586$	12,54
Fachada noroeste			
parede em concreto (e = 0,10 m)	936,69	2,1728	11,08
janela quarto (veneziana)	177,24	0,4111	2,10
esquadrias (caixilho)	116,20	0,2695	1,37
esquadrias (vidro)	567,45	1,3163	6,71
fluxo total de calor a Noroeste	1.797,58	$\sum GV_i = 4,1697$	21,26
Fachada sudoeste			
parede em concreto (e = 0,10 m)	906,42	2,1026	10,72
fluxo total de calor a Sudoeste	906,42	$\sum GV_i = 2,1026$	10,72
Cobertura			
cobertura em telha fibrocimento	3.796,20	8,8058	44,89
fluxo total de calor pela cobertura	3.796,20	$\sum GV_i = 8,8058$	44,89
Piso			
piso	- 149,32	-0,3464	1,77
fluxo total de calor pelo piso	-149,32	$\sum GV_i = -0,3464$	1,77
fluxo total de calor através da envolvente	8.456,47	$GV_{ver\grave{a}o} = 19,6159$	100,00

Para o cálculo da assimetria da radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação da COHAB Tancredo Neves na situação de inverno, considerou-se um ponto na sala situado a 1,0 metro da fachada sudeste e do piso e a meia distância das paredes laterais. A tabela 44 apresenta os resultados para este parâmetro térmico.

Tabela 44 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação da COHAB Tancredo Neves na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
sala (parede sudeste)	12,93	16,95	4,02	sim

A mesma avaliação foi desenvolvida para a situação de verão para o dormitório 2 que apresenta fachada noroeste (considerada mais desfavorável). Para este cômodo, calculou-se a assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} em dois pontos: o primeiro ponto voltado para a parede externa noroeste, a 1,0 metro de distância da mesma e do piso e a meia distância das paredes laterais; e o segundo ponto voltado para a cobertura situado no centro geométrico do cômodo e a 1,0 m do piso. A tabela 45 apresenta os resultados.

Tabela 45 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação da COHAB Tancredo Neves na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 2 (parede noroeste)	38,13	32,77	5,36	sim

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura dormitório 2	40,20	24,62	15,58	não

A tabela 46 corresponde a um levantamento das áreas dos fechamentos da habitação em estudo conforme orientação solar dos mesmos. A partir deste levantamento, podem-se determinar as taxas da envolvente da habitação quanto à cobertura voltada a Sul ou Sudeste e a parede voltada a Norte ou Nordeste, apresentadas na tabela 47.

Tabela 46 - Áreas dos fechamentos para a habitação da COHAB Tancredo Neves por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Sudeste	18,33	63,66
	Nordeste	13,50	
	Noroeste	18,33	
	Sudoeste	13,50	
cobertura	Sudeste	19,47	38,94
	Noroeste	19,47	

Tabela 47 - Taxas da envolvente para a habitação da COHAB Tancredo Neves

taxa	critério	resultado	satisfaz?
área da parede nordeste × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeNE}} = \frac{\text{área da parede NE}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,21	não
área da cobertura sudeste × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaSE}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a SE}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,50	sim

O método propõe que, no mínimo, 25 % da envolvente vertical da habitação esteja orientada a Norte ou Nordeste. Já, para a cobertura, a sugestão é que no mínimo metade da área da mesma esteja orientada a Sul ou Sudeste.

As condições de ventilação da habitação da COHAB Tancredo Neves foram avaliadas sob dois aspectos: a ventilação natural por ação dos ventos (ventilação cruzada) e por diferença de temperatura. A ventilação natural por ação dos ventos analisa se a ventilação cruzada é capaz de remover o calor gerado pela ocupação da edificação, seja por pessoas ou por equipamentos, e se a mesma é eficiente para diminuir a temperatura das paredes internas devido à capacidade das mesmas em acumular calor. Para esta condição, consideram-se as aberturas presentes na fachada mais favorável para a captação dos ventos predominantes que provém da direção Sudeste como a área de entrada do ar, e as demais aberturas em faces opostas como a área de saída de ar, todas plenamente abertas, incluindo as venezianas. Para o cálculo da ventilação por diferença de temperatura, examinou-se se a abertura presente no dormitório 2 (cômodo admitido com a orientação solar mais desfavorável para o verão) é eficaz para remover o calor gerado por duas pessoas dormindo. Para esta análise, as folhas da veneziana encontravam-se fechadas.

A velocidade do vento v_z foi determinada por meio da altura da cumeeira da edificação (3,08 m) e do meio de sua implantação (ambiente urbano). A direção do vento é Sudeste formando um ângulo de 0° com a normal da fachada. A distância entre as habitações neste conjunto habitacional é de uma habitação, o que torna necessário corrigir o valor do coeficiente de pressão do vento ΔC_P em 30 %.

A tabela 48, a seguir, apresenta os resultados quanto ao fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação da COHAB Tancredo Neves.

Tabela 48 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação da COHAB Tancredo Neves

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ ($^\circ$)	ΔC_P	$\Delta C_{P\text{corrigido}}$	A_{entrada} do ar (m ²)	$A_{\text{saída do}}$ ar (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e ($^\circ$ C)
1,55	0	1,2	0,36	0,72	1,61	4,20	0,65	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m³/s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{P\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,65 \times 1,55 \times \sqrt{0,36} = 0,36 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,36/95,80 = 0,0038 \text{ renovações/s ou } 13,53 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,36 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 5.616,00 \text{ W ou } - 5,62 \text{ kJ/s}$								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 2, fachada noroeste)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}}]/(t_i + t_e)}$								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (0,144/3) \times \sqrt{[19,6 \times (29 - 24) \times 1,20]/(29 + 24)} = 0,043 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,043/95,80 = 0,00045 \text{ renovações/s ou } 1,62 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,043 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 928,80 \text{ W ou } - 0,93 \text{ kJ/s}$								

A tabela 49 apresenta o cálculo da quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação da COHAB Tancredo Neves.

Tabela 49 - Energia térmica requerida para diminuição da temperatura para a habitação da COHAB Tancredo Neves

partições internas	áreas (m ²)	capacidade térmica C _T [kJ/(m ² K)]	energia térmica requerida para diminuição da temperatura (kJ/K)
concreto (e = 0,075 m)	29,52	180	5.313,60
total			5.313,60

O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C, pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural está exposto na tabela 50.

Tabela 50 - Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pela ventilação natural para a habitação da COHAB Tancredo Neves

fluxo de calor devido a ventilação natural por ação dos ventos Q _{ventilação} (kJ/s)	energia térmica para redução da temperatura das partições internas em 1,0 °C, (kJ/K)	tempo para redução de 2,0 °C (minutos)
5,62	5.313,60	32 min

O tempo necessário para diminuir a temperatura em 2,0 °C deve satisfazer o recomendado que seria no máximo em 2 horas, conforme capítulo 2, item 2.5.10.

O quadro 8, a seguir, apresenta um resumo dos resultados encontrados para os parâmetros térmicos para a habitação da COHAB Tancredo Neves.

habitação COHAB Tancredo Neves	
parâmetro	resultado
coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV _{inverno}	4,7295 W/(m ³ .K)
condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente $t_{si} \times t_{orvalho}$	exceto sobre venezianas e forro
assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}	cobertura não satisfaz critério
coeficiente volumétrico global de ganho de calor GV _{verão}	19,6159 W/(m ³ .K)
coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia coef _{SPE}	1,77
efusividade térmica média do ambiente ef _{amb}	1.735,04 (W.s ^{1/2})/(m ² .K)

Quadro 8 – continuação

parâmetro	resultado
área da cobertura Sul ou Sudeste × área total da cobertura $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$	0,50 (satisfaz)
área da parede Norte ou Nordeste × área total da cobertura $\text{coef}_{\text{paredeN}}$	0,21 (não satisfaz)

Quadro 8 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para a habitação da COHAB

Tancredo Neves

2. Resultados dos parâmetros térmicos obtidos para as habitações do Residencial Zilda Arns

Os resultados para os coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor, GV_i e $\text{GV}_{\text{inverno}}$, para a habitação-tipo do Residencial Zilda Arns são apresentados na tabela 51.

Tabela 51 - Coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor GV_i e $\text{GV}_{\text{inverno}}$ para a habitação-tipo do Residencial Zilda Arns

elementos	Área (m ²)	U (W/(m ² .K))	A×U (W/K)	$\text{GV}_i = (A \times U) / V$ (W/(m ³ .K))	percentagem (%)
infiltração de ar*	-	-	-	0,0714	2,11
paredes em concreto com incorporação de ar	35,39	-	146,10	1,7541	51,85
portas	3,36	5,88	19,76	0,2372	7,01
janelas sem proteção solar	1,80	5,88	10,58	0,1271	3,76
janelas com proteção solar	2,88	3,01	8,67	0,1041	3,08
cobertura	35,95	1,60	57,52	0,6906	20,41
pisos	32,23	1,03	33,20	0,3985	11,78
			$\text{GV}_{\text{inverno}}$	3,3830	100,0

* calculada conforme Grigoletti (2007, p. 65-67)

Os resultados quanto à possibilidade de condensação sobre os fechamentos estão apresentados na tabela 52.

Tabela 52 - Valores de temperatura superficial interna t_{si} para a habitação-tipo do Residencial

Zilda Arns

fechamento	U (W/(m ² .K))	$t_{si} = t_i + R_{si} \times U \times (t_e - t_i)$ (°C) $\geq t_{orvalho}$	condensação?	
paredes				
parede em concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	4,14	12,35 \leq 13,5	sim	
parede em concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno (e = 0,11 m)	3,98	12,57 \leq 13,5	sim	
parede em concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno e externo (e = 0,12 m)	3,82	12,78 \leq 13,5	sim	
parede em concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico externo (e = 0,11 m)	3,98	12,57 \leq 13,5	sim	
aberturas				
portas	total	5,88	9,98 \leq 13,5	sim
	vidro	5,78	10,11 \leq 13,5	sim
	ferro	5,88	9,98 \leq 13,5	sim
janelas	sem venezianas	5,88	9,98 \leq 13,5	sim
	vidro	5,78	10,11 \leq 13,5	sim
	ferro	5,88	9,98 \leq 13,5	sim
	com venezianas	3,01	13,89 \geq 13,5	não
cobertura				
telha cerâmica 1,0 cm + poliestireno expandido 1,5 cm + forro PVC 1,0 cm	1,60	16,32 \geq 13,5	não	

As próximas tabelas (Tabelas 53 a 56) referem-se ao cálculo da categoria de inércia, $coef_{SPE}$, para as habitações selecionadas para o estudo do Residencial Zilda Arns. Como este parâmetro térmico depende da orientação solar da habitação, fez-se o cálculo para cada habitação separadamente. Considerou-se a parede externa voltada a Sul, conforme orientações presentes no capítulo 2, item 2.5.7, exceto para a habitação 4, em que a parede orientada a Sul é a parede de geminação. Neste caso, para efeito de cálculo, considerou-se a parede de geminação como sendo externa.

Tabela 53 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)
fechamento externo (parede sul)					
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	8,11	210*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1	8,11
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno (e = 0,11 m)	1,94	230*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	1,94
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno e externo (e = 0,12 m)	0,16	250*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	0,16
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico externo (e = 0,11 m)	0,30	230*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1	0,30
partições internas					
concreto com incorporação de ar (e = 0,08 m)	20,60	168*	$(0,08/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0571	2/3	13,73
concreto com incorporação de ar (e = 0,13 m)**	15,45	273*	$(0,13/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0929	1	15,45
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno nas duas faces (e = 0,12 m)	3,96	250*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	3,96
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno em uma face (e = 0,11 m)	0,26	230*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714 ou $(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	0,26
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	2,38	210*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1	2,38

Tabela 53 – continuação

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia coef _{inércia}	SPE = A × coef _{inércia} (m ²)	
partições internas						
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico em uma face (e = 0,09 m)	1,39	188*	(0,09/1,40) _{concreto} = 0,0643 ou (0,005/0,87) _{cerâmica} = 0,0057	2/3	0,93	
pisos	concreto alisado	25,91***	261*	(0,09/1,75) _{concreto} = 0,0514	1	25,91
	cerâmica	6,32***	281*	(0,005/0,87) _{cerâmica} = 0,0057	1	6,32
Σ área		86,78		Σ SPE		79,45
				A_{edificação}	35,45 m²	
				coef_{SPE}	2,24	
*área de partições e fechamentos com relação <i>massa/área</i> inferior a 300 kg/m ² , totalizando 86,79 m ² , ou 100% da área total						
** para efeitos de cálculo, considerou-se a parede de geminação como parede interna						
***considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas						

Tabela 54 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)	
fechamento externo (parede sul)						
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	9,43	210*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1,0	9,43	
partições internas						
concreto com incorporação de ar (e = 0,08 m)	20,60	168*	$(0,08/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,05	2/3	13,73	
concreto com incorporação de ar (e = 0,13 m)**	15,45	273*	$(0,13/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0929	1	15,45	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno nas duas faces (e = 0,12 m)	3,96	250*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	3,96	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno em uma face (e = 0,11 m)	0,26	230*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714 ou $(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	0,26	
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	2,38	210*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1	2,38	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico em uma face (e = 0,09 m)	1,39	188*	$(0,09/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0643 ou $(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	2/3	0,93	
pisos	concreto alisado	25,91***	261*	$(0,09/1,75)_{\text{concreto}}$ = 0,0514	1	25,91
	cerâmica	6,32***	281*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	6,32
Σ área		85,70		Σ SPE		78,37
				A_{edificação}	35,45 m²	
				coef_{SPE}	2,21	
*área de partições e fechamentos com relação <i>massa/área</i> inferior a 300 kg/m ² , totalizando 85,70 m ² , ou 100% da área total						
** para efeitos de cálculo, considerou-se a parede de geminação entre as habitações como sendo interna						
***considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas						

Tabela 55 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)	
fechamento externo (parede sul)						
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	15,45	210*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1	15,45	
partições internas						
concreto com incorporação de ar (e = 0,08 m)	20,60	168*	$(0,08/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0571	2/3	13,73	
concreto com incorporação de ar (e = 0,13 m)**	15,45	273*	$(0,13/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0929	1	15,45	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno nas duas faces (e = 0,12 m)	3,96	250*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	3,96	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno em uma face (e = 0,11 m)	0,26	230*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714 ou $(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	0,26	
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	2,38	210*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1	2,38	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico em uma face (e = 0,09 m)	1,39	188*	$(0,09/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0643 ou $(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	2/3	0,93	
pisos	concreto alisado	25,91***	261*	$(0,09/1,75)_{\text{concreto}}$ = 0,0514	1	25,91
	cerâmica	6,32***	281*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	6,32
Σ área		91,72		Σ SPE		84,39
				$A_{\text{edificação}}$	35,45 m²	
				coef_{SPE}	2,38	

*área de partições e fechamentos com relação *massa/área* inferior a 300 kg/m², totalizando 91,72 m², ou 100% da área total
** para efeitos de cálculo, considerou-se a parede de geminação entre as habitações como sendo interna
***considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas

Tabela 56 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)	
fechamento externo (parede sul)						
concreto com incorporação de ar (e = 0,13 m)	15,45	273*	$(0,13/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0929	1	15,45	
partições internas						
concreto com incorporação de ar (e = 0,08 m)	20,60	168*	$(0,08/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0571	2/3	13,73	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno nas duas faces (e = 0,12 m)	3,96	250*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	3,96	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico interno em uma face (e = 0,11 m)	0,26	230*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714 ou $(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	0,26	
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	2,38	210*	$(0,10/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0714	1	2,38	
concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico em uma face (e = 0,09 m)	1,39	188*	$(0,09/1,40)_{\text{concreto}}$ = 0,0643 ou $(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	2/3	0,93	
piso	concreto alisado	25,91**	261*	$(0,09/1,75)_{\text{concreto}}$ = 0,0514	1	25,91
	cerâmica	6,32**	281*	$(0,005/0,87)_{\text{cerâmica}}$ = 0,0057	1	6,32
∑ área		76,27		∑ SPE		68,94
				A_{edificação}	35,45 m²	
				coef_{SPE}	1,95	

*área de partições e fechamentos com relação *massa/área* inferior a 300 kg/m², totalizando 76,27 m², ou 100% da área total

**considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas

Abaixo, na tabela 57, são apresentadas as características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação em estudo e a efusividade térmica dos ambientes ef_{amb} . Os cômodos selecionados para a avaliação são aqueles considerados de maior permanência dos moradores da habitação.

Tabela 57 - Características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação-tipo do Residencial Zilda Arns e efusividade térmica do ambiente ef_{amb}

fechamento ou partição	área A_i (m^2)	$\lambda \times \rho \times c$ ($(kJ.W)/(m^4.K^2)$)	$ef_i = \sqrt{\lambda \times \rho \times c}$ ($(W.s^{1/2})/(m^2.K)$)	$A_i \times ef_i$
sala				
parede em concreto com incorporação de ar ($e = 0,10$ m)	13,55	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ $= 2.940$	1.714,64	23.233,37
parede em concreto com incorporação de ar ($e = 0,08$ m)	8,30	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ $= 2.940$	1.714,64	14.231,51
forro	10,53	$(0,20 \times 1.400 \times 0,96)_{pvc}$ $= 268,80$	518,46	5.459,38
piso	10,53	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ $= 4.200$	2.049,39	21.580,08
$\Sigma A_i =$	42,91		$\Sigma A_i \times ef_i =$	64.504,34
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.503,25
dormitório 1				
parede em concreto com incorporação de ar ($e = 0,10$ m)	4,82	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ $= 2.940$	1.714,64	8.264,56
parede em concreto com incorporação de ar ($e = 0,08$ m)	10,96	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ $= 2.940$	1.714,64	18.792,45
parede em concreto com incorporação de ar + rev. cerâmico em uma face ($e = 0,09$ m)	1,34	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ $= 2.940$	1.714,64	2.297,62
parede em concreto com incorporação de ar ($e = 0,13$ m)	7,73	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ $= 2.940$	1.714,64	13.245,59

tabela 57 – continuação

fechamento ou partição	área A_i (m^2)	$\lambda \times \rho \times c$ ($(kJ.W)/(m^4.K^2)$)	$ef_i = \sqrt{\lambda \times \rho \times c}$ ($(W.s^{1/2})/(m^2.K)$)	$A_i \times ef_i$
dormitório 1				
forro	7,20	$(0,20 \times 1.400 \times 0,96)_{pvc}$ = 268,80	518,46	3.732,91
piso	7,20	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	14.755,61
$\Sigma A_i =$	39,245		$\Sigma A_i \times ef_i =$	61.088,74
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.556,60
dormitório 2				
parede em concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	4,82	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ = 2.940	1.714,64	8.264,56
parede em concreto com incorporação de ar (e = 0,08 m)	12,31	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ = 2.940	1.714,64	21.107,22
parede em concreto com incorporação de ar (e = 0,13 m)	7,73	$(1,40 \times 2.100 \times 1,00)_{concreto}$ = 2.940	1.714,64	13.245,59
forro	7,20	$(0,20 \times 1.400 \times 0,96)_{pvc}$ = 268,80	518,46	3.732,91
piso	7,20	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	14.755,61
$\Sigma A_i =$	39,255		$\Sigma A_i \times ef_i =$	61.105,89
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.556,64

As próximas tabelas (Tabelas 58 a 61) correspondem aos resultados dos coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{verão}$ para os fechamentos das habitações do Residencial Zilda Arns conforme com a orientação solar de cada edificação.

Tabela 58 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 1 do Residencial Zilda Arns

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada norte			
paredes em concreto com incorporação de ar	401,29	1,0706	11,58
janela quarto (veneziana)	50,69	0,1352	1,46
esquadrias (caixilho)	60,51	0,1614	1,75
esquadrias (vidro)	276,14	0,7367	7,97
fluxo total de calor a Norte	788,63	$\sum GV_i = 2,1039$	22,76
Fachada sul			
paredes em concreto com incorporação de ar	397,14	1,0595	11,46
janela quarto (veneziana)	56,87	0,1517	1,64
esquadrias (caixilho)	56,55	0,1509	1,63
esquadrias (vidro)	99,28	0,2649	2,87
fluxo total de calor a Sul	609,84	$\sum GV_i = 1,6270$	17,6
Fachada oeste			
paredes em concreto com incorporação de ar	1.427,72	3,8090	41,20
fluxo total de calor a Oeste	1.427,72	$\sum GV_i = 3,8090$	41,20
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	772,10	2,0599	22,28
fluxo total de calor pela cobertura	772,10	$\sum GV_i = 2,0599$	22,28
Piso			
piso	-132,79	-0,3543	-3,83
fluxo total de calor pelo piso	-132,79	$\sum GV_i = -0,3543$	-3,83
fluxo total de calor através da envolvente	3.465,50	$GV_{ver\grave{a}o} = 9,2455$	100,00
Fachada leste – fachada de geminação			

Tabela 59 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 2 do Residencial Zilda Arns

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada sul			
paredes em concreto com incorporação de ar	361,04	0,9632	13,53
janela quarto (veneziana)	56,87	0,1517	2,13
esquadrias (caixilho)	68,39	0,1825	2,56
esquadrias (vidro)	222,20	0,5928	8,33
fluxo total de calor a Sul	708,50	$\sum GV_i = 1,8902$	26,55
Fachada norte			
paredes em concreto com incorporação de ar	441,09	1,1768	16,53
janela quarto (veneziana)	60,99	0,1627	2,29
esquadrias (caixilho)	60,69	0,1619	2,27
esquadrias (vidro)	123,38	0,3292	4,62
fluxo total de calor a Norte	686,15	$\sum GV_i = 1,8306$	25,72
Fachada leste			
paredes em concreto com incorporação de ar	634,13	1,6918	23,77
fluxo total de calor a Leste	634,13	$\sum GV_i = 1,6918$	23,77
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	772,10	2,0599	28,94
fluxo total de calor pela cobertura	772,10	$\sum GV_i = 2,0599$	28,94
Piso			
piso	-132,79	-0,3543	- 4,98
fluxo total de calor pelo piso	-132,79	$\sum GV_i = -0,3543$	- 4,98
fluxo total de calor através da envolvente	2.668,09	$GV_{ver\grave{a}o} = 7,1182$	100,00
Fachada oeste – fachada de geminação			

Tabela 60 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 3 do Residencial Zilda Arns

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada oeste			
paredes em concreto com incorporação de ar	873,03	2,3292	21,23
janela quarto (veneziana)	103,60	0,2764	2,52
esquadrias (caixilho)	131,57	0,3510	3,20
esquadrias (vidro)	881,14	2,3508	21,43
fluxo total de calor a Oeste	1.989,34	$\sum GV_i = 5,3074$	48,38
Fachada leste			
paredes em concreto com incorporação de ar	425,15	1,1343	10,34
janela quarto (veneziana)	50,04	0,1335	1,22
esquadrias (caixilho)	52,36	0,1397	1,27
esquadrias (vidro)	360,93	0,9629	8,78
fluxo total de calor a Leste	888,48	$\sum GV_i = 2,3704$	21,61
Fachada sul			
paredes em concreto com incorporação de ar	594,37	1,5857	14,46
fluxo total de calor a Sul	594,37	$\sum GV_i = 1,5857$	14,46
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	772,10	2,0599	18,78
fluxo total de calor pela cobertura	772,10	$\sum GV_i = 2,0599$	18,78
Piso			
piso	-132,79	-0,3543	- 3,23
fluxo total de calor pelo piso	-132,79	$\sum GV_i = -0,3543$	- 3,23
fluxo total de calor através da envolvente	4.111,50	$GV_{ver\grave{a}o} = 10,9691$	100,00
Fachada norte – fachada de geminação			

Tabela 61 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 4 do Residencial Zilda Arns

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada leste			
paredes em concreto com incorporação de ar	388,80	1,0373	9,33
janela quarto (veneziana)	50,04	0,1335	1,20
esquadrias (caixilho)	63,31	0,1689	1,52
esquadrias (vidro)	807,79	2,1551	19,39
fluxo total de calor a Leste	1.309,94	$\sum GV_i = 3,4948$	31,44
Fachada oeste			
paredes em concreto com incorporação de ar	952,69	2,5417	22,87
janela quarto (veneziana)	103,60	0,2764	2,49
esquadrias (caixilho)	108,80	0,2903	2,61
esquadrias (vidro)	393,70	1,0503	9,45
fluxo total de calor a Oeste	1.558,79	$\sum GV_i = 4,1587$	37,42
Fachada norte			
paredes em concreto com incorporação de ar	657,65	1,7545	15,79
fluxo total de calor a Norte	657,65	$\sum GV_i = 1,7545$	15,79
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	772,10	2,0599	18,53
fluxo total de calor pela cobertura	772,10	$\sum GV_i = 2,0599$	18,53
Piso			
piso	-132,79	-0,3543	- 3,19
fluxo total de calor pelo piso	-132,79	$\sum GV_i = -0,3543$	- 3,19
fluxo total de calor através da envolvente	4.165,69	$GV_{ver\grave{a}o} = 11,1136$	100,00
Fachada sul – fachada de geminação			

O cálculo da assimetria da radiação térmica ΔT_{rp} também foi realizado para as quatro habitações, visto que a orientação solar interfere neste parâmetro térmico. Para a situação de inverno, considerou-se um ponto num cômodo de maior permanência situado a 1,0 metro da fachada com orientação solar mais desfavorável e do piso e a meia distância das paredes laterais. Para a situação de verão, calculou-se a assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} em dois

pontos: o primeiro ponto voltado para a parede externa mais desfavorável de um cômodo de maior permanência, a 1,0 metro de distância da mesma e do piso e a meia distância das paredes laterais; e o segundo ponto voltado para a cobertura situado no centro geométrico deste mesmo cômodo e a 1,0 m do piso. As próximas tabelas (Tabelas 62 a 69) apresentam os resultados obtidos para este parâmetro térmico, conforme orientação solar da habitação e para as duas situações climáticas.

Tabela 62 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 1 (parede sul)	14,46	17,50	3,04	sim

Tabela 63 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
sala (parede oeste)	38,05	30,11	7,94	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura sala	33,39	29,76	3,63	sim

Tabela 64 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 2 (parede sul)	14,46	17,50	3,04	sim

Tabela 65 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 1 (parede norte)	33,26	29,37	3,89	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura dormitório 1	31,53	28,90	2,63	sim

Tabela 66 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
sala (parede sul)	13,43	16,65	3,22	sim

Tabela 67 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 2 (parede oeste)	38,72	29,37	9,35	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura dormitório 2	32,44	29,32	3,12	sim

Tabela 68 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 do Residencial Zilda Arns na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 2 (parede leste)	14,46	17,50	3,04	sim

Tabela 69 - Valores de temperatura radiante plana T_{rp} e assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 do Residencial Zilda Arns na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 1 (parede oeste)	38,72	29,37	9,35	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura dormitório 1	32,44	29,32	3,12	sim

As taxas área da parede norte \times área total da envolvente vertical, $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, e área da cobertura sul \times área total da cobertura, $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$, foram calculadas para as quatro habitações do Residencial Zilda Arns, conforme orientação solar de cada uma. Para determinar as taxas, fez-se, primeiramente, um levantamento da área dos fechamentos para cada habitação.

A tabela 70 apresenta as áreas dos fechamentos para a habitação 1 por orientação solar.

Tabela 70 - Áreas dos fechamentos para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Norte	13,99	58,88
	Sul	13,99	
	Leste*	15,45	
	Oeste	15,45	
cobertura	Norte	17,97	35,95
	Sul	17,97	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Leste como sendo externa.

A tabela 71 apresenta os resultados quanto as taxas da envolvente para a habitação 1.

Tabela 71 - Taxas da envolvente para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,24	não
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,50	sim

A tabela 72 apresenta as áreas dos fechamentos para a habitação 2 por orientação solar.

Tabela 72 - Áreas dos fechamentos para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Norte	13,99	58,88
	Sul	13,99	
	Oeste*	15,45	
	Leste	15,45	
cobertura	Norte	17,97	35,95
	Sul	17,97	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Oeste como sendo externa.

A tabela 73 apresenta os resultados quanto as taxas da envolvente para a habitação 2.

Tabela 73 - Taxas da envolvente para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,24	não
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,50	sim

A tabela 74 apresenta as áreas dos fechamentos para a habitação 3 por orientação solar.

Tabela 74 - Áreas dos fechamentos para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m²)	total (m²)
paredes	Oeste	13,99	58,88
	Leste	13,99	
	Norte*	15,45	
	Sul	15,45	
cobertura	Oeste	17,97	35,95
	Leste	17,97	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Norte como sendo externa.

A tabela 75 apresenta os resultados quanto as taxas da envolvente para a habitação 3.

Tabela 75 - Taxas da envolvente para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Zilda Arns

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,26	sim
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,00	não

A tabela 76 apresenta as áreas dos fechamentos para a habitação 4 por orientação solar.

Tabela 76 - Áreas dos fechamentos para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Oeste	13,99	58,88
	Leste	13,99	
	Sul*	15,45	
	Norte	15,45	
cobertura	Oeste	17,97	35,95
	Leste	17,97	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Sul como sendo externa.

A tabela 77 apresenta os resultados quanto as taxas da envolvente para a habitação 4.

Tabela 77 - Taxas da envolvente para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,26	sim
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,00	não

As condições de ventilação das habitações do Residencial Zilda Arns foram obtidas considerando os mesmos aspectos avaliados nas habitações da COHAB Tancredo Neves. A velocidade do vento v_z foi determinada por meio da altura da cumeeira da edificação (3,92 m) e do meio de sua implantação (ambiente urbano). A direção do vento é Sudeste e a distância entre as habitações neste conjunto habitacional é de uma habitação, o que torna necessário corrigir o valor do coeficiente de pressão do vento ΔC_p em 30 %.

A tabela 78 apresenta os resultados dos fluxos de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 1. Neste caso, o vento forma um ângulo de 45° com a normal da fachada onde ocorre a maior incidência dos mesmos (fachada sul). A análise por diferença de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 2 a Norte por ser o mais prejudicado quanto à insolação durante o verão.

Tabela 78 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ ($^\circ$)	ΔC_p	$\Delta C_{p\text{corrigi}}$ do	A_{entrada} do ar (m^2)	$A_{\text{saída do}}$ ar (m^2)	$A_{\text{intermediária}}$ (m^2)	área equivalente A (m^2)	temperatura do ar externo t_e ($^\circ C$)
1,64	45	0,9235	0,2771	0,83	1,44	4,83	0,71	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m^3/s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{p\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,71 \times 1,64 \times \sqrt{0,2771} = 0,37 \text{ m}^3/s$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,37/83,295 = 0,0044 \text{ renovações/s ou } 15,89 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,37 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 5.772,00 \text{ W ou } - 5,77 \text{ kJ/s}$								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 2, Norte)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}}]/(t_i + t_e)}$								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (0,144/3) \times \sqrt{[19,6 \times (29 - 24) \times 1,20]/(29 + 24)} = 0,043 \text{ m}^3/s$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,043/83,295 = 0,00052 \text{ renovações/s ou } 1,86 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,043 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 928,80 \text{ W ou } - 0,93 \text{ kJ/s}$								

O cálculo da quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação 1 está apresentado abaixo na tabela 79.

Tabela 79 - Energia térmica requerida para diminuição da temperatura para a habitação 1
(fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns

partições internas	áreas (m²)	capacidade térmica C_T [kJ/(m²K)]	energia térmica requerida para diminuição da temperatura (kJ/K)
concreto com incorporação de ar (e = 0,08 m)	20,60	168	3.460,80
concreto com incorporação de ar (e = 0,13 m)*	15,45	273	4.217,85
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico nas duas faces (e = 0,12 m)	3,96	246,96	977,96
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico em uma face (e = 0,11 m)	0,26	228,48	59,40
concreto com incorporação de ar (e = 0,10 m)	2,38	210	499,80
concreto com incorporação de ar + revestimento cerâmico em uma face (e = 0,09 m)	1,39	186,48	259,21
		total	9.475,02
* considera-se a parede geminada como interna			

O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural está exposto na tabela 80.

Tabela 80 - Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C
para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Zilda Arns

fluxo de calor devido a ventilação natural por ação dos ventos Q_{ventilação} (kJ/s)	energia térmica para redução da temperatura das partições internas em 1,0 °C, (kJ/K)	tempo para redução de 2,0 °C (minutos)
5,77	9.475,02	55 min

Os fluxos de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 2 estão na tabela 81. Neste caso, o vento forma um ângulo de 45° com a normal da

fachada onde ocorre a maior incidência dos mesmos (fachada sul). A análise por diferença de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 1 a Norte por ser o mais prejudicado quanto à insolação durante o verão.

Tabela 81 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 2 (fachada frontal Sul) do Residencial Zilda Arns

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ (°)	ΔC_p	$\Delta C_{p\text{corrigido}}$	A_{entrada} do ar (m ²)	$A_{\text{saída}}$ do ar (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e (°C)
1,64	45	0,923	0,2771	1,44	0,83	4,83	0,71	27
5								
fluxo de ar Φ_{ar} (m ³ /s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{p\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,71 \times 1,64 \times \sqrt{0,2771} = 0,37 \text{ m}^3/\text{s}$ $N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,37/83,295 = 0,0044 \text{ renovações/s ou } 15,89 \text{ renovações/h}$ $Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,37 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$ $Q_{\text{ventilação}} = - 5.772,00 \text{ W ou } - 5,77 \text{ kJ/s}$								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 1, Norte)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}}]/(t_i + t_e)}$ $\Phi_{ar} = 0,6 \times (0,144/3) \times \sqrt{[19,6 \times (29 - 24) \times 1,20]/(29 + 24)} = 0,043 \text{ m}^3/\text{s}$ $N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,043/83,295 = 0,00052 \text{ renovações/s ou } 1,86 \text{ renovações/h}$ $Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,043 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$ $Q_{\text{ventilação}} = - 928,80 \text{ W ou } - 0,93 \text{ kJ/s}$								

A quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação 2 é a mesma da habitação 1 e é igual a 9.475,02 kJ/K, visto que considera apenas as partições internas e as capacidades térmicas das mesmas que são iguais para todas as habitações. O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural para a habitação 2 também é o mesmo da habitação 1, ou seja, 55 minutos, uma vez que também foram encontrados valores iguais para o fluxo de calor devido a ventilação natural por ação dos ventos para as duas habitações.

Os fluxos de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 3 estão na tabela 82. Neste caso, o vento forma um ângulo de 45 ° com a normal da fachada onde ocorre a maior incidência dos mesmos (fachada leste). A análise por diferença

de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 2 a Oeste por ser o mais prejudicado quanto à insolação durante o verão.

Tabela 82 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 3 (fachada frontal Oeste) do Residencial Zilda Arns

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ (°)	ΔC_P	$\Delta C_{P\text{corrigido}}$	A_{entrada} do ar (m ²)	$A_{\text{saída do}}$ ar (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e (°C)
1,64	45	0,9235	0,2771	0,83	1,44	4,83	0,71	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m³/s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{P\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,71 \times 1,64 \times \sqrt{0,2771} = 0,37 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,37/83,295 = 0,0044 \text{ renovações/s ou } 15,89 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,37 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 5.772,00 \text{ W ou } - 5,77 \text{ kJ/s}$								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 2, Oeste)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}}]/(t_i + t_e)}$								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (0,144/3) \times \sqrt{[19,6 \times (29 - 24) \times 1,20]/(29 + 24)} = 0,043 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,043/83,295 = 0,00052 \text{ renovações/s ou } 1,86 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,043 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 928,80 \text{ W ou } - 0,93 \text{ kJ/s}$								

A quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação 3 e o tempo necessário para a diminuição da temperatura das paredes internas em 2,0 °C através do fluxo de ar promovido pela ventilação natural também são os mesmos das habitações anteriores, ou seja, 9.475,02 kJ/K e 55 minutos, respectivamente.

Os fluxos de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 4 estão na tabela 83. Neste caso, o vento forma um ângulo de 45° com a normal da fachada onde ocorre a maior incidência dos mesmos (fachada leste). A análise por diferença de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 1 a Oeste por ser o mais prejudicado quanto à insolação durante o verão.

Tabela 83 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ (°)	ΔC_P	$\Delta C_{P\text{corrigido}}$	A_{entrada} do ar (m ²)	$A_{\text{saída}}$ do ar (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e (°C)
1,64	45	0,9235	0,2771	1,44	0,83	4,83	0,71	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m³/s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{P\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,71 \times 1,64 \times \sqrt{0,2771} = 0,37 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,37/83,295 = 0,0044 \text{ renovações/s ou } 15,89 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,37 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 5.772,00 \text{ W ou } - 5,77 \text{ kJ/s}$								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 1, Oeste)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}}]/(t_i + t_e)}$								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (0,144/3) \times \sqrt{[19,6 \times (29 - 24) \times 1,20]/(29 + 24)} = 0,043 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,043/83,295 = 0,00052 \text{ renovações/s ou } 1,86 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,043 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 928,80 \text{ W ou } - 0,93 \text{ kJ/s}$								

A quantidade de energia térmica necessária e o tempo para diminuição da temperatura em 2,0 °C através do fluxo de ar promovido pela ventilação natural das paredes internas para a habitação 4 também são os mesmos das habitações anteriores, ou seja, 9.475,02 kJ/K e 55 minutos, respectivamente.

A seguir, é apresentado o quadro 9 com um resumo dos resultados encontrados para os parâmetros térmicos para as habitações do Residencial Zilda Arns.

parâmetro térmico	Residencial Zilda Arns			
	habitações			
	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno} , $W/(m^3.K)$	3,3830			
condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente $t_{si} \times t_{orvalho}$	exceto sobre venezianas e forro			
assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}	coberturas e paredes satisfaz critério			
coeficiente volumétrico global de ganho de calor $GV_{\text{verão}}$, $W/(m^3.K)$	9,2455	7,1182	10,9691	11,1136
coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia $coef_{SPE}$	2,24	2,21	2,38	1,95
efusividade térmica média do ambiente ef_{amb} , $(W.s^{1/2})/(m^2.K)$	1.538,83			
área da cobertura Sul ou Sudeste \times área total da cobertura $coef_{coberturaS}$	0,50 (satisfaz)	0,50 (satisfaz)	0,00 (não satisfaz)	0,00 (não satisfaz)
área da parede Norte ou Nordeste \times área total da cobertura $coef_{paredeN}$	0,24 (não satisfaz)	0,24 (não satisfaz)	0,26 (satisfaz)	0,26 (satisfaz)

Quadro 9 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos para as habitações do Residencial Zilda Arns

3. Resultados dos parâmetros térmicos obtidos para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha

A tabela 84 apresenta os resultados dos coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor, GV_i e GV_{inverno} , para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.

Tabela 84 - Coeficientes volumétricos parciais e total de perda de calor GV_i e GV_{inverno} para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha

elementos	Área (m^2)	U ($W/(m^2.K)$)	$A \times U$ (W/K)	$GV_i = (A \times U)/V$ ($W/(m^3.K)$)	percentagem (%)
infiltração de ar*	-	-	-	0,2491	6,78
paredes em alvenaria de tijolos	53,14	-	133,33	1,0768	29,30
portas	1,68	5,88	9,88	0,0798	2,17

Tabela 84 – continuação

elementos	Área (m²)	U (W/(m².K))	A×U (W/K)	GV_i = (A×U)/V (W/(m³.K))	percentagem (%)
janelas sem proteção solar	2,36	5,87	13,85	0,1119	3,04
janelas com proteção solar	2,40	3,01	7,22	0,0584	1,59
cobertura	35,23	6,48	228,29	1,8440	50,17
pisos	31,59	1,00	31,59	0,2552	6,94
GV_{inverno}				3,6752	100,0

A tabela 85 apresenta os resultados quanto a possibilidade de condensação para os fechamentos da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha.

Tabela 85 - Valores de temperatura superficial interna t_{si} para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento	U (W/(m².K))	$t_{si} = t_i + R_{si} \times U \times (t_e - t_i)$ (°C) $\geq t_{orvalho}$	condensação?	
paredes				
parede em tijolo com furos e reboco				
externo (e = 0,11 m)	2,52	14,56 \geq 13,5	não	
parede em tijolo com furos e reboco externo e interno (e = 0,125 m)	2,41	14,71 \geq 13,5	não	
aberturas				
portas	total	5,88	9,98 \leq 13,5	sim
	vidro	5,78	10,11 \leq 13,5	sim
	ferro	5,88	9,98 \leq 13,5	sim
janelas	sem venezianas	5,87	9,98 \leq 13,5	sim
	vidro	5,78	10,11 \leq 13,5	sim
	ferro	5,88	9,98 \leq 13,5	sim
	com venezianas	3,01	13,89 \geq 13,5	não
cobertura				
telha cerâmica	6,48	11,19 \leq 13,5	sim	

As próximas tabelas (Tabelas 86 a 89) referem-se ao cálculo da categoria de inércia, coef_{SPE} , das habitações do Residencial Cipriano da Rocha. Como este parâmetro térmico depende da orientação solar da habitação, fez-se o cálculo para cada habitação separadamente. Para as habitações foi considerada a parede externa voltada a Sul, exceto para a habitação 4, em que a parede orientada a Sul é a parede de geminação. Desta forma, para efeito de cálculo, considerou-se esta parede como sendo externa para esta habitação.

Tabela 86 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 1 (fachada frontal orientada a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = A × $\text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)
fechamento externo (parede sul)					
alvenaria de tijolos com furos + reboco externo (e = 0,11 m)	18,06	168,19*	(0,09/0,70) _{tijolo} = 0,1286	2/3	12,04
alvenaria de tijolos com furos + reboco externo e interno (e = 0,125 m)	2,17	199,71*	(0,015/1,15) _{reboco} = 0,0130	2/3	1,45
partições internas					
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,09 m)	24,28	126,19*	(0,09/0,70) _{tijolo} = 0,1286	2/3	16,19
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,115 m)**	23,40	161,25*	(0,115/0,70) _{tijolo} = 0,1643	1/3	7,80
alvenaria de tijolos com furos + reboco em uma face (e = 0,105 m)	3,92	157,69*	(0,09/0,70) _{tijolo} = 0,1286 ou (0,015/1,15) _{reboco} = 0,0130	2/3	2,61
piso concreto alisado	31,59***	261*	(0,09/1,75) _{concreto} = 0,0514	1	31,59
Σ área	103,42			Σ SPE	71,68
				A_{edificação}	35,05 m²
				coef_{SPE}	2,05

*área de partições e fechamentos com relação *massa/área* inferior a 300 kg/m², totalizando 103,42 m², ou 100% da área total
 ** considerou-se a parede de geminação entre as habitações como parede interna
 ***considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas

Tabela 87 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 2 (fachada frontal orientada a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)
fechamento externo (parede sul)					
alvenaria de tijolos com furos + reboco externo (e = 0,11 m)	10,67	168,19*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}} = 0,1286$	2/3	7,11
partições internas					
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,09 m)	24,28	126,19*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}} = 0,1286$	2/3	16,19
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,115 m)**	23,40	161,25*	$(0,115/0,70)_{\text{tijolo}} = 0,1643$	1/3	7,80
alvenaria de tijolos com furos + reboco em uma face (e = 0,105 m)	3,92	157,69*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}} = 0,1286$ ou $(0,015/1,15)_{\text{reboco}} = 0,0130$	2/3	2,61
piso concreto alisado	31,59***	261*	$(0,09/1,75)_{\text{concreto}} = 0,0514$	1	31,59
Σ área	93,86			Σ SPE	65,30
				A_{edificação}	35,05 m²
				coef_{SPE}	1,86

*área de partições e fechamentos com relação *massa/área* inferior a 300 kg/m², totalizando 93,86 m², ou 100% da área total
 ** considerou-se a parede de geminação entre as habitações como interna
 ***considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas

Tabela 88 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 3 (fachada frontal orientada a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)
fechamento externo (parede sul)					
alvenaria de tijolos com furos + reboco externo (e = 0,11 m)	18,94	168,19*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}}$ = 0,1286	2/3	12,63
alvenaria de tijolos com furos + reboco externo e interno (e = 0,125 m)	3,30	199,71*	$(0,015/1,15)_{\text{reboco}}$ = 0,0130	2/3	2,20
partições internas					
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,09 m)	24,28	126,19*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}}$ = 0,1286	2/3	16,19
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,115 m)**	23,40	161,25*	$(0,115/0,70)_{\text{tijolo}}$ = 0,1643	1/3	7,80
alvenaria de tijolos com furos + reboco em uma face (e = 0,105 m)	3,92	157,69*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}}$ = 0,1286 ou $(0,015/1,15)_{\text{reboco}}$ = 0,0130	2/3	2,61
piso concreto alisado	31,59***	261*	$(0,09/1,75)_{\text{concreto}}$ = 0,0514	1	31,59
Σ área	105,43			Σ SPE	73,02
				$A_{\text{edificação}}$	35,05 m²
				coef_{SPE}	2,08

*área de partições e fechamentos com relação *massa/área* inferior a 300 kg/m², totalizando 105,43 m², ou 100% da área total
 ** considerou-se a parede de geminação entre as habitações como interna
 *** considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas

Tabela 89 - Coeficiente de superfície pesada equivalente, coef_{SPE} , para a habitação 4 (fachada frontal orientada a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento ou partição interna	área A (m ²)	massa/área (kg/m ²)	resistência térmica do revestimento interno (m ² .K)/W	coeficiente de inércia $\text{coef}_{\text{inércia}}$	SPE = $A \times \text{coef}_{\text{inércia}}$ (m ²)
fechamento externo (parede sul)					
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,115 m)	23,40	161,25*	$(0,115/0,70)_{\text{tijolo}}$ = 0,1643	1/3	7,80
partições internas					
alvenaria de tijolos com furos (e = 0,09 m)	24,28	126,19*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}}$ = 0,1286	2/3	16,19
alvenaria de tijolos com furos + reboco em uma face (e = 0,105 m)	3,92	157,69*	$(0,09/0,70)_{\text{tijolo}}$ = 0,1286 ou $(0,015/1,15)_{\text{reboco}}$ = 0,0130	2/3	2,61
piso concreto alisado	31,59**	261*	$(0,09/1,75)_{\text{concreto}}$ = 0,0514	1	31,59
Σ área	83,19			Σ SPE	58,19
				$A_{\text{edificação}}$	35,05 m²
				coef_{SPE}	1,66

*área de partições e fechamentos com relação *massa/área* inferior a 300 kg/m², totalizando 83,19 m², ou 100% da área total
 ** considera-se a área do piso delimitada pelo perímetro interno das paredes externas

A efusividade térmica para a habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha foi calculada para os cômodos de maior permanência das pessoas: sala/cozinha e dormitórios. Abaixo, na tabela 90, estão apresentados os resultados deste parâmetro térmico.

Tabela 90 - Características físicas dos fechamentos e partições dos cômodos da habitação-tipo do Residencial Cipriano da Rocha e efusividade térmica do ambiente ef_{amb}

fechamento ou partição	área A_i (m^2)	$\lambda \times \rho \times c$ [(kJ.W)/($m^4.K^2$)]	$ef_i = \sqrt{\lambda \times \rho \times c}$ [(W.s ^{1/2})/($m^2.K$)]	$A_i \times ef_i$
sala/cozinha				
parede em tijolo com furos + reboco externo ($e = 0,11$ m)	21,48	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{tijolo}$ = 837,20	914,99	19.653,99
parede em tijolo com furos ($e = 0,09$ m)	11,65	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{tijolo}$ = 837,20	914,99	10.659,63
parede em tijolo com furos + reboco em uma face ($e = 0,105$ m)	1,15	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{tijolo}$ = 837,20	914,99	1.052,24
parede em tijolo com furos + reboco em uma face ($e = 0,105$ m)	2,10	$(1,15 \times 2.100 \times 1,00)_{reboco}$ = 2.415	1.554,03	3.263,46
forro	15,56	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{telha}$ = 837,20	914,97	14.236,93
piso	12,75	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{concreto}$ = 4.200	2.049,39	26.129,72
$\Sigma A_i =$	64,69		$\Sigma A_i \times ef_i =$	74.995,97
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.159,31
dormitório 1				
parede em tijolo com furos + reboco externo ($e = 0,11$ m)	5,99	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{tijolo}$ = 837,20	914,99	5480,79
parede em tijolo com furos ($e = 0,09$ m)	13,89	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{tijolo}$ = 837,20	914,99	12.709,21
parede em tijolo com furos ($e = 0,115$ m)	10,30	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{tijolo}$ = 837,20	914,99	9.424,40
forro	8,90	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{telha}$ = 837,20	914,97	8.143,23

Tabela 90 – continuação

fechamento ou partição	área A_i (m ²)	$\lambda \times \rho \times c$ [(kJ.W)/(m ⁴ .K ²)]	$ef_i = \sqrt{\lambda \times \rho \times c}$ [(W.s ^{1/2})/(m ² .K)]	$A_i \times ef_i$
dormitório 1				
pisso	7,74	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{\text{concreto}}$ = 4.200	2.049,39	15.862,28
$\Sigma A_i =$	46,82		$\Sigma A_i \times ef_i =$	51.619,91
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.102,52
dormitório 2				
parede em tijolo com furos + reboco externo (e = 0,11 m)	9,30	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{\text{tijolo}}$ = 837,20	914,99	8.509,41
parede em tijolo com furos (e = 0,09 m)	13,89	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{\text{tijolo}}$ = 837,20	914,99	12.709,21
parede em tijolo com furos (e = 0,115 m)	10,30	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{\text{tijolo}}$ = 837,20	914,99	9.424,40
forro	8,90	$(0,70 \times 1.300 \times 0,92)_{\text{telha}}$ = 837,20	914,97	8.143,23
pisso	7,74	$(1,75 \times 2.400 \times 1,00)_{\text{concreto}}$ = 4.200	2.049,39	15.862,28
$\Sigma A_i =$	50,13		$\Sigma A_i \times ef_i =$	54.648,53
			$(\Sigma A_i \times ef_i) / \Sigma A_i$	1.090,14

As próximas tabelas (Tabelas 91 a 94) correspondem aos resultados do fluxo máximo de calor $Q_{\text{máx}}$ e dos coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{\text{verão}}$ para os fechamentos das habitações do Residencial Cipriano da Rocha conforme a orientação solar de cada edificação.

Tabela 91 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 1 do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada norte			
alvenarias em tijolos	462,13	0,8295	3,94
janela quarto (veneziana)	75,70	0,1359	0,65
esquadrias (caixilho)	120,90	0,2170	1,03
esquadrias (vidro)	215,42	0,3867	1,84
fluxo total de calor a Norte	874,15	$\sum GV_i = 1,5691$	7,46
Fachada sul			
alvenarias em tijolos	783,02	1,4055	6,67
janela quarto (veneziana)	65,82	0,1181	0,56
fluxo total de calor a Sul	848,84	$\sum GV_i = 1,5236$	7,23
Fachada oeste			
alvenarias em tijolos	1,986,35	3,5655	16,94
esquadrias (caixilho)	56,86	0,1021	0,48
esquadrias (vidro)	524,94	0,9423	4,48
fluxo total de calor a Oeste	2.568,15	$\sum GV_i = 4,6099$	21,90
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	7.564,23	13,5779	64,49
fluxo total de calor pela cobertura	7.564,23	$\sum GV_i = 13,5779$	64,49
Piso			
piso	-126,36	-0,2268	-1,08
fluxo total de calor pelo piso	-126,36	$\sum GV_i = -0,2268$	-1,08
fluxo total de calor através da envolvente	11.729,01	$GV_{ver\grave{a}o} = 21,0537$	100,00
Fachada leste – fachada de geminação			

Tabela 92 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 2 do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada sul			
alvenarias em tijolos	411,57	0,7388	3,91
janela quarto (veneziana)	65,52	0,1176	0,62
esquadrias (caixilho)	105,38	0,1892	1,00
esquadrias (vidro)	173,38	0,3112	1,65
fluxo total de calor a Sul	755,85	$\sum GV_i = 1,3568$	7,18
Fachada norte			
alvenarias em tijolos	866,93	1,5561	8,24
janela quarto (veneziana)	75,72	0,1359	0,72
fluxo total de calor a Norte	942,65	$\sum GV_i = 1,6920$	8,96
Fachada leste			
alvenarias em tijolos	864,22	1,5513	8,22
esquadrias (caixilho)	36,42	0,0654	0,35
esquadrias (vidro)	481,24	0,8638	4,58
fluxo total de calor a Leste	1.381,88	$\sum GV_i = 2,4805$	13,15
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	7.564,23	13,5779	71,92
fluxo total de calor pela cobertura	7.564,23	$\sum GV_i = 13,5779$	71,92
Piso			
piso	-126,36	-0,2268	-1,20
fluxo total de calor pelo piso	-126,36	$\sum GV_i = -0,2268$	-1,20
fluxo total de calor através da envolvente	10.518,25	$GV_{ver\grave{a}o} = 18,8804$	100,00
Fachada oeste – fachada de geminação			

Tabela 93 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 3 do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada oeste			
alvenarias em tijolos	962,10	1,7270	8,36
janela quarto (veneziana)	191,08	0,3430	1,66
esquadrias (caixilho)	316,29	0,5677	2,75
esquadrias (vidro)	687,42	1,2339	5,98
fluxo total de calor a Oeste	2.156,89	$\sum GV_i = 3,8716$	18,75
Fachada leste			
alvenarias em tijolos	788,61	1,4156	6,86
janela quarto (veneziana)	119,08	0,2137	1,03
fluxo total de calor a Leste	907,69	$\sum GV_i = 1,6293$	7,89
Fachada sul			
alvenarias em tijolos	850,27	1,5262	7,39
esquadrias (caixilho)	18,96	0,0340	0,16
esquadrias (vidro)	132,37	0,2376	1,15
fluxo total de calor a Sul	1.001,60	$\sum GV_i = 1,7978$	8,70
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	7.564,23	13,5779	65,75
fluxo total de calor pela cobertura	7.564,23	$\sum GV_i = 13,5779$	65,75
Piso			
piso	-126,36	-0,2268	-1,10
fluxo total de calor pelo piso	-126,36	$\sum GV_i = -0,2268$	-1,10
fluxo total de calor através da envolvente	11.504,05	$GV_{ver\grave{a}o} = 20,6498$	100,00
Fachada norte – fachada de geminação			

Tabela 94 - Fluxo máximo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ e coeficientes volumétricos parciais e total de ganho de calor GV_i e $GV_{ver\grave{a}o}$ para a habitação 4 do Residencial Cipriano da Rocha

fechamento	fluxo de calor $Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{V \times (t_e - t_i)}$ [W/(m ³ .K)]	percentagem (%)
Fachada leste			
alvenarias em tijolos	419,37	0,7528	3,51
janela quarto (veneziana)	119,08	0,2137	1,00
esquadrias (caixilho)	202,65	0,3638	1,70
esquadrias (vidro)	630,18	1,1312	5,27
fluxo total de calor a Leste	1.371,28	$\sum GV_i = 2,4615$	11,48
Fachada oeste			
alvenarias em tijolos	1810,67	3,2502	15,15
janela quarto (veneziana)	191,08	0,3430	1,60
fluxo total de calor a Oeste	2.001,75	$\sum GV_i = 3,5932$	16,75
Fachada norte			
alvenarias em tijolos	950,48	1,7061	7,96
esquadrias (caixilho)	21,91	0,0393	0,18
esquadrias (vidro)	164,50	0,2953	1,38
fluxo total de calor a Norte	1.136,89	$\sum GV_i = 2,0407$	9,52
Cobertura			
cobertura em telha cerâmica	7.564,23	13,5779	63,31
fluxo total de calor pela cobertura	7.564,23	$\sum GV_i = 13,5779$	63,31
Piso			
piso	-126,36	-0,2268	-1,06
fluxo total de calor pelo piso	-126,36	$\sum GV_i = -0,2268$	-1,06
fluxo total de calor através da envolvente	11.947,79	$GV_{ver\grave{a}o} = 21,4465$	100,00
Fachada sul – fachada de geminação			

O cálculo da assimetria da radiação térmica ΔT_{rp} também foi realizado para as quatro habitações, visto que a orientação solar interfere neste parâmetro térmico. Para a situação de inverno, considerou-se um ponto num cômodo de maior permanência situado a 1,0 metro da fachada com orientação solar mais desfavorável e do piso e a meia distância das paredes laterais. Para a situação de verão, calculou-se a assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} em dois pontos: o primeiro ponto voltado para a parede externa mais desfavorável de um cômodo de maior permanência, a 1,0 metro de distância da mesma e do piso e a meia distância das

paredes laterais; e o segundo ponto voltado para a cobertura situado no centro geométrico deste mesmo cômodo e a 1,0 m do piso. As próximas tabelas (Tabelas 95 a 102) apresentam os resultados obtidos para este parâmetro térmico, conforme orientação solar da habitação e para as duas situações climáticas.

Tabela 95 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 2 (parede sul)	15,22	17,33	2,11	sim

Tabela 96 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
sala (parede oeste)	39,27	31,66	7,61	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura sala	45,36	29,81	15,55	não

Tabela 97 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 1 (parede sul)	15,22	17,33	2,11	sim

Tabela 98 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 2 (parede norte)	33,88	30,79	3,09	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura dormitório 2	39,83	29,10	10,73	não

Tabela 99 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
sala (parede sul)	14,75	16,94	2,19	sim

Tabela 100 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 1 (parede oeste)	39,17	30,79	8,38	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura dormitório 1	41,06	29,49	11,57	não

Tabela 101 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de inverno

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 1 (parede leste)	15,22	17,33	2,11	sim

Tabela 102 - Assimetria de radiação térmica ΔT_{rp} para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha na situação de verão

cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 14$ °C	satisfaz?
dormitório 2 (parede oeste)	39,17	30,79	8,38	sim
cômodo	T_{rpA} (°C)	T_{rpB} (°C)	$\Delta T_{rp} = T_{rpA} - T_{rpB} < 9$ °C	satisfaz?
cobertura dormitório 2	41,06	29,49	11,57	não

As taxas área da parede norte \times área total da envolvente vertical, $\text{coef}_{\text{paredeN}}$, e área da cobertura sul \times área total da cobertura, $\text{coef}_{\text{coberturaS}}$, foram calculadas para as quatro habitações do Residencial Cipriano da Rocha, conforme orientação solar de cada uma. Para determinar as taxas, fez-se, primeiramente, um levantamento da área dos fechamentos para cada habitação.

As tabelas 103 e 104 apresentam as áreas dos fechamentos por orientação solar e as taxas da envolvente para a habitação 1.

Tabela 103 - Áreas dos fechamentos para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Norte	14,92	83,00
	Sul	21,28	
	Leste*	23,40	
	Oeste	23,40	
cobertura	Norte	26,58	35,23
	Sul	8,65	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Leste como sendo externa.

Tabela 104 - Taxas da envolvente para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,18	não
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,25	não

As tabelas 105 e 106 apresentam as áreas dos fechamentos por orientação solar e as taxas da envolvente para a habitação 2.

Tabela 105 - Áreas dos fechamentos para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Sul	14,92	83,00
	Norte	21,28	
	Oeste*	23,40	
	Leste	23,40	
cobertura	Sul	26,58	35,23
	Norte	8,65	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Oeste como sendo externa.

Tabela 106 - Taxas da envolvente para a habitação 2 (fachada frontal a Sul) do Residencial Zilda Arns

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,26	sim
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,75	sim

As tabelas 107 e 108 apresentam as áreas dos fechamentos por orientação solar e as taxas da envolvente para a habitação 3.

Tabela 107 - Áreas dos fechamentos para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Oeste	14,92	83,00
	Leste	21,28	
	Norte*	23,40	
	Sul	23,40	
cobertura	Oeste	26,58	35,23
	Leste	8,65	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Norte como sendo externa.

Tabela 108 - Taxas da envolvente para a habitação 3 (fachada frontal a Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,28	sim
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,00	não

As tabelas 109 e 110 apresentam as áreas dos fechamentos por orientação solar e as taxas da envolvente para a habitação 4.

Tabela 109 - Áreas dos fechamentos para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Cipriano da Rocha por orientação solar

fechamentos	orientação	área (m ²)	total (m ²)
paredes	Leste	14,92	83,00
	Oeste	21,28	
	Sul*	23,40	
	Norte	23,40	
cobertura	Leste	26,58	35,23
	Oeste	8,65	

* para este cálculo, considerou-se parede de geminação orientada a Sul como sendo externa.

Tabela 110 - Taxas da envolvente para a habitação 4 (fachada frontal a Leste) do Residencial Zilda Arns

taxa	critério	valor	satisfaz?
área da parede norte × área total da envolvente vertical	$\text{coef}_{\text{paredeN}} = \frac{\text{área da parede N}}{\text{área da envolvente vertical}} \geq 0,25$	0,28	sim
área da cobertura sul × área total da cobertura	$\text{coef}_{\text{coberturaS}} = \frac{\text{área da cobertura voltada a S}}{\text{área total da cobertura}} \geq 0,50$	0,00	não

As tabelas a seguir apresentam o estudo das condições de ventilação para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha, desenvolvido conforme as habitações dos demais conjuntos habitacionais. A velocidade do vento v_z foi determinada por meio da altura da cumeeira da edificação (4,56 m) e do meio de sua implantação (ambiente urbano). A direção do vento é Sudeste e a distância entre as habitações neste conjunto habitacional é de uma casa, o que torna necessário corrigir o valor do coeficiente de pressão do vento ΔC_p em 30 %.

A tabela 111 apresenta os resultados dos fluxos de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 1. O vento predominante forma um ângulo de 45 ° com a normal da fachada mais propícia para a captação dos ventos (fachada sul). A análise por diferença de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 1, a Norte, por ser o mais prejudicado quanto à insolação durante o verão.

Tabela 111 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 1 (fachada frontal Norte) do Residencial Cipriano da Rocha

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ (°)	ΔC_P	$\Delta C_{P\text{corrigido}}$	A_{entrada} do ar (m ²)	$A_{\text{saída}}$ do ar (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e (°C)
1,70	45	0,9235	0,2771	0,60	1,54	4,62	0,55	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m³/s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{P\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,55 \times 1,70 \times \sqrt{0,2771} = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,30/123,80 = 0,0024 \text{ renovações/s}$ ou 8,72 renovações/h								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,30 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 4.680,00 \text{ W}$ ou - 4,7 kJ/s								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 1, Norte)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}})/(t_i + t_e)]}$								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (0,12/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (29 - 24) \times 1,00)/(29 + 24)]} = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,033/123,80 = 0,00026 \text{ renovações/s}$ ou 0,95 renovações/h								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,033 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66000 - 79000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 712,80 \text{ W}$ ou - 0,71 kJ/s								

O cálculo da quantidade de energia térmica necessária para diminuição da temperatura para a habitação 1 está apresentado abaixo na tabela 112.

Tabela 112 - Energia térmica requerida para diminuição da temperatura para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha

partições internas	áreas (m ²)	capacidade térmica C_T [kJ/(m ² K)]	energia térmica requerida para diminuição da temperatura (kJ/K)
alvenaria de tijolos (e = 0,09 m)	24,28	46,37	1.125,86
alvenaria de tijolos (e = 0,115 m)*	23,40	47,51	1.111,73
alvenaria de tijolos com argamassa de revestimento em uma face (e = 0,105 m)	3,92	82,54	323,56
total			2.561,15

* considerou-se a parede de geminação como interna

O tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C pelo fluxo de ar promovido pela ventilação natural para a habitação 1 está apresentado na tabela 113.

Tabela 113 - Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C para a habitação 1 (fachada frontal a Norte) do Residencial Cipriano da Rocha

fluxo de calor devido a ventilação natural por ação dos ventos $Q_{\text{ventilação}}$, (kJ/s)	energia térmica para redução da temperatura das partições internas em 1,0 °C, (kJ/K)	tempo para redução de 2,0 °C (minutos)
4,7	2.561,15	19 min

Os fluxos de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 2 estão na tabela 114. Nesta edificação, há aberturas em duas fachadas capazes de captar os ventos predominantes e o ângulo de incidência dos mesmos é de 45° com a normal de ambas as fachadas. A análise por diferença de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 2, situado a Norte, pois apresenta desvantagem quanto à insolação durante o verão.

Tabela 114 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 2 (fachada frontal Sul) do Residencial Cipriano da Rocha

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ (°)	ΔC_P	$\Delta C_{P\text{corrigido}}$	A_{entrada} do ar (m ²)	$A_{\text{saída do}}$ ar (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e (°C)
1,70	45	0,9235	0,2771	1,54	0,60	4,62	0,55	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m³/s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{\text{ar}} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{P\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,55 \times 1,70 \times \sqrt{0,2771} = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{\text{ar}}/\text{volume da edificação} = 0,30/123,80 = 0,0024 \text{ renovações/s}$ ou 8,72 renovações/h								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{\text{ar}} \times [c_{\text{ar}} \times (t_e - t_i) + \rho_{\text{ar}} \times (H_e - H_i)] = 0,30 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 4.680,00 \text{ W}$ ou - 4,7 kJ/s								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 2, Norte)								
$\Phi_{\text{ar}} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}})/(t_i + t_e)]}$								
$\Phi_{\text{ar}} = 0,6 \times (0,12/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (29 - 24) \times 1,00)/(29 + 24)]} = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{\text{ar}}/\text{volume da edificação} = 0,033/123,80 = 0,00026 \text{ renovações/s}$ ou 0,95 renovações/h								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{\text{ar}} \times [c_{\text{ar}} \times (t_e - t_i) + \rho_{\text{ar}} \times (H_e - H_i)] = 0,033 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 712,80 \text{ W}$ ou - 0,71 kJ/s								

A quantidade de energia térmica e o tempo necessário para diminuição da temperatura em 2,0 °C através da ventilação natural das paredes internas são iguais aos da habitação anterior, ou seja, 2.561,15 kJ/K e 19 minutos, respectivamente, pois as condições são as mesmas.

Assim como a habitação 2, a habitação 3 também apresenta aberturas em duas fachadas capazes de captar os ventos predominantes (fachadas sul e leste), e o ângulo de incidência dos mesmos é de 45° com a normal de ambas as fachadas. A análise por diferença de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 1, situado a Oeste. A tabela 115 apresenta os resultados quanto ao fluxo de ar por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 3.

Tabela 115 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 3 (fachada frontal Oeste) do Residencial Cipriano da Rocha

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ (°)	ΔC_p	$\Delta C_{p\text{corrigido}}$	A_{entrada} do ar (m ²)	$A_{\text{saída}}$ do ar (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e (°C)
1,70	45	0,9235	0,2771	0,94	1,20	4,62	0,73	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m³/s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{p\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,73 \times 1,70 \times \sqrt{0,2771} = 0,39 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,39/123,80 = 0,0032 \text{ renovações/s ou } 11,34 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,39 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 6.084,00 \text{ W ou } - 6,1 \text{ kJ/s}$								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório Oeste)								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}})/(t_i + t_e)]}$								
$\Phi_{ar} = 0,6 \times (0,12/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (29 - 24) \times 1,00)/(29 + 24)]} = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{ar}/\text{volume da edificação} = 0,033/123,80 = 0,00026 \text{ renovações/s ou } 0,95 \text{ renovações/h}$								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{ar} \times [c_{ar} \times (t_e - t_i) + \rho_{ar} \times (H_e - H_i)] = 0,033 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 712,80 \text{ W ou } - 0,71 \text{ kJ/s}$								

A quantidade de energia térmica requerida para diminuição da temperatura através da ventilação natural é a mesma das habitações anteriores, ou seja, 2.561,15 kJ/K, já que as paredes internas são as mesmas. O tempo necessário para redução da temperatura das paredes internas em 2,0 °C está apresentado na tabela 116.

Tabela 116 - Tempo necessário para redução da temperatura das partições internas em 2,0 °C para a habitação 3 (fachada frontal a oeste) do Residencial Cipriano da Rocha

fluxo de calor devido a ventilação natural por ação dos ventos	energia térmica para redução da temperatura das partições internas em 1,0 °C, (kJ/K)	tempo para redução de 2,0 °C (minutos)
$Q_{\text{ventilação}}$, (kJ/s)		
6,10	2.561,15	14 min

A tabela 117 apresenta os resultados dos fluxos de ar Φ_{ar} por ação dos ventos e por diferença de temperatura para a habitação 4. O vento predominante forma um ângulo de 45 ° com a normal da fachada onde ocorre a maior incidência dos mesmos (fachada leste). A análise por diferença de temperatura foi desenvolvida para o dormitório 2 a Oeste por ser o mais desfavorável quanto à insolação durante o verão.

Tabela 117 - Fluxo de ar Φ_{ar} por ação do vento para a habitação 4 (fachada frontal leste) do Residencial Cipriano da Rocha

ventilação natural por ação dos ventos								
v_z (m/s)	θ (°)	ΔC_P	$\Delta C_{P\text{corrigido}}$	$A_{\text{entrada do ar}}$ (m ²)	$A_{\text{saída do ar}}$ (m ²)	$A_{\text{intermediária}}$ (m ²)	área equivalente A (m ²)	temperatura do ar externo t_e (°C)
1,70	45	0,9235	0,2771	1,20	0,94	4,62	0,73	27
fluxo de ar Φ_{ar} (m ³ /s), renovações de ar por segundo N e fluxo de calor $Q_{\text{ventilação}}$ (W)								
$\Phi_{\text{ar}} = 0,6 \times A \times v_z \times \sqrt{\Delta C_{P\text{corrigido}}} = 0,6 \times 0,73 \times 1,70 \times \sqrt{0,2771} = 0,39 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{\text{ar}}/\text{volume da edificação} = 0,39/123,80 = 0,0032 \text{ renovações/s}$ ou 11,34 renovações/h								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{\text{ar}} \times [c_{\text{ar}} \times (t_e - t_i) + \rho_{\text{ar}} \times (H_e - H_i)] = 0,39 \times [1.200 \times (27 - 29) + 1,2 \times (68.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 6.084,00 \text{ W}$ ou - 6,1 kJ/s								
ventilação natural por diferença de temperatura (dormitório 2, Oeste)								
$\Phi_{\text{ar}} = 0,6 \times (A_{\text{útil}}/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (t_i - t_e) \times l_{\text{altura}})/(t_i + t_e)]}$								
$\Phi_{\text{ar}} = 0,6 \times (0,12/3) \times \sqrt{[(19,6 \times (29 - 24) \times 1,00)/(29 + 24)]} = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$								
$N = \Phi_{\text{ar}}/\text{volume da edificação} = 0,033/123,80 = 0,00026 \text{ renovações/s}$ ou 0,95 renovações/h								
$Q_{\text{ventilação}} = \Phi_{\text{ar}} \times [c_{\text{ar}} \times (t_e - t_i) + \rho_{\text{ar}} \times (H_e - H_i)] = 0,033 \times [1.200 \times (24 - 29) + 1,2 \times (66.000 - 79.000)]$								
$Q_{\text{ventilação}} = - 712,80 \text{ W}$ ou - 0,71 kJ/s								

A quantidade de energia térmica necessária e o tempo para diminuição da temperatura em 2,0 °C através do fluxo de ar promovido pela ventilação natural das paredes internas para

a habitação 4 são os mesmos da habitação 3, ou seja, 2.561,15 kJ/K e 14 minutos, respectivamente.

Abaixo, é apresentado o quadro 10 com os resultados dos parâmetros térmicos encontrados para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha.

parâmetro térmico	Residencial Cipriano da Rocha			
	habitações			
	1 (N)	2 (S)	3 (O)	4 (L)
coeficiente volumétrico global de perda de calor, GV_{inverno} , $W/(m^3.K)$	3,6752			
condensação superficial sobre fechamentos em regime permanente $t_{si} \times t_{\text{orvalho}}$	exceto sobre venezianas e paredes			
assimetria da radiação térmica ΔT_{rp}	coberturas não satisfazem critério			
coeficiente volumétrico global de ganho de calor $GV_{\text{verão}}$, $W/(m^3.K)$	21,0537	18,8804	20,6498	21,4465
coeficiente de superfície pesada equivalente ou categoria de inércia $coef_{SPE}$	2,05	1,86	2,08	1,66
efusividade térmica média do ambiente ef_{amb} , $(W.s^{1/2})/(m^2.K)$	1.117,32			
área da cobertura Sul ou Sudeste \times área total da cobertura $coef_{\text{coberturaS}}$	0,25 (não satisfaz)	0,75 (satisfaz)	0,00 (não satisfaz)	0,00 (não satisfaz)
área da parede Norte ou Nordeste \times área total da cobertura $coef_{\text{paredeN}}$	0,18 (não satisfaz)	0,26 (satisfaz)	0,28 (satisfaz)	0,28 (satisfaz)

Quadro 10 - Resumo dos resultados dos parâmetros térmicos encontrados para as habitações do Residencial Cipriano da Rocha

APÊNDICE 2 – Instrumento de coleta de dados (período verão)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA CENTRO DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Questionário aplicado (janeiro/fevereiro/2012)

Este questionário faz parte de uma pesquisa desenvolvida pela mestrandia Gabriela Inês Linck do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSM. Deverá ser aplicado aos moradores das residências previamente selecionadas que aceitaram participar espontaneamente da pesquisa. Em cada residência selecionada, um morador maior de idade será responsável por responder os questionários durante todo processo de pesquisa.

Entrevistador: _____

Data e local (Conj. Habitacional): _____

Hora: _____

Número da casa e quadra: _____

Temperatura no interior da casa: _____

Temperatura no exterior da casa: _____

Umidade no interior da casa: _____

1. Informações gerais:

a) Há quanto tempo você mora na residência? _____

b) Quantas pessoas moram na residência? _____

c) Em que período você fica em casa durante a semana?

de manhã

de tarde

de noite

d) Em que período você fica em casa durante o final de semana?

de manhã

de tarde

de noite

e) Qual seu estado de saúde atual?

perfeitas condições de saúde

condições alteradas de saúde. Qual motivo? gripe

resfriado

outros

f) Que atividade estava realizando antes de responder este questionário? _____

g) Em que parte da residência você está respondendo o questionário? _____

2. Informações sobre a residência:

- a) Você considera sua casa quente no verão? () sim () não
- b) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais quente(s) no verão durante o dia? _____
- c) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais quente(s) no verão durante a noite? _____
- d) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos quente(s) no verão durante o dia? _____
- e) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos quente(s) no verão durante a noite? _____
- f) Qual elemento da casa você considera que seja o principal responsável pela entrada do calor durante o verão?
- () telhado
- () paredes
- () aberturas – portas e janelas
- g) Em sua casa, como você classifica a ventilação dos seguintes cômodos:
- Sala: () ótima () boa () ruim () péssima
- Dormitórios: () ótima () boa () ruim () péssima
- Cozinha: () ótima () boa () ruim () péssima
- Banheiro: () ótima () boa () ruim () péssima

3. Informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores:

- a) No verão, quando você sente muito calor, onde você costuma ficar durante:

- manhã

- () sala
- () quarto
- () cozinha
- () pátio
- () outro _____

Por que? _____

- tarde

- () sala
- () quarto
- () cozinha
- () pátio
- () outro _____

Por que? _____

- noite

- () sala
- () quarto
- () cozinha
- () pátio
- () outro _____

Por que? _____

- b) No verão, o que você faz para diminuir a sensação de calor?

- () tomar banho
- () ligar o ventilador
- () se abanar

ir para uma sombra fora de casa

outro _____

c) Caso a pessoa utilize o ventilador no verão, em que período do dia você normalmente costuma ligá-lo mais vezes?

manhã tarde noite

Com qual frequência?

todos os dias alguns dias raramente

Em quais cômodos o ventilador é mais usado? _____

d) Utiliza algum outro equipamento para amenizar a sensação de calor no verão?

sim, qual? _____

não

e) Quando está com calor, você consegue permanecer em algum cômodo da casa sem utilizar o ventilador ou outro tipo de equipamento que melhore a sensação de conforto?

sim

não

f) No verão, costuma manter as janelas totalmente abertas?

sim, em que horário? manhã tarde noite

não

g) Você cozinha em casa durante a semana?

almoço: sim não

janta: sim não

h) Você utiliza o fogão à lenha no verão? sim não

i) O que você mudaria em sua casa para ela ficar mais fresca no verão? _____

4. Informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista:

a) Você permaneceu em casa desde ontem à noite até o momento da entrevista?

sim

não

b) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar o ventilador?

sim

não

Se sim, que horas ele ficou ligado? _____ h até _____ h.

Em quais cômodos da casa? _____

c) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar algum outro equipamento para refrescar a casa?

sim, qual? _____

não

Se sim, que horas ele ficou ligado? _____ h até _____ h.

Em quais cômodos da casa? _____

d) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de abrir as janelas para refrescar a casa?

sim

não

Se sim, em que hora? _____ h até _____ h.

Em quais cômodos da casa? _____

5. Informações sobre a sensação e preferência térmicas dos entrevistados

a) Neste momento, como você está se sentindo?

com muito calor

- com calor
 só com um pouquinho de calor
 em bem-estar, nem com calor nem com frio
 só com um pouquinho de frio
 com frio
 com muito frio
 b) Neste momento, como você gostaria de estar se sentindo?
 bem mais aquecido
 mais aquecido
 só um pouquinho mais aquecido
 assim mesmo, nem mais aquecido nem mais refrescado
 só um pouquinho mais refrescado
 mais refrescado
 bem mais refrescado
 c) De que maneira você está se encontra neste momento?
 confortável
 levemente desconfortável
 desconfortável
 muito desconfortável
 d) Você está com sensação de desconforto em relação a sua vestimenta?
 sim
 não

Caso sim, qual peça de roupa causa este desconforto? _____

- e) Marque na planilha abaixo o que você está vestindo neste momento.

sapato		camisa manga curta	
tênis		camisa manga longa	
chinelos		blusa	
sandália		moletom manga longa	
botina/bota		vestido curto	
pantufa		vestido até o joelho	
meia		vestido longo	
meia calça		saia curta	
calça jeans		saia até o joelho	
calça de tecido fino		saia longa	
calça de moletom		short/bermuda	
camiseta manga curta		calcinha/cueca	
camiseta manga longa		soutien	
regata		ceroulas	

Outro? _____

6. Identificação do entrevistado

- a) Nome: _____
 b) Idade: _____ c) Sexo: F M
 d) Profissão: _____

APÊNDICE 3 – Instrumento de coleta de dados (período inverno)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA CENTRO DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Questionário aplicado (julho/2012)

Este questionário faz parte de uma pesquisa desenvolvida pela mestranda Gabriela Inês Linck do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSM. Deverá ser aplicado aos moradores das residências previamente selecionadas que aceitaram participar espontaneamente da pesquisa. Em cada residência selecionada, um morador maior de idade será responsável por responder os questionários durante todo processo de pesquisa.

Entrevistador: _____

Data e local (Conj. Habitacional): _____

Hora: _____

Número da casa e quadra: _____

Temperatura no interior da casa: _____

Temperatura no exterior da casa: _____

Umidade no interior da casa: _____

1. Informações gerais:

a) Há quanto tempo você mora na residência? _____

b) Quantas pessoas moram na residência? _____

c) Em que período você fica em casa durante a semana?

de manhã

de tarde

de noite

d) Em que período você fica em casa durante o final de semana?

de manhã

de tarde

de noite

e) Qual seu estado de saúde atual?

perfeitas condições de saúde

condições alteradas de saúde. Qual motivo? gripe

resfriado

outros

f) Que atividade estava realizando antes de responder este questionário? _____

g) Em que parte da residência você está respondendo o questionário? _____

2. Informações sobre a residência:

a) Você considera sua casa fria no inverno? sim não

b) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais frio(s) no inverno durante o dia?

c) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha mais frio(s) no inverno durante a noite?

d) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos frio(s) no inverno durante o dia?

e) Qual/quais é/são o(s) cômodo(s) que você acha menos frio(s) no inverno durante a noite?

f) Qual elemento da casa você considera que seja o principal responsável pela entrada do frio durante o inverno?

- telhado
- paredes
- aberturas – portas e janelas

g) Sua casa apresenta mofo, bolor ou umidade no inverno?

- sim. Cômodo e local? _____
- não

3. Informações sobre os hábitos cotidianos dos moradores:

a) No inverno, quando você sente muito frio, onde você costuma ficar (sem utilizar aquecedor, etc)?

-manhã

- sala
- quarto
- cozinha
- pátio
- outro _____

Por que? _____

-tarde

- sala
- quarto
- cozinha
- pátio
- outro _____

Por que? _____

-noite

- sala
- quarto
- cozinha
- pátio
- outro _____

Por que? _____

b) No inverno, o que você faz para diminuir a sensação de frio?

- toma banho quente
- liga o aquecedor
- se aquece no sol
- acende o fogão à lenha
- se enrola no cobertor
- outro _____

c) Caso a pessoa utilize o aquecedor no inverno, em que período do dia você normalmente costuma ligá-lo mais vezes?

- manhã tarde noite

Com qual frequência?

todos os dias alguns dias raramente

Em quais cômodos o aquecedor é mais usado? _____

d) Você utiliza fogão à lenha no inverno? sim não

e) Em que período do dia você normalmente costuma ligar o fogão à lenha mais vezes?

manhã tarde noite

Com qual frequência?

todos os dias alguns dias raramente

Em qual cômodo da casa o fogão à lenha esta localizado? _____

f) Utiliza algum outro equipamento para amenizar a sensação de frio no inverno?

sim, qual? _____

não

g) Quando está com frio, você consegue permanecer em algum cômodo da casa sem utilizar o aquecedor ou outro tipo de equipamento que melhore a sensação de conforto?

sim

não

h) No inverno, costuma manter as janelas totalmente fechadas?

sim, em que horário? manhã tarde noite

não

i) Você cozinha em casa durante a semana?

almoço: sim não

janta: sim não

j) O que você mudaria em sua casa para ela ficar menos fria no inverno? _____

4. Informações sobre os hábitos dos moradores no dia da entrevista:

a) Você permaneceu em casa desde ontem à noite até o momento da entrevista?

sim

não

b) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar o aquecedor?

sim

não

Se sim, que horas ele ficou ligado? ontem à noite madrugada hoje de manhã

Em quais cômodos da casa? _____

c) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de utilizar o fogão à lenha para aquecer a casa?

sim

não

Se sim, que horas ele ficou ligado? ontem à noite madrugada hoje de manhã

d) Entre o final do dia de ontem até agora, houve a necessidade de fechar as janelas para manter a casa aquecida?

sim não

Se sim, em que hora? ontem à noite madrugada hoje de manhã

Em quais cômodos da casa as janelas permaneceram fechadas?

5. Informações sobre a sensação e preferência térmicas dos entrevistados

a) Neste momento, como você está se sentindo?

com muito calor

- com calor
 só com um pouquinho de calor
 em bem-estar, nem com calor nem com frio
 só com um pouquinho de frio
 com frio
 com muito frio
 b) Neste momento, como você gostaria de estar se sentindo?
 bem mais aquecido
 mais aquecido
 só um pouquinho mais aquecido
 assim mesmo, nem mais aquecido nem mais refrescado
 só um pouquinho mais refrescado
 mais refrescado
 bem mais refrescado
 c) De que maneira você está se encontra neste momento?
 confortável
 levemente desconfortável
 desconfortável
 muito desconfortável
 d) Você está com sensação de desconforto em relação a sua vestimenta?
 sim
 não

Caso sim, qual peça de roupa causa este desconforto? _____

- e) Marque na planilha abaixo o que você está vestindo neste momento.

sapato		camisa manga curta	
tênis		camisa manga longa	
chinelos		blusa	
sandália		moletom manga longa	
botina/bota		vestido curto	
pantufa		vestido até o joelho	
meia		vestido longo	
meia calça		saia curta	
calça jeans		saia até o joelho	
calça de tecido fino		saia longa	
calça de moletom		short/bermuda	
camiseta manga curta		calcinha/cueca	
camiseta manga longa		soutien	
regata		ceroulas	

Outro? _____

Identificação do entrevistado

- a) Nome: _____
 b) Idade: _____ c) Sexo: F M
 d) Profissão: _____