



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

UMA METODOLOGIA PARA ESPECIFICAR E  
AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE  
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES

*Miriam Jerônimo Barbosa*



0.266.915-4

UFSC-BU

Florianópolis - SC  
janeiro de 1997

108486

UMA METODOLOGIA PARA ESPECIFICAR E  
AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE  
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES

*MIRIAM JERONIMO BARBOSA*

UMA METODOLOGIA PARA ESPECIFICAR E  
AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE  
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, PARA  
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA.

**ORIENTADOR - ROBERTO LAMBERTS, PHD**

Florianópolis - SC  
janeiro de 1997

**MIRIAM JERONIMO BARBOSA**

**UMA METODOLOGIA PARA ESPECIFICAR E  
AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE  
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES**

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR,  
ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

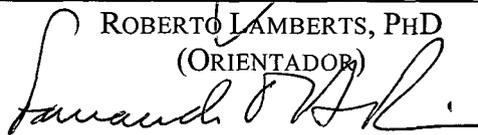


RICARDO MIRANDA BARCIA  
COORDENADOR

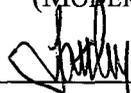
**BANCA EXAMINADORA:**



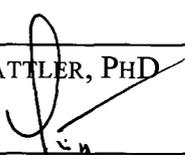
ROBERTO LAMBERTS, PHD  
(ORIENTADOR)



FERNANDO OSCAR RUTTKAY PEREIRA, PHD  
(MODERADOR)



MIGUEL ALOYSIO SATTLER, PHD



PAULO CESAR PHILLIPI, DR.



PAULO SMITH SCHNEIDER, DR.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu DEUS em primeiro lugar, que tudo permite, e...

*POR QUEM eu vivo.*

*A Luiz André, companheiro e amigo e*

*Aos meus filhos, presentes de DEUS*

*Alexandre e Rodrigo*

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem a participação e colaboração das seguintes pessoas e entidades:

- Prof. *Roberto Lamberts*, pela orientação incentivadora e perseverante desde a elaboração do projeto, fornecimento de bibliografia, acompanhamento de toda parte experimental, até o treinamento com a ferramenta de simulação, indicação da forma de apresentação e a correção incansável de todo texto.
- Prof. *Luiz Fernando M. Heineck*, pelo primeiro acompanhamento na elaboração do projeto.
- Os Professores do Departamento de Construção Civil da UEL, pela compreensão em assumir as atividades, que permitiram a minha liberação por quatro anos de licença e mais um ano para concluir este trabalho.
- O Núcleo de Pesquisa em Construção Civil e Departamento de Engenharia Civil da UFSC, pela permissão de utilização de seus recursos, laboratórios e dependências.
- As moradoras das casas selecionadas para estudo em Londrina: *Dona Laudemira* (casa de concreto); *Zuilla* (casa de blocos de concreto); *Ana Maria* (casa de tijolos cerâmicos); *Silmara* (casa de argamassa armada); e *Heloisa* (casa de ardósia), pela disposição em permitir por três ou quatro dias inteiros, a coleta de dados em suas casas.
- A COHAB de Londrina representada pelos Diretores Presidente Nedson Micheletti e Wilson Maria Sella, pela colaboração na pesquisa que identificou a casa COHAB padrão, e demais informações para identificação e seleção das unidades habitacionais estudadas.
- O LABCON /UFSC, representado pelo professor *Fernando Ruttkay Pereira*, pelo empréstimo dos equipamentos de medição de temperatura, umidade e velocidade do ar interno.

- ❑ O colega *Enedir Ghisi*, pela ajuda nos cálculos de transmitância térmica dos elementos construtivos.
- ❑ O IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) e COPEL (Companhia Paranaense de Energia), pelo fornecimento dos dados climáticos.
- ❑ A CAPES, pela bolsa de estudos durante os anos de 1992 a 1995.
- ❑ O colega *Luiz Gomes*, pela orientação e ajuda em algumas dificuldades computacionais.
- ❑ *Priscila Nellessen Lazoski*, pelo copydesk e normatização que tornaram possível a difícil tarefa de comunicar o trabalho através da apresentação escrita.
- ❑ Os colegas *Amilcar Bogo*, *Claudio E. Pietrobon*, *Luis Márcio Arnaut de Toledo* e *Solange Goulart*, pelo companheirismo nas horas mais difíceis.
- ❑ As colegas *Cristiane M. Dias* e *Elizabeth Bavastri*, pela amizade durante todo o curso.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xxiii
<b>RESUMO</b> .....	xxix
<b>ABSTRACT</b> .....	xxx
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 - OBJETIVOS .....	3
1.1.1 - GERAL .....	3
1.1.2 - ESPECÍFICOS .....	3
1.2 - DELIMITAÇÃO DO CAMPO DE TRABALHO .....	3
1.3 - METODOLOGIA UTILIZADA .....	4
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	7
2.1 - INTRODUÇÃO .....	7
2.2 - METODOLOGIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES .....	8
2.2.1 - PESQUISAS E EXPERIMENTOS EM SÃO PAULO .....	8
2.2.2 - PESQUISAS E EXPERIMENTOS NO RIO GRANDE DO SUL .....	16
2.2.3 - PESQUISAS E EXPERIMENTOS NO EXTERIOR .....	17
2.2.3.1 - Introdução .....	17
2.2.3.2 - Situação mundial em normalização de desempenho térmico e energético de edificações .....	18
2.2.3.3 - Estados Unidos .....	20

2.2.3.4 - Califórnia .....	22
2.2.3.5 - Argentina .....	23
2.2.3.6 - Uruguai .....	25
2.2.3.7 - França .....	26
2.2.3.8 - Estudo conjunto das normas jamaicana, portuguesa, inglesa e espanhola .....	28
2.2.4 - PROPOSTA DE ITENS A SEREM DESENVOLVIDOS PARA A NORMA BRASILEIRA .	30
2.3 - ÍNDICES E ESCALAS DE CONFORTO TÉRMICO .....	31
2.3.1 - ZONAS DE CONFORTO .....	33
2.3.1.1 - Carta bioclimática de Olgay e carta bioclimática para edifícios de Givoni (original) .....	33
2.3.1.2 - A carta bioclimática do edifício de Givoni (atualizada em 1992) .....	34
2.3.1.3 - Zona de conforto de Szokolay .....	36
2.3.1.4 - Zonas de conforto ASHRAE .....	37
2.3.2 - EXPERIMENTO NA TAILÂNDIA .....	39
2.3.3 - EXPERIMENTO NA AUSTRÁLIA .....	42
2.3.4 - PESQUISAS E TRABALHOS NO BRASIL .....	45
2.4 - TRATAMENTO DE DADOS CLIMÁTICOS .....	49
2.4.1 - ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA .....	50
2.5 - FERRAMENTA PARA SIMULAÇÕES DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES .....	52
2.6 - CONCLUSÃO .....	58
<b>3. LEVANTAMENTO DE DADOS .....</b>	<b>62</b>
3.1 - INTRODUÇÃO .....	62
3.2 - IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DAS TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS ADOTADAS EM 27 COMPANHIAS DE HABITAÇÃO POPULAR .....	62
3.2.1 - INTRODUÇÃO .....	62

3.2.2 - ÁREA DE CONSTRUÇÃO .....	64
3.2.3 - COBERTURAS .....	65
3.2.4 - FORRO .....	65
3.2.5 - PAREDES .....	65
3.2.6 - JANELAS .....	66
3.2.7 - CONCLUSÃO .....	67
3.3 - DADOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE LONDRINA .....	71
3.3.1 - INTRODUÇÃO .....	71
3.3.2 - ESTRUTURA DOS ARQUIVOS DE DADOS CLIMÁTICOS (TRY) PARA SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO PROGRAMA COMFIE .....	72
3.3.3 - DISPONIBILIDADE DE DADOS CLIMÁTICOS PARA A CIDADE DE LONDRINA/PR.....	73
3.3.4 - DETERMINAÇÃO DO <i>TEST REFERENCE YEAR</i> (TRY) PARA LONDRINA .....	75
3.3.5 - CONSIDERAÇÕES SOBRE AS DIFICULDADES NA OBTENÇÃO DE DADOS PARA A PREPARAÇÃO DOS ARQUIVOS CLIMÁTICOS .....	76
3.3.6 - MONTAGEM DOS ARQUIVOS CLIMÁTICOS LON.TRY (1986) E LNA.TRY (1994) .....	78
3.3.7 - VISUALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DE TEMPERATURAS NOS ARQUIVOS CLIMÁTICOS .....	79
3.4 - LEVANTAMENTO DE DADOS DE DESEMPENHO E CONFORTO TÉRMICO ATRAVÉS DE MEDIÇÕES NO LOCAL .....	81
3.4.1 - INTRODUÇÃO .....	81
3.4.2 - CIDADE DE LONDRINA .....	82
3.4.3 - SELEÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS PARA ESTUDO .....	85
3.4.4 - DESCRIÇÃO DE CADA UNIDADE HABITACIONAL SELECIONADA PARA ESTUDO.....	87
3.4.5 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS .....	88

3.4.5.1 - Introdução .....	88
3.4.5.2 - Transmitância térmica .....	88
3.4.5.3 - Inércia térmica .....	91
3.4.5.4 - Áreas de abertura de ventilação .....	92
3.4.6 - COLETA DE DADOS .....	104
3.4.6.1 - Períodos de coleta de dados .....	104
3.4.6.2 - Seleção de dias para coleta de dados .....	106
3.4.6.3 - Quantidade de dados coletados .....	106
3.4.6.4 - Tipos de dados coletados .....	107
3.4.6.5 - Equipamentos utilizados na coleta de dados .....	108
3.4.6.6 - Locais de realização da coleta de dados .....	109
3.4.7 - RESULTADOS OBTIDOS .....	110
3.4.7.1 - Resultados obtidos de temperaturas .....	110
3.4.7.2 - Resultados obtidos de velocidade do ar interno .....	131
3.4.7.3 - Resultados obtidos das respostas de sensação térmica dos usuários e cálculos do índice PMV (Voto Médio Estimado) .....	135
<b>4. ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS E PROPOSTA DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO .....</b>	<b>161</b>
4.1 - VERIFICAÇÃO DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO, CONSIDERANDO O LEVANTAMENTO DE DADOS DE SENSACÃO TÉRMICA COLETADOS NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO .....	161
4.1.1 - INTRODUÇÃO .....	161
4.1.2 - ZONA DE CONFORTO BÁSICA CONSIDERADA .....	161
4.1.3 - REGISTROS DE SENSACÃO TÉRMICA NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO .....	161
4.1.4 - FREQUÊNCIAS DE TEMPERATURAS HORÁRIAS PARA O ANO DE 1994 E PARA O ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA 1986 .....	165
4.1.5 - DISCUSSÃO .....	166

4.1.6 - CONCLUSÃO .....	167
4.2 - SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO .....	169
4.2.1 - INTRODUÇÃO .....	169
4.2.2 - PREPARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA PARA AS SIMULAÇÕES COM O PROGRAMA COMFIE .....	170
4.2.2.1 - Biblioteca de materiais e paredes equivalentes.....	171
4.2.2.2 - Acabamentos .....	178
4.2.2.3 - Zonas consideradas .....	180
4.2.2.4 - Ventilação .....	180
4.2.2.5 - Ganhos internos .....	181
4.2.2.6 - Pessoas presentes .....	181
4.2.2.7 - Paredes da zona .....	182
4.2.3 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES .....	182
4.2.4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	192
4.2.5 - CONCLUSÃO .....	193
4.3 - DETERMINAÇÃO DE LIMITES PARA ESPECIFICAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO, CONSIDERANDO A TIPOLOGIA CONSTRUTIVA REPRESENTATIVA .....	194
4.3.1 - INTRODUÇÃO .....	194
4.3.2 - PROCEDIMENTOS ADOTADOS NA DETERMINAÇÃO DOS LIMITES PARA ESPECIFICAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO .....	195
4.3.3 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES .....	199
4.3.4 - CRITÉRIO PARA O ESTABELECIMENTO DE LIMITES PARA ESPECIFICAÇÃO DE PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO .....	210
4.3.4.1 – Referencial cultural conhecido .....	210
4.3.5 - CONCLUSÃO .....	213
4.4 - PROPOSTA DE MÉTODO PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES .....	214

4.4.1 - AVALIAÇÃO POR DESEMPENHO .....	214
4.4.2 - AVALIAÇÃO POR PRESCRIÇÃO .....	215
4.4.3 - CONCLUSÃO .....	216
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>218</b>
5.1 - SÍNTESE CONCLUSIVA .....	218
5.2 - LIMITAÇÕES .....	220
5.3 - CONCLUSÃO .....	221
5.4 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	221
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>223</b>
ANEXO 1 .....	223
ANEXO 2 .....	232
ANEXO 3 .....	237
ANEXO 4 .....	241
ANEXO 5 .....	250
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>262</b>
<b>8. GLOSSÁRIO .....</b>	<b>272</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - ESTRUTURA DA METODOLOGIA DE TRABALHO .....	06
FIGURA 2.1 - ETAPAS PRINCIPAIS ENVOLVIDAS NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES .....	10
FIGURA 2.2 - REQUISITOS HIGROTÉRMICOS E FÍSICOS DOS FECHAMENTOS (NORMA ARGENTINA) .....	24
FIGURA 2.3 - RESUMO DOS LIMITES DE TEMPERATURA ACEITÁVEIS NAS PRINCIPAIS METODOLOGIAS ESTUDADAS .....	60
FIGURA 3.1 - NÚMERO DE HORAS DE OCORRÊNCIA DE TEMPERATURAS (EM °C) PARA O ANO DE 1986 EM LONDRINA - PR .....	80
FIGURA 3.2 - NÚMERO DE HORAS DE OCORRÊNCIA DE TEMPERATURAS (EM °C) PARA O ANO DE 1994 EM LONDRINA - PR .....	80
FIGURA 3.3 - DIVISÃO DO ESTADO DO PARANÁ EM MUNICÍPIOS E OS LIMITES DE LATITUDE E LONGITUDE DO ESTADO. EM DESTAQUE O MUNICÍPIO DE LONDRINA E A CIDADE DE CURITIBA .....	82
FIGURA 3.4 - DIVISÃO DO MUNICÍPIO DE LONDRINA EM DISTRITOS E SEUS LIMITES COM OUTROS MUNICÍPIOS. EM DESTAQUE O SÍTIO URBANO DE LONDRINA .....	84
FIGURA 3.5 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO .....	93
FIGURA 3.6 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO ..	94
FIGURA 3.7 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS 6 FUROS .....	95
FIGURA 3.8 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS .....	96

FIGURA 3.9- PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO .....	97
FIGURA 3.10 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO .....	98
FIGURA 3.11 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE PLACAS DE ARDÓSIA .....	99
FIGURA 3.12 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE ARDÓSIA.....	100
FIGURA 3.13 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE PAINÉIS DE ARGAMASSA ARMADA .....	101
FIGURA 3.14 - FACHADA (OESTE) DA CASA DE ARGAMASSA ARMADA .....	102
FIGURA 3.15 - VARIAÇÃO DAS TEMPERATURAS EXTERNAS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE VERÃO DE 1994 .....	105
FIGURA 3.16 - VARIAÇÃO DAS TEMPERATURAS EXTERNAS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE INVERNO DE 1994 .....	105
FIGURA 3.17 - CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 17/02/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	112
FIGURA 3.18 - CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 03/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	113
FIGURA 3.19 - CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 01/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	114
FIGURA 3.20 - CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 15/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	115
FIGURA 3.21 - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 22/02/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	116

FIGURA 3.22 - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 08/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	117
FIGURA 3.23 - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 19/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	118
FIGURA 3.24 - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 22/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	119
FIGURA 3.25 - CASA DE ARGAMASSA ARMADA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 16/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	120
FIGURA 3.26 - CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 27/06/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	122
FIGURA 3.27 - CASA DE ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 24/06/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	123
FIGURA 3.28 - CASA DE ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 15/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	124
FIGURA 3.29 - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 22/06/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	125
FIGURA 3.30 - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 18/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	126
FIGURA 3.31 - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO	

INTERIOR EM 04/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	127
FIGURA 3.32 - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 28/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	128
FIGURA 3.33 - CASA DE ARGAMASSA ARMADA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 01/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	129
FIGURA 3.34 - CASA DE ARGAMASSA ARMADA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 11/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES .....	130
FIGURA 3.35 - VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE VENTOS EXTERNOS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE VERÃO DE 17/02/94 A 22/03/94 .....	132
FIGURA 3.36 - VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE VENTOS EXTERNOS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE INVERNO DE 22/06/94 A 28/07/94 .....	132
FIGURA 3.37 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	139
FIGURA 3.38 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	140
FIGURA 3.39 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	141
FIGURA 3.40 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	142
FIGURA 3.41 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR	

HORA DE MEDIÇÃO .....	143
FIGURA 3.42 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	144
FIGURA 3.43 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	145
FIGURA 3.44 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	146
FIGURA 3.45 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	147
FIGURA 3.46 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	148
FIGURA 3.47 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	149
FIGURA 3.48 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	150
FIGURA 3.49 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	151
FIGURA 3.50 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	152

FIGURA 3.51 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	153
FIGURA 3.52 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	154
FIGURA 3.53 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	155
FIGURA 3.54 - VALORES DA PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO .....	156
FIGURA 3.55 - FREQUÊNCIA DE TEMPERATURAS NEUTRAS .....	159
FIGURA 4.1 - CARTA PSICOMÉTRICA DE LONDRINA COM A ZONA DE CONFORTO DE GIVONI PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO E DE CLIMA QUENTE, PLOTADOS OS REGISTROS DE SENSÇÃO TÉRMICA COLETADOS NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO .....	163
FIGURA 4.2 - AMPLIAÇÃO DOS PONTOS DENTRO E FORA DA ZONA DE CONFORTO DE GIVONI .....	164
FIGURA 4.3 - FREQUÊNCIA DOS VALORES DE VELOCIDADE DO AR INTERNO, MEDIDO NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS .....	166
FIGURA 4.4 - VALORES DE VELOCIDADE DO AR INTERNO, MEDIDO NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS .....	167
FIGURA 4.5 - PROPOSTA DE ZONA DE CONFORTO PARA LONDRINA .....	168
FIGURA 4.6 - ESQUEMA DA PAREDE EQUIVALENTE À PAREDE DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ENTRADA DE DADOS NO COMFIE .....	174

FIGURA 4.7 - ESQUEMA DA PAREDE EQUIVALENTE À PAREDE DE TIJOLOS CERÂMICOS PARA ENTRADA DE DADOS NO COMFIE .....	175
FIGURA 4.8 - ESQUEMA DA LAJE EQUIVALENTE À LAJE PRÉ-MOLDADA PARA ENTRADA DE DADOS NO COMFIE .....	176
FIGURA 4.9 - COBERTURA CONSIDERADA COMO ÚNICO ELEMENTO CONSTRUTIVO INCORPORANDO UMA CAMADA DE AR PARA ENTRADA DE DADOS NO PROGRAMA COMFIE .....	178
FIGURA 4.10 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 17 DE FEVEREIRO DE 1994, NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO .....	183
FIGURA 4.11 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 03 DE MAIO DE 1994, NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO .....	183
FIGURA 4.12 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 27 DE JUNHO DE 1994, NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO .....	184
FIGURA 4.13 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 01 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS .....	184
FIGURA 4.14 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 15 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS .....	185
FIGURA 4.15 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 24 DE JUNHO DE 1994, NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS .....	185
FIGURA 4.16 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 15 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS .....	186

FIGURA 4.17 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 22 DE FEVEREIRO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO .....	186
FIGURA 4.18 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 08 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO .....	187
FIGURA 4.19 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 22 DE JUNHO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO .....	187
FIGURA 4.20 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 18 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO .....	188
FIGURA 4.21- CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 19 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA .....	188
FIGURA 4.22 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 22 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA .....	189
FIGURA 4.23 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 04 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA .....	189
FIGURA 4.24 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 28 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA .....	190
FIGURA 4.25 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 16 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA .....	190
FIGURA 4.26 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 01 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA .....	191
FIGURA 4.27 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 11 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO .....	191

FIGURA 4.28 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE VERÃO .....	201
FIGURA 4.29 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE OUTONO .....	203
FIGURA 4.30 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE INVERNO .....	205
FIGURA 4.31 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE PRIMAVERA .....	207
FIGURA 4.32 - QUANTIDADE DE HORAS DE DESCONFORTO TOTAL (SOMA DE HORAS DE CALOR MAIS HORAS DE FRIO), POR CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO PARA O ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA INTEIRO .....	209
FIGURA 4.33- FAIXAS DOS LIMITES DE BENEFÍCIOS TÉRMICOS MÍNIMOS VIÁVEIS, LIMITE MÍNIMO E LIMITE INACEITÁVEL ESTABELECIDO POR HORAS DE DESCONFORTO TÉRMICO .....	213

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - RESUMO DOS LIMITES DE TEMPERATURA E UMIDADE DAS ZONAS DE CONFORTO DAS METODOLOGIAS ESTUDADAS .....	49
TABELA 2.2 - TIPO DE DADOS E LIMITE DE MEMÓRIA PARA ARMAZENAMENTO NO PROGRAMA COMFIE .....	55
TABELA 3.1 - CARACTERÍSTICAS DA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA REPRESENTATIVA CONFORME A PESQUISA REALIZADA EM 27 COMPANHIAS DE HABITAÇÃO REFERENTE AO PERÍODO 1980/1990 .....	68
TABELA 3.2 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA REPRESENTATIVA, CONFORME A PESQUISA REALIZADA .....	69
TABELA 3.3 - RESUMO GERAL DE VALORES DE TRANSMITÂNCIAS TÉRMICAS PARA ALGUMAS NORMAS .....	70
TABELA 3.4 - FORMATO DO ARQUIVO PARA TRY (COMFIE) .....	73
TABELA 3.5 - SEQUÊNCIA DE MESES DE IMPORTÂNCIA PARA O TRY DE LONDRINA ...	75
TABELA 3.6 - VALORES MÉDIOS MENSIS DO ANO 1986, IDENTIFICADO COMO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA PARA O PERÍODO DE 1979 A 1990 .....	76
TABELA 3.7 - CONFIGURAÇÃO DOS ARQUIVOS LON.TRY (1986) E LNA.TRY (1994) - EXEMPLO DAS PRIMEIRAS LINHAS .....	79
TABELA 3.8 - DADOS GERAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS ESTUDADAS .....	86
TABELA 3.9 - CARACTERÍSTICAS DE FORMA, DIMENSÕES E MATERIAIS ADOTADOS NAS TIPOLOGIAS ESTUDADAS .....	87
TABELA 3.10 - VALORES DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA, ESPESURA E RESISTÊNCIA TÉRMICA POR CAMADA DE MATERIAL HOMOGÊNEO, PARA CÁLCULO DE TRANSMITÂNCIA .....	89

TABELA 3.11 - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA, POR CAMADA DE MATERIAL, E TRANSMITÂNCIA (U) DAS PAREDES .....	89
TABELA 3.12 - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA, POR CAMADA DE MATERIAL, E TRANSMITÂNCIA (U) DAS COBERTURAS .....	90
TABELA 3.13 - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA, POR CAMADA DE MATERIAL, E TRANSMITÂNCIA (U) DAS JANELAS.....	90
TABELA 3.14 - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA, POR CAMADA DE MATERIAL, E TRANSMITÂNCIA (U) DAS PORTAS .....	91
TABELA 3.15 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO MONOLÍTICO - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO: AU = 21,1 m <sup>2</sup> .....	93
TABELA 3.16 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO TIJOLOS CERÂMICOS - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO: AU = 21,1 m <sup>2</sup> .....	95
TABELA 3.17 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO BLOCOS DE CONCRETO - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO: AU = 20,4 m <sup>2</sup> .....	97
TABELA 3.18 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO ARDÓSIA - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO: AU = 42,9 m <sup>2</sup> .....	99
TABELA 3.19 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO ARGAMASSA ARMADA - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO: AU = 34,7 m <sup>2</sup> .....	101
TABELA 3.20 - RESUMO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DAS CINCO UNIDADES ESTUDADAS .....	103
TABELA 3.21 - DATAS E LOCAIS DAS MEDIÇÕES DE VERÃO .....	107
TABELA 3.22 - DATAS E LOCAIS DAS MEDIÇÕES DE INVERNO .....	107
TABELA 3.23 - RESUMO DE VENTOS NO PERÍODO DE VERÃO .....	134

TABELA 3.24 - RESUMO DE VENTOS NO PERÍODO DE INVERNO .....	134
TABELA 3.25 - RESUMO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS PESSOAIS .....	137
TABELA 3.26 - DADOS COLETADOS NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - 17/02/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	139
TABELA 3.27 - DADOS COLETADOS NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - 03/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	140
TABELA 3.28 - DADOS COLETADOS NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - 27/06/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	141
TABELA 3.29 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 01/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	142
TABELA 3.30 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 15/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	143
TABELA 3.31 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 24/06/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	144
TABELA 3.32 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 15/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	145
TABELA 3.33 - DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 22/02/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	146
TABELA 3.34 - DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 08/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	147
TABELA 3.35 - DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 22/06/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	148
TABELA 3.36 - DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 18/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	149
TABELA 3.37 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 19/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV .....	150
TABELA 3.38 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 22/03/94	

PARA CÁLCULO DE PMV .....	151
TABELA 3.39 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 04/07/94	
PARA CÁLCULO DE PMV .....	152
TABELA 3.40 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 28/07/94	
PARA CÁLCULO DE PMV .....	153
TABELA 3.41 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA - 16/03/94	
PARA CÁLCULO DE PMV .....	154
TABELA 3.42 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA - 01/07/94	
PARA CÁLCULO DE PMV .....	155
TABELA 3.43 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA - 11/07/94	
PARA CÁLCULO DE PMV .....	156
TABELA 3.44 - RESUMO DOS VALORES MÉDIOS DE PMV CALCULADOS E A RESPOSTA DO USUÁRIO POR DIA DE MEDIÇÃO E POR TIPO DE CASA .....	157
TABELA 3.45 - RESUMO GERAL DAS PORCENTAGENS DE RESPOSTAS DOS USUÁRIOS QUE SE ENCAIXARAM DENTRO, ACIMA E ABAIXO DO INTERVALO DE PMV CALCULADO VARIANDO O VALOR DO METABOLISMO .....	158
TABELA 3.46 - RESUMO DE VERÃO DAS PORCENTAGENS DE RESPOSTAS DOS USUÁRIOS QUE SE ENCAIXARAM DENTRO, ACIMA E ABAIXO DO INTERVALO DE PMV CALCULADO VARIANDO O VALOR DO METABOLISMO .....	158
TABELA 3.47 - RESUMO DE INVERNO DAS PORCENTAGENS DE RESPOSTAS DOS USUÁRIOS QUE SE ENCAIXARAM DENTRO, ACIMA E ABAIXO DO INTERVALO DE PMV CALCULADO VARIANDO O VALOR DO METABOLISMO .....	159
TABELA 4.1 - DISTRIBUIÇÃO DOS REGISTROS DE SENSAÇÃO TÉRMICA, COLETADOS NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO, COM RELAÇÃO À ZONA DE CONFORTO DE GIVONI .....	165
TABELA 4.2 - DADOS INICIAIS DO COMFIE .....	171
TABELA 4.3 - BIBLIOTECA DE MATERIAIS DAS CINCO CASAS ESTUDADAS PARA ENTRADA DE DADOS NO PROGRAMA COMFIE .....	172

TABELA 4.4 - BIBLIOTECA DE MATERIAIS PARA AS PAREDES E LAJES EQUIVALENTES .	176
TABELA 4.5 - RESISTÊNCIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS INTERNA E EXTERNA .....	177
TABELA 4.6 - RESISTÊNCIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS INTERNA E EXTERNA .....	177
TABELA 4.7 - VALORES DE ABSORTIVIDADE ADOTADOS PARA SIMULAÇÃO APÓS O AJUSTE DAS CURVAS DE TEMPERATURAS SIMULADAS E MEDIDAS .....	179
TABELA 4.8 - RESULTADOS OBTIDOS NAS SIMULAÇÕES COMFIE COMPARADOS COM OS RESULTADOS MEDIDOS .....	192
TABELA 4.9 - VARIAÇÕES NAS SIMULAÇÕES COM A CASA PADRÃO COHAB PARA ESPECIFICAÇÕES DOS LIMITES DE DESEMPENHO TÉRMICO .....	198
TABELA 4.10 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA MODIFICAÇÃO CONSIDERADA E SIMULADA NO PERÍODO DE VERÃO (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR ) .....	200
TABELA 4.11 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA MODIFICAÇÃO CONSIDERADA E SIMULADA NO PERÍODO DE OUTONO (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR ) .....	202
TABELA 4.12 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA MODIFICAÇÃO CONSIDERADA E SIMULADA NO PERÍODO DE INVERNO (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR ) .....	204
TABELA 4.13 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA MODIFICAÇÃO CONSIDERADA E SIMULADA NO PERÍODO DE PRIMAVERA (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR ) .....	206
TABELA 4.14 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO, E DE DESCONFORTO TOTAL, PARA O ANO INTEIRO DE 1986, CONSIDERADO COMO O ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA DE LONDRINA (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE DESCONFORTO ANUAL ) .....	208
TABELA 4.15 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DO REFERENCIAL CULTURAL (CASA COHAB PADRÃO) BENEFICIADA COM UMA PINTURA BRANCA NA FACE EXTERNA DA COBERTURA, E OU COM UMA CAMADA DE 2 CM DE LÃ DE VIDRO SOBRE A LAJE .....	212

TABELA 4.16 - LIMITES PRESCRITOS DE DESEMPENHO TÉRMICO ACEITÁVEL PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES EM LONDRINA .....	216
---	-----

## RESUMO

O objetivo desta tese foi desenvolver uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico em edificações térreas, residenciais unifamiliares. A estrutura básica para a montagem da metodologia foi: confirmar condições de conforto térmico da população local, ajustar uma ferramenta de simulação térmica horária anual, frente a diferentes sistemas construtivos, e estabelecer o limite de horas anuais de desconforto com base em um sistema construtivo referencial. Para definir o sistema referencial, uma pesquisa foi realizada junto às Companhias de Habitação Popular, visando obter a tipologia construtiva mais adotada no Brasil para edificações térreas unifamiliares. A metodologia foi aplicada a Londrina -PR onde um trabalho de campo foi realizado com cinco sistemas construtivos. Em cada sistema construtivo estudado, foram medidas no verão e no inverno as temperaturas internas, levantados os dados construtivos e as sensações dos usuários. As temperaturas internas e os dados construtivos foram utilizados para ajustar a ferramenta adotada para simulação. Os resultados de sensação térmica foram usados para referendar os limites de conforto adotados. Um ano climático de referência para a região de Londrina foi estabelecido para uso nas simulações. A metodologia considerou desconfortáveis as temperaturas fora dos limites de conforto. Com a ferramenta ajustada e o ano climático de referência, foram realizadas simulações com várias alternativas construtivas, estabelecendo-se as horas de desconforto anuais para cada alternativa. A escolha do limite de horas anuais de desconforto aceitável foi feita frente à realidade econômica e o referencial cultural. Com este limite pode-se parametrizar o desempenho térmico em função da transmitância e absortividade de paredes e coberturas, sistema de sombreamento e aberturas de ventilação, para viabilizar a avaliação por prescrição. A avaliação por desempenho pode ser feita simulando-se qualquer sistema construtivo, quantificando-se as horas anuais de desconforto e comparando-as com o limite aceitável estabelecido. Esta metodologia foi aplicada para Londrina mas pode ser aplicada a outras cidades.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to develop a methodology to specify and evaluate the desired thermal performance for single family low-cost houses. The basic structure to develop the methodology was: to confirm conditions of thermal comfort for the local population, to adjust an hourly thermal simulation tool with field data from different building systems and to establish the annual number of hours of discomfort to be accepted based on a reference building. In order to define the reference building, an investigation was carried out in low-cost housing companies (COHABs) to establish the building typology most used in Brazil. The methodology was applied to Londrina - PR where a field work was carried out in five different building typologies. Indoor summer and winter temperatures and user's thermal sensations were monitored. The indoor temperatures and building typology were used to adjust an hourly thermal simulation tool. The user's thermal sensations were used to confirm the thermal comfort limits. A test reference year (TRY), was developed for Londrina to be used in simulations. In the methodology, the number of hours of indoor temperature outside the comfort limits were considered as annual hours of discomfort. With the simulation tool adjusted and the TRY, simulations were performed with several alternatives. The limit of annual hours of discomfort was made based on the low-cost housing reality and the reference building. With this limit, a prescriptive building was developed based on thermal parameters (thermal transmittance, solar absorptance, shading of openings and ventilation). The evaluation by performance can be made by using an annual hourly simulation tool to quantify the hours of discomfort of a given building and comparing it to the limit established. The methodology was applied to Londrina but could be used for other cities.

# 1. INTRODUÇÃO

A normalização para avaliar o desempenho térmico e energético de edificações no Brasil, ainda não está estabelecida. Segundo JANDA e BUSH (1992), em pesquisa realizada sobre a situação mundial de normas de energia para edificações, o Brasil foi um dos países que expressou interesse em desenvolver as suas normas.

Esforços no sentido de iniciar estudos para a implantação desta normalização tem sido realizados. Uma discussão sobre a necessidade de se estruturar uma abordagem desta questão, de forma adequada à realidade brasileira, foi iniciada no I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, realizado em Gramado em 1990.

Em 1991, em Florianópolis - SC, aconteceu o I Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações, onde foram apresentados trabalhos sobre normalização, conforto térmico, avaliação de desempenho térmico de edificações, tratamento de dados climáticos e consumo de energia. Os trabalhos apresentados foram desenvolvidos em São Paulo, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Paraná e Santa Catarina. Na ocasião, palestras foram proferidas sobre as experiências de normalização na França, Argentina e Uruguai.

No Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, realizado em São Paulo em 1993, o trabalho apresentado por BARBOSA e LAMBERTS (1993c) expôs uma proposta de itens a serem desenvolvidos para a norma brasileira de avaliação de desempenho térmico e energético de edifícios, com base no estudo de sete normas estrangeiras. Na pesquisa com as sete normas estudadas, percebeu-se a separação entre as abordagens de desempenho térmico e desempenho energético do edifício. Percebeu-se que esta distinção está atrelada ao porte e utilização da edificação. Desta forma a abordagem da questão de desempenho térmico pode ser vista separadamente, quando se trata de edifícios de pequeno porte (até 300 m<sup>2</sup>), que são habitações e edifícios de até três pavimentos. Quando se trata de edifícios comerciais ou não residenciais de grande porte, a abordagem da questão de desempenho térmico fica associada à questão de desempenho energético do edifício, não sendo recomendável, abordar o desempenho térmico separadamente do desempenho energético.

Nesse contexto, a proposta de itens a serem desenvolvidos para a normalização brasileira de avaliação de desempenho térmico e energético de edifícios, segundo BARBOSA e LAMBERTS (1993c), foi: 1) Definição de Símbolos e Unidades; 2) Cálculo de Transmitância Térmica de Elementos e Componentes; 3) Procedimento para Tratamento de Dados Climáticos; 4) Zoneamento Bioclimático Brasileiro; 5) Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais; 6) Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Comerciais; e 7) Métodos de Ensaios.

Atualmente, encontra-se em desenvolvimento, o projeto “Normalização em Conforto Ambiental”, financiado pela FINEP, no qual a comissão da área térmica pretende elaborar os seguintes textos de normas para desempenho térmico de edificações: 1 - Definições, Símbolos e Unidades; 2 - Cálculo da Transmitância Térmica de Elementos e Componentes; 3 - Procedimento para Tratamento de Dados Climáticos; 4 - Zoneamento Bioclimático; 5- Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações Unifamiliares; 6 - Medição de Condutividade Térmica pelo Princípio da Placa Quente; 7 - Determinação da Resistência Térmica e da Condutividade Térmica em Regime Estacionário pelo Método Fluximétrico.

O item 5 - Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações Unifamiliares, tem sido tratado pelo IPT através dos trabalhos “Conforto Higrotérmico” - IPT (1981) e “Critérios Mínimos de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares” - AKUTSU et al (1995c). O trabalho IPT(1981) foi desenvolvido para o BNH, especificamente para habitações térreas unifamiliares e o trabalho AKUTSU et al (1995c), foi desenvolvido para a FINEP, também para habitações térreas unifamiliares. Este último trabalho foi adotado como texto provocativo na etapa inicial do Projeto “Normalização em Conforto Ambiental”.

No trabalho IPT (1981), a partir da admissibilidade térmica são definidos valores limites de resistência e transmitância térmica para os elementos construtivos, por zona climática para o inverno e verão. Os requisitos utilizados na definição destes limites foram: evitar as perdas de calor pelo envelope no inverno e evitar os ganhos excessivos no verão.

No trabalho AKUTSU et al (1995c), são definidos valores limites de capacidade térmica específica e resistência térmica para os elementos construtivos, por zona climática para o inverno e verão. Neste caso os limites de conforto térmico foram definidos com base na ISO 7730 e ANSI/ASHRAE 55-81. E a opção de se proceder à

avaliação de desempenho térmico por simulação, é estruturada em uma base de dados climáticos representadas por dias típicos de projeto para verão e inverno.

A análise dos trabalhos existentes no Brasil, para avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais, revelou dois problemas principais. O primeiro refere-se à sensação térmica do usuário que normalmente está baseada em normas internacionais sem a devida confirmação de sua aplicabilidade a usuários adaptados a climas tropicais e subtropicais. O segundo problema refere-se ao uso de dados climáticos na forma de dias típicos. Esta representação leva à análise de extremos (dias com baixa probabilidade de ocorrência) de verão e de inverno e não contempla a ocorrência de seqüências climáticas representativas. Deve-se considerar que no sul do país o clima é governado por frentes frias que podem gerar uma alta variação de temperaturas de um dia para o outro. O uso portanto de dados climáticos mais detalhados (ano climático de referência TRY) possibilitaria analisar com mais propriedade os sistemas construtivos frente a esta dinâmica climática.

A proposta de desenvolvimento de uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, como proposição intrínseca do presente trabalho, visa suplantando estas limitações.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 - GERAL

- Elaborar uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada para a cidade de Londrina - Pr

### 1.1.2 - ESPECÍFICOS

- Identificar a prática construtiva no Brasil para edificações residenciais unifamiliares.
- Estabelecer uma zona de conforto térmico adequada a Londrina.
- Ajustar uma ferramenta de simulação de desempenho térmico de edificações, com base climática horária, frente a dados reais de campo levantados em Londrina.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO CAMPO DE TRABALHO

Toda parte experimental do trabalho foi realizada em unidades habitacionais padrão COHAB, na cidade de Londrina, e os dados climáticos utilizados foram obtidos nas fontes existentes na região. Entretanto, a metodologia foi desenvolvida com o propósito de ser aproveitada para outras regiões climáticas.

### 1.3 METODOLOGIA UTILIZADA

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica (capítulo 2) para conhecimento das experiências realizadas no Brasil e no exterior, envolvendo a questão de metodologias para avaliação de desempenho térmico e energético de edificações. Outras questões interdependentes foram surgindo, como consequência da primeira questão abordada, tais como a questão do estabelecimento da zona de conforto térmico, os dados climáticos e as ferramentas para simulação de desempenho térmico.

A zona de conforto térmico de GIVONI (1992) para países de clima quente e em desenvolvimento, foi escolhida como representativa para pessoas adaptadas aos climas existentes no Brasil. A ferramenta de simulação COMFIE (PEUPORTIER, 1992), foi escolhida para a formulação da metodologia devido à sua facilidade de operação.

Com a finalidade de permitir o balizamento técnico e econômico da realidade construtiva brasileira, foi realizada uma pesquisa entre as 40 COHABs existentes. Esta pesquisa teve o objetivo específico de verificar o sistema construtivo mais utilizado em habitação unifamiliar (capítulo 3). O sistema construtivo identificado como o mais utilizado foi denominado de referencial cultural conhecido.

Uma pesquisa de campo foi realizada em 1994, em Londrina, com cinco tipologias construtivas diferentes, para habitações unifamiliares. Esta pesquisa teve a finalidade de avaliar a sensação térmica dos usuários e as temperaturas internas de verão e inverno (capítulo 3). Paralelamente foram levantados os dados construtivos das unidades habitacionais estudadas e o clima externo dos períodos de levantamento, além de dados climáticos para o período 1979 a 1990. Dos dados climáticos de 1979 a 1990, foi escolhido o ano climático de referência -TRY (1986). A sensação térmica dos usuários foi usada para confirmar a validade da zona de conforto térmico escolhida (capítulo 4). As temperaturas internas e os dados construtivos e climáticos foram usados para ajustar a ferramenta de simulação (capítulo 4).

A partir da ferramenta de simulação ajustada aos cinco sistemas construtivos, foram realizadas simulações com várias alternativas construtivas (capítulo

4), usando-se o ano climático de referência e estabelecendo-se as horas anuais de desconforto (horas em que as temperaturas internas simuladas estiveram fora dos limites da zona de conforto).

Com estes resultados partiu-se para a escolha do limite de horas anuais de desconforto aceitável frente à realidade econômica e o referencial cultural estabelecido na pesquisa com as COHABs.

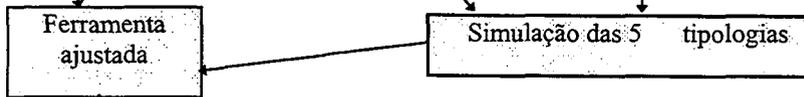
Com este limite foi possível parametrizar o desempenho térmico do referencial cultural, em função de algumas variáveis de projeto tais como: Transmitância de paredes e coberturas, absorvidade da paredes e coberturas, e capacidade térmica ou massa de paredes e coberturas além de áreas de aberturas para ventilação e sistema de sombreamento. Esta parametrização visa facilitar a avaliação térmica por prescrição. Apresenta-se também uma forma de avaliação por desempenho. Esta é realizada através de simulação em qualquer sistema construtivo, comparando as horas de desconforto quantificadas após a simulação com o limite de horas de desconforto aceitável estabelecido.

A metodologia desenvolvida para avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares consiste portanto na confirmação de uma zona de conforto térmico, o ajuste de uma ferramenta de simulação horária anual, frente a diferentes sistemas construtivos, e o estabelecimento de um limite de horas anuais de desconforto baseado em um referencial cultural (sistema construtivo mais utilizado). A figura 1.1 mostra a estrutura da metodologia de trabalho e a metodologia proposta para avaliação.

LEVANTAMENTO DE CAMPO



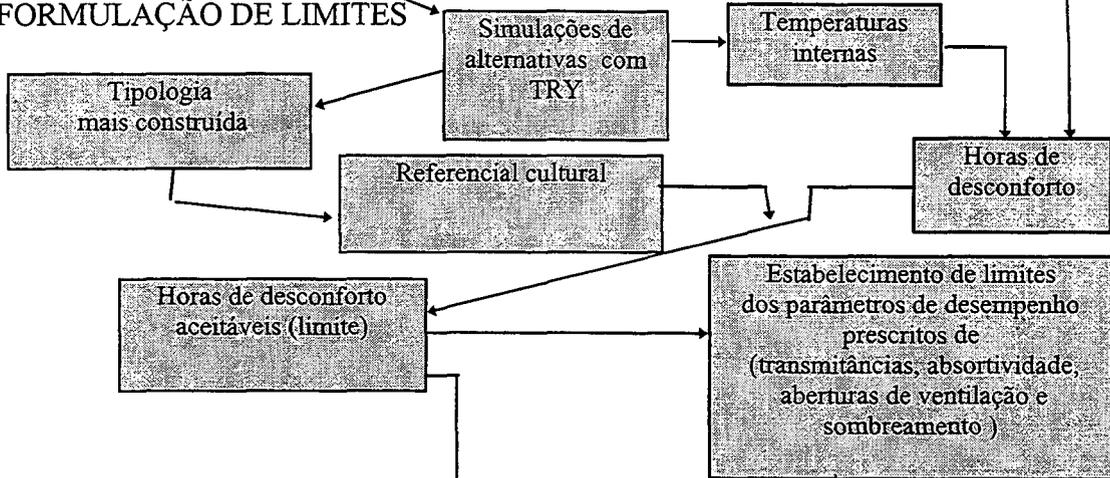
AJUSTE DA FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO



CONFIRMAÇÃO DA ZONA DE CONFORTO



FORMULAÇÃO DE LIMITES



PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

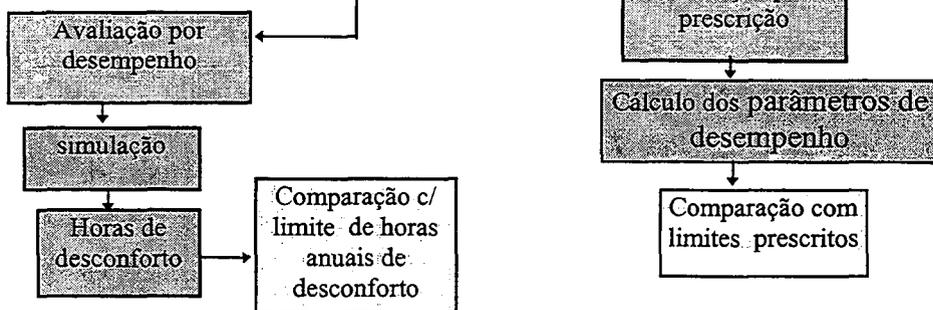


FIGURA 1.1 - ESTRUTURA DA METODOLOGIA PROPOSTA

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INTRODUÇÃO

Esta revisão bibliográfica é composta de um levantamento das pesquisas existentes a nível nacional e internacional, envolvendo as questões pertinentes às metodologias para avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares. Como complemento, foram enfocados, também: revisão sobre os índices e zonas de conforto térmico; métodos para tratamento de dados climáticos de interesse para a edificação; e ferramentas para simulação de desempenho térmico de edificações.

Sobre as pesquisas existentes a nível nacional, destacam-se os trabalhos do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) e CIENTEC (Fundação de Ciência e Tecnologia, de Direito privado, vinculado à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul.).

A nível internacional, na América do Sul, foram abordados os estudos realizados no Uruguai e a norma da Argentina. As normas da França e do Estado da Califórnia se sobressaíram por explicitarem uma forma de alcançar conformidade através de pacotes prontos de soluções construtivas, que são de interesse para se implantar na metodologia específica para avaliação de desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares, por serem de fácil aplicação e adaptáveis a uma tipologia construtiva regional. Outras normas internacionais são mencionadas nesta revisão bibliográfica como exemplos dos aspectos gerais que envolvem a problemática da normalização de desempenho térmico em edificações.

A questão dos índices e zonas de conforto térmico foi pesquisada a partir de um levantamento dos estudos realizados no Brasil e no exterior, verificando-se o que pode ser aproveitado como básico na implantação da metodologia específica para avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares no Brasil, observando as características climáticas específicas.

A pesquisa bibliográfica, envolvendo a questão de dados climáticos, centralizou-se no tipo de representação climática que fornece informações horárias de um período anual. Isto devido à intenção de se trabalhar com *softwares* para simulação de desempenho térmico de edificações, que demandam informações horárias de um ano

típico para o clima local. Nesses casos, a simulação pode ser feita para qualquer época do ano ou para o ano inteiro, sendo possível obter uma visão do comportamento anual da edificação e assim compará-lo com as variações anuais do clima local.

As ferramentas para simulação de desempenho térmico de edificações, foram estudadas na revisão bibliográfica com o objetivo de selecionar um sistema adequado para o desenvolvimento do trabalho proposto.

## 2.2 METODOLOGIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

### 2.2.1 - PESQUISAS E EXPERIMENTOS EM SÃO PAULO

A formulação de uma metodologia para avaliar o desempenho térmico de edificações tem sido uma preocupação da Divisão de Edificações do IPT de São Paulo. A seqüência dos trabalhos: *Conforto : Avaliação de Desempenho de Habitações Térreas Uni familiares*, IPT (1981); *Desempenho Térmico de Edificações Escolares: Manual de Procedimento para Avaliação*, AKUTSU et al (1987); *Proposta de Procedimentos para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações Condicionadas e não Condicionadas*, AKUTSU e VITTORINO (1991a); *Critérios para a Definição de Níveis de Desempenho Térmico de Edificações* AKUTSU e VITTORINO (1993); *Método Expedito para Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações*, AKUTSU et al (1995b); e *Critérios Mínimos de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares*, AKUTSU et al (1995c), expressam a evolução das pesquisas nessa área, realizadas pelo Instituto. Pode-se resumir a seqüência de trabalhos da seguinte forma:

- a) *Conforto Higrotérmico: Avaliação de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares*, IPT (1981): esse estudo é uma proposta de normalização para avaliar o desempenho térmico de edificações de habitações térreas unifamiliares, válida para todo o território brasileiro. A proposta inclui um zoneamento climático com nove zonas de inverno (I<sub>1</sub>. I<sub>2</sub>. I<sub>3</sub>. I<sub>4</sub>. I<sub>5</sub>. I<sub>6</sub>. I<sub>7</sub>. I<sub>8</sub> . I<sub>9</sub> .) e 11 zonas de verão (V<sub>1</sub> . V<sub>2</sub>. V<sub>3</sub>. V<sub>4</sub>. V<sub>5</sub>. V<sub>6</sub>. V<sub>7</sub>. V<sub>8</sub>. V<sub>9</sub>. V<sub>10</sub>. V<sub>11</sub>.). Para definição das zonas climáticas de verão foi considerada a variável radiação solar.

Algumas das maiores preocupações da proposta IPT (1981), são a admissividade térmica dos elementos e componentes da edificação, a transmitância térmica, a condensação, o desconforto por contato dos pés dos usuários com o piso da edificação e o sombreamento. A avaliação é feita analisando-se os valores de transmitância (U) ou resistência (R) e comparando-os com seus valores limites, estabelecidos na proposta de Conforto Higrotérmico.

Para as janelas, é analisada cada orientação, as dimensões e o sombreamento no projeto. O quadro de atendimento, de conformidade para janelas por zona climática, indica exigências ou sem exigência, dependendo da zona climática.

Menciona-se na proposta IPT (1981), uma preocupação com relação à questão da proteção da janela, para não prejudicar a ventilação e a luminosidade no interior. No caso da ventilação, recomenda-se uma renovação de ar de 18 m<sup>3</sup>/hora por pessoa, para todas as zonas, generalizadamente.

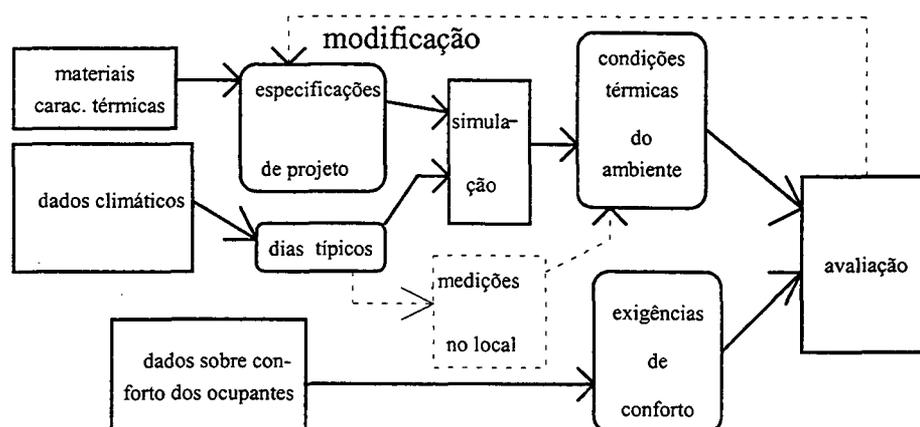
Nas zonas I<sub>1</sub> e I<sub>2</sub>, recomendam-se paredes que incluam colchões de ar com materiais isolantes, sendo mais adequadas que as paredes maciças. Nas zonas I<sub>1</sub> e I<sub>2</sub>, a proposta da norma sugere que a cobertura com colchão de ar não ventilado é mais adequada que as coberturas pesadas ou com colchão de ar ventilado.

Comparando-se essa norma com as mais atuais, nota-se que a proposta do IPT (1981), não avalia por desempenho, conforme definido no capítulo 8 - Glossário, neste caso a avaliação é feita somente por prescrição isto é o método prescreve os limites dos parâmetros térmicos.

Como se trata de uma proposta de norma específica para edificações de pequeno porte, não se observa uma preocupação com o aspecto de desempenho energético.

- b) *Desempenho Térmico de Edificações Escolares: Manual de Procedimento para Avaliação*, AKUTSU et al (1987): neste trabalho, sugere-se a utilização das exigências básicas e as recomendações complementares de norma ANSI/ASHRAE 55 - 81, que adota como aceitável uma porcentagem de 80% de pessoas satisfeitas com as condições do ambiente térmico (calculado pela equação de Fanger).

Propõe-se, também, que a avaliação seja feita por simulação ou através de medições no local. A figura 2.1 apresenta um esquema com as principais etapas envolvidas no processo de avaliação do desempenho térmico da edificação, proposto em AKUTSU et al (1987).



Fonte : AKUTSU (1987)

**FIGURA 2.1** - ETAPAS PRINCIPAIS ENVOLVIDAS NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES.

Os procedimentos para medição no local são baseados nas recomendações da ANSI/ASHRAE 55 - 81, os quais são semelhantes às recomendações da norma ISO 7726 segundo OLESEN (1993).

Para o cálculo por simulação, sugere-se o uso de *softwares* e menciona-se o Programa NBSLD.

Na caracterização das condições climáticas, AKUTSU et al (1987) apresenta, uma metodologia de coleta e tratamento dos dados, necessários para determinação de dias típicos de inverno e de verão. Esses dados servem também como entrada para os cálculos por simulação no NBSLD.

Em anexo, AKUTSU et al (1987) apresentam:

- subsídios para avaliação de conforto térmico com um programa para cálculo da equação de Fanger e tabelas com valores de metabolismo, eficiência mecânica e resistência térmica de vestimentas;
- algoritmo para a estimativa da radiação solar global a partir da insolação, e algoritmo para a estimativa de valores horários de radiação solar a partir

do valor total diário;

- descrição sucinta e indicação de fontes de informação sobre os *Softwares* NBSLD, BRIS, BYVOK, e HEAT, para a simulação do comportamento térmico de edificações;
- tabelas e dados para a caracterização das propriedades térmicas de materiais e componentes das edificações;
- exemplos de equipamentos usados na medição dos parâmetros de conforto ambientais, com base na norma ANSI/ASHRAE 55- 81;
- dias típicos de inverno e verão para 1%, 2,5%, 5,0%, 10%, 20%, e 30%, a partir de dados meteorológicos registrados no posto da Cidade Universitária de São Paulo.

c) *Proposta de Procedimentos para Avaliação do Desempenho Térmico em Edificações Condicionadas e não Condicionadas*, AKUTSU e VITTORINO (1991a): apresentada no I Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações, aborda procedimentos que conduzem à avaliação de desempenho térmico de edificações e à escolha do sistema de ar condicionado energeticamente mais eficiente.

O nível de exigência, no processo de avaliação, é caracterizado pelo nível de conforto térmico exigido, e depende das características climáticas do local. As etapas para o procedimento proposto são as seguintes:

- 1 - Caracterização das exigências humanas de conforto;
- 2 - Caracterização das condições típicas de exposição ao clima;
- 3 - Caracterização da edificação e sua ocupação;
- 4 - Caracterização do desempenho térmico da edificação; e
- 5 - Avaliação do desempenho térmico da edificação.

Como exigências básicas, o procedimento considera, para aceitabilidade térmica do ambiente, condições em que pelo menos 80% dos ocupantes devem expressar satisfação com o ambiente térmico, o que corresponde a valores de PMV entre (+0,82 a -0,82).

Como recomendações complementares, AKUTSU e VITTORINO (1991a), fixam um valor mínimo de 30% para a umidade relativa do ar, com a intenção de

evitar o incômodo de ressecamento das vias respiratórias.

A temperatura do piso também é delimitada e as recomendações de AKUTSU e VITTORINO (1991a) são as mesmas da norma ASHRAE 55, onde a temperatura superficial do piso deve estar entre 19°C e 26°C e, nos casos onde existem sistemas de aquecimento pelo piso, admite-se temperaturas de até 29°. Para AKUTSU e VITTORINO (1991a), a velocidade média do ar não deve exceder 0,15 m/s no inverno e 0,25 m/s no verão, sendo aceitável até 0,8 m/s no verão. Nesta questão a norma ASHRAE 55 indica uma velocidade máxima permitida de 0,8 m/s.

Para as condições de não uniformidade do ambiente, AKUTSU e VITTORINO (1991a) adotam os mesmos limites recomendados pelas normas ISO 7730 e ASHRAE 55, os quais foram comparados por OLESEN (1993). São eles:

- A assimetria de temperatura radiante deve ser menor que 10 °C, na direção horizontal, em relação a um plano elementar situado a 0,6 m do piso.
- A assimetria da temperatura radiante, na direção vertical, deve ser menor que 5°C, em relação a um plano situado a 0,6 m acima do piso.
- A diferença entre as temperaturas na direção vertical deve ser menor que 3°C. (Na norma ASHRAE 55 e na proposta de AKUTSU e VITTORINO (1991a) esta é especificada como uma diferença entre a temperatura do ar a 0,1 m e 1,7 m de altura).

No que diz respeito às condições de clima local, são adotados os dias típicos de projeto, cuja metodologia é apresentada no trabalho AKUTSU e VITTORINO (1991b).

Ainda em AKUTSU e VITTORINO (1991a), a caracterização da edificação é feita através da listagem das condições de ocupação, características térmicas e da forma dos materiais e componentes, onde são considerados: período de ocupação, número de ocupantes, atividades típicas dos ocupantes, equipamentos e processos que liberam calor e vapor de água no interior do ambiente, calor específico, massa, condutividade térmica, transmitância, absorvidade e refletividade à radiação solar, emissividade, resistência térmica dos espaços de ar, forma, dimensões e orientação para os elementos e componentes.

A determinação da resposta térmica da edificação pode ser feita através de cálculos para os quais já existem *softwares* disponíveis, que fornecem temperaturas e fluxos de calor do ambiente e/ou das cargas térmicas de condicionamento. A recomendação é que o *software* seja submetido a um teste de validação, considerando os tipos mais comuns de uso.

- d) *Critérios para a Definição de Níveis de Desempenho Térmico de Edificações*, AKUTSU e VITTORINO (1993): esse estudo apresenta critérios para a definição de níveis de desempenho, dentro do processo de avaliação do desempenho térmico de edificações, ilustrando a aplicação desses critérios com exemplos de avaliação.

No processo de avaliação apresentado no trabalho, os procedimentos empregados foram inicialmente propostos em AKUTSU et al (1987) e, a partir de então, vêm sendo continuamente reavaliados por meio de sua aplicação aos trabalhos de rotina do IPT. Dessa experiência resultou uma proposta de critério para a definição de níveis de desempenho, sendo indicados três níveis: A, B, e C, em substituição aos procedimentos de avaliação que continham apenas uma referência, onde o desempenho seria ou não satisfatório.

Esses critérios para a classificação do desempenho térmico de edificações foram formulados em função do comportamento da edificação nos períodos de inverno e verão, assim definidos:

- Para o verão: considera-se como nível A o ambiente cujas condições internas atendam as exigências da Norma ISO 7730, ou seja, as condições de conforto térmico são satisfatórias durante todo o dia. Quando essas exigências não são atendidas, e se o valor máximo diário da temperatura do ar interior não ultrapassar o valor máximo diário da temperatura do ar exterior, a edificação é classificada como nível B. Quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é superior ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior, a edificação é considerada como de nível C.
- Para o inverno: considera-se como nível A o ambiente cujas condições internas propiciem conforto térmico aos ocupantes o dia todo, conforme as exigências da norma ISO 7730. Se o ambiente não satisfaz as

exigências da norma ISO 7730 na maioria das horas, mas se em pelo menos uma hora se verifica em condições satisfatórias com a norma, o ambiente é classificado como nível B. Quando ocorre que em nenhuma hora do dia constata-se condições satisfatórias de conforto térmico, o ambiente se classifica como nível C .

AKUTSU e VITTORINO (1993) propõe, ainda, uma distinção entre edificações que tenham sido enquadradas em um mesmo nível, que pode ser conseguida fazendo-se uma somatória das diferenças em cada hora do dia em que tenham se verificado condições insatisfatórias de conforto térmico, entre o valor da temperatura do ar interior e o valor da temperatura limite de conforto para a estação. O melhor desempenho será o da edificação que apresentar menor valor absoluto para essa somatória.

Os valores dos parâmetros de conforto térmico fixados para avaliação são:

- metabolismo igual a  $70 \text{ W/m}^2$ ;
- vestimenta para verão igual a 0,35 clo e vestimenta para inverno igual a 0,80 clo;
- umidade relativa igual a 50%;
- temperatura radiante média igual à temperatura do ar;
- temperatura máxima para conforto de verão igual a  $28^\circ\text{C}$  para uma velocidade do ar menor que  $0,25 \text{ m/s}$  e  $29^\circ\text{C}$  para uma velocidade do ar maior que  $0,50 \text{ m/s}$ ;
- temperatura mínima para conforto de inverno igual a  $17^\circ\text{C}$ , para vestimenta de 0,8 clo e velocidade de ventos menor que  $0,25 \text{ m/s}$ .

Segundo AKUTSU e VITTORINO (1993), esses critérios devem passar por uma sucessão de testes de validação para refinamento do modelo. Os testes deverão contemplar os diferentes tipos de edificações, de perfis de ocupação e das condições climáticas de todo o território nacional, tendo em vista a consolidação do critério que, juntamente com os procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edificações, deverão ser submetidos ao processo de normalização.

e) *Método Expedito para Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações,*

AKUTSU et al (1995b): Este trabalho foi apresentado no terceiro encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e apresenta um método rápido, resultado das experiências acumuladas na questão de avaliação de desempenho térmico de edificações. O método é viável a usuários leigos, não sendo necessário o uso de cálculos por computador. É específico para habitações térreas de interesse social padrão COHAB.

A aplicação do método consiste em consultar as tabelas denominadas quadros sínteses, onde estão indicados os níveis de desempenho A, B ou C. Como dados de entrada, o usuário deve selecionar, a partir da especificação do método, um dos 30 tipos de paredes, um dos 8 tipos de coberturas e uma das 8 regiões climáticas que abrangem todo o território nacional.

O método considera as partes externas das paredes com absorvidade à radiação solar igual a 0,5, as janelas sem dispositivos de sombreamento e os ambientes com troca de massa de ar só por infiltração. A verificação pode ser feita para inverno ou para verão.

A consulta aos quadros sínteses, por região climática e por estação (verão ou inverno), permite identificar o sistema construtivo mais adequado àquela região e a compatibilidade do sistema construtivo para o desempenho de verão e de inverno.

Esse método foi desenvolvido com recursos da FINEP (Financiamento de Estudos e Projetos), que publicará os quadros síntese em sua totalidade, no intuito de fornecer subsídios aos órgãos de financiamento de construção popular, para que possa verificar a viabilidade dos projetos, se atendem ou não aos mínimos estabelecidos.

- f) *Crítérios Mínimos de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares*, AKUTSU et al (1995c): Este é o mesmo trabalho anterior, só que apresentado em caderno especial como relatório técnico para a FINEP. Observa-se que houve uma modificação na definição dos níveis de classificação para verão e inverno publicado em 1993. A diferença é que na publicação 1995c foi acrescentado um limite máximo para a temperatura interna (29°C), para o nível A no verão. Para o inverno houve modificações nos três níveis A, B e C; a diferença no nível A foi o acréscimo de um limite mínimo para a temperatura interna (17°C); o nível B é atribuído à edificação que não atende às exigências do nível A e se o valor mínimo da temperatura do ar no interior for maior ou igual ao valor da temperatura mínima de referência (12°C). A edificação é classificada no nível C quando o valor mínimo da

temperatura do ar interior for menor que 12°C. Deve-se ressaltar que o método específica como inaceitável a edificação que for classificada como nível C.

## 2.2.2 PESQUISAS E EXPERIMENTOS NO RIO GRANDE DO SUL

Pesquisas e experimentos, enfocando uma metodologia para avaliar o desempenho térmico de edificações para habitação popular, foram desenvolvidos no Rio Grande do Sul através da CIENTEC.

Conforme SATTLER (1991a), a CIENTEC tem condições de realizar a avaliação de desempenho térmico de edificações por meio de instrumentação (medições no local) ou através de simulação por computador.

Com relação a medições no local, a Instituição utiliza um sistema de aquisição de dados (ECI, modelo DL 4000), com recurso de 32 canais, um conjunto de sensores de temperatura tipo PT-100 e um analisador de clima interior (Indoor Climate Analyser), da Brüel & Kjaer.

A avaliação de desempenho térmico por simulação na CIENTEC é efetivada através do programa THEDES, para verão e inverno. Para isto, são considerados os dias típicos de verão e inverno com nível de probabilidade de 2,5% de ocorrência para Porto Alegre. Este nível rigoroso é adotado por não existir o zoneamento climático da região.

O sistema construtivo avaliado, é também comparado com um sistema construtivo tradicional. Para tanto, uma simulação é feita, onde os componentes verticais externos e internos são substituídos por paredes de alvenaria de tijolos maciços com espessuras de 25cm (externas) e 15 cm (internas). Com base nos resultados do desempenho do sistema tradicional de referência, são feitas recomendações gerais, identificadas como potencialmente capazes de proporcionar um melhor desempenho térmico.

Segundo SATTLER (1991a), os critérios e requisitos para avaliação não estão claramente estabelecidos, não sendo possível aprovar ou desaprovar sistemas construtivos. Apenas recomenda-se o que poderia atingir melhor desempenho.

Uma aplicação prática foi realizada na cidade de Cachoeirinha-RS, durante o outono de 1990, em protótipo habitacional. Segundo BECKER (1993), nesse experimento, as temperaturas externa, interna, superficiais e de globo, foram

monitoradas, de 10 em 10 minutos no período de 28 de março a 02 de junho de 1990.

Para a referida pesquisa, os dados do clima externo (Temperatura, Umidade Relativa e Velocidade de Ventos) foram obtidos dos registros feitos na estação meteorológica do Aeroporto Salgado Filho de Porto Alegre. Os dados de radiação solar foram obtidos do 8º Distrito Meteorológico, através de registros gráficos do piranógrafo, os quais tiveram que ser convertidos em  $W/m^2$ .

O protótipo usado no experimento apresentava cobertura em telhas onduladas de cimento amianto, forro em tábuas de pinho, paredes de tijolos maciços rebocado, com 25cm de espessura externa e 15cm de espessura interna.

A avaliação não considerou ganhos internos e as janelas encontravam-se vedadas no período de medições. No procedimento de coleta de dados foram respeitadas as normas ANSI/ASHRAE 55-81 e ISO 7726-85. Para caracterização das exigências humanas de conforto adotou-se o critério de Fanger, vinculado às normas ASHRAE 55-81 e ISO 7730-84. Na realização da análise de desempenho térmico, seguiu-se os critérios da norma ANSI/ASHRAE 55-81, e os descritos na publicação do IPT (1981).

De acordo com a análise de BECKER (1993), a habitação (protótipo) pôde ser enquadrada como aceitável, em função de atender aos critérios da metodologia Fanger, embora não satisfaça totalmente as exigências da norma ANSI/ASHRAE 55-81. Deve-se lembrar que essa aceitação está limitada aos critérios adotados e principalmente às condições climáticas existentes no período de medição.

Comprovou-se no trabalho BECKER (1993), a necessidade de se estender o período de medição para as condições de inverno e de verão. Quanto à periodicidade de leitura, esta pode ser feita de 30 em 30 minutos ou de hora em hora. Quanto aos tipos de dados coletados, concluiu-se que, em experimentos futuros, é importante coletar dados de umidade e considerar as condições de uso e ocupação – carga térmica de pessoas, equipamentos, iluminação e a influência do modo de operação das aberturas – para se ter condições de realizar uma completa avaliação térmica.

## 2.2.3 PESQUISAS E EXPERIMENTOS NO EXTERIOR

### 2.2.3.1 Introdução

As projeções para o consumo de energia no futuro, tem alarmado as classes

políticas e tecnológicas mundiais, pela antevisão da escassez das fontes existentes para suprir a demanda crescente e acelerada, advinda da automação inevitável em todas as áreas de atividade humana.

Segundo LAMBERTS et al (1996c), o consumo de energia elétrica para iluminação, ar condicionado e aquecimento de água dependem diretamente do projeto arquitetônico, sendo que o potencial de conservação de energia elétrica em novos prédios chega a 60%. Em 1992, o relatório do Projeto de Conservação de Energia em Edifícios nos países do Sudeste Asiático mostrou que o consumo de eletricidade cresceu de 20 para 101 bilhões de kWh entre 1970 e 1987, dos quais os edifícios residenciais e comerciais são responsáveis por 45% do consumo de eletricidade nesses países.

As normas mais atuais, elaboradas para avaliar e regulamentar o desempenho energético de edificações, abrangem no seu conteúdo as questões relativas ao desempenho térmico. Em edificações de grande porte as questões de desempenho energético estão interligadas às questões de desempenho térmico. Conforme BARBOSA e LAMBERTS (1993b), a norma da Jamaica, em vigor desde 1992, é específica para edificações de grande porte de ocupação humana, não se aplicando a edifícios cujo pico máximo de energia para ventilação, ar condicionado e aquecimento de água seja menor que  $11 \text{ W/m}^2$  ou que tenha área menor que  $93 \text{ m}^2$ . Entretanto, para edifícios de pequeno porte (habitações e edifícios residenciais até três pavimentos), onde o desempenho energético não chega a ser uma preocupação, o desempenho térmico pode ser abordado através de uma regulamentação específica, sem considerar o consumo de energia para climatização, iluminação ou aquecimento de água. A norma da Califórnia trata em separado os códigos para edifícios de grande porte e edifícios residenciais unifamiliares e multifamiliares até 3 pavimentos.

Assim, dependendo do porte da edificação as normas para desempenho energético e desempenho térmico podem ser abordadas em separado.

### 2.2.3.2 Situação mundial em normalização de desempenho térmico e energético de edificações

Um panorama da situação mundial em normalização de energia para edifícios, foi obtido através de pesquisa realizada por JANDA e BUSCH (1992) no Lawrence Berkeley Laboratory. De acordo com os pesquisadores, a pesquisa

compreendia três metas:

- 1) captar e apreender a experiência de países com norma para energia em edifícios;
- 2) localizar áreas onde os resultados pudessem ser aplicados e normas de energia fossem propostas e desenvolvidas eficazmente; e
- 3) divulgar as informações reunidas em todos os países, expressando interesse nos resultados.

A pesquisa de Janda e Busch foi aplicada em sessenta países. A visão geral obtida dos resultados, pode ser resumida da seguinte forma:

- Seis dos trinta países que responderam à pesquisa (Bangladesh, Brasil, Botswana, Costa Rica, Djibouti e Venezuela), não têm normas de energia para setor algum. Dentre eles, Bangladesh e Costa Rica foram os únicos que responderam não ter normas para a construção de edifícios, de espécie alguma.
- Uma lista parcial de países com normas de energia para construção, aplicável a edifícios não residenciais, incluem Canadá, Hong Kong, França, Jamaica, Japão, Kuwait, Nova Zelândia, Paquistão, Filipinas, Singapura, Suécia, Reino Unido e os Estados Unidos. Algumas dessas normas são obrigatórias (Suécia, França, Reino Unido e alguns estados dos Estados Unidos) e outras são voluntárias (Austrália, Filipinas e outros estados dos Estados Unidos). Algumas normas são nacionais (Kuwait, Paquistão), enquanto outras são adotadas apenas em regiões ou estados específicos (Canadá, Estados Unidos).

Com relação aos conteúdos das normas, a pesquisa aponta que a maioria dos países combinaram exigências prescritivas e de desempenho no projeto de suas normas. O objetivo principal na maioria dos países foi a conservação de energia. Quase todos os países indicaram que suas normas de energia incorporam prescrições para o envelope da construção que influenciam escolhas de projeto para a cobertura, paredes e janelas. Em uma extensão menor, prescrições mecânicas e de iluminação também ocorrem nas normas. Seis dos países pesquisados contemplaram o controle de

iluminação e a densidade de energia com prescrições. Onze países apresentaram prescrições para eficácia de iluminação. Três países continham a iluminação em norma separada.

Nos processos de desenvolvimento das normas, Janda e Busch observaram que as normas da ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) foram utilizadas como material de apoio para as normas de Hong Kong, Jamaica, Arábia Saudita, Singapura, Tailândia, Filipinas e Malásia. A norma jamaicana serviu de apoio para a norma da Costa do Marfim, e a norma inglesa foi referida pela norma de Hong Kong.

Sobre a implementação e conformidade, Janda e Busch constataram que em sete países as normas de energia se colocam em nível de rigor equiparado com a prática corrente. A maioria dos países indicaram que os mecanismos de conformidade ocorrem na fase de construção. Apenas países como a Suécia fazem uma checagem após a construção concluída.

Os autores citam que alguns países sem norma de energia como Botswana, Brasil e Djibouti, expressaram interesse em desenvolver as suas normas. E concluem que os resultados da pesquisa suprem informações ricas e, como as normas de energia para edifícios são desenvolvidas e estruturadas para países individuais, essas informações são úteis para países que estão contemplando planos de ação para o aumento da eficácia de energia em edifícios, particularmente para países em estágios semelhantes de desenvolvimento e/ou de climas semelhantes.

### 2.2.3.3 Estados Unidos

Nos Estados Unidos, o Departamento de Energia (DOE), trabalha com representações dos seus estados, no intuito de estabelecer a forma mais apropriada para assistência técnica e critérios de alocação de incentivos adequados ao processo para a certificação do código de energia.

A Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Engenharia de Ar Condicionado (ASHRAE), em conjunto com a Sociedade de Engenharia de Iluminação (IES), desenvolveram o projeto nacional de normas - ASHRAE/IES 90.1-1989 (*Energy efficient design of new buildings except low-rise residential buildings*). Os objetivos desta norma são: 1 - estabelecer as exigências mínimas para eficiência energética de

projetos para novas edificações, bem como deve ser construído, sua forma de uso e manutenção para minimizar o uso de energia sem constringer a função do edifício nem o conforto e a produtividade de seus ocupantes; 2 - Providenciar critérios para projetos de eficiência energética e métodos para determinar a conformidade com estes critérios; 3 - Providenciar a orientação correta para projetos de eficiência energética.

As exigências estabelecidas por esta norma dizem respeito ao envelope do edifício, distribuição de energia, sistemas e equipamentos para: aquecimento, ventilação e ar condicionado, serviço de aquecimento de água, iluminação e gerenciamento de energia.

Quanto à aplicação a norma ASHRAE/IES 90.1-1989 é aplicável a novos edifícios ou porções do edifício para ocupação humana exceto edifícios residenciais unifamiliares ou edifícios de no máximo três pavimentos. Também não é aplicável a edificações para abrigar fábricas, comércio, ou indústrias, e edificações cujo pico de taxa de energia combinada para uso em sistemas de aquecimento, resfriamento, ventilação, ar condicionado ou sistemas de iluminação seja menor que  $3,5 \text{ Btu}/(\text{h ft}^2)$  ou  $11,03 \text{ Wh} / \text{m}^2$ , da área bruta de construção.

Existem alguns caminhos para obtenção de conformidade da ASHRAE/IES 90.1-1989. As exigências básicas são obrigatórias e todos os projetos de edifícios devem apresentar esta conformidade. As exigências adicionais podem ser verificadas por Critérios Prescritivos ou por Critérios de Desempenho. Os Critérios Prescritivos devem ser usados quando uma quantidade mínima de esforço para determinação da conformidade é desejado. O Sistema Critérios de Desempenho é adequado para verificar conformidade nos setores de iluminação e envelope. Este critério pode ser usado quando muitas inovações de projeto ou flexibilidade são desejadas. O terceiro caminho para alcançar conformidade com a ASHRAE/IES 90.1-1989 é o Método de Orçamento de Custo de Energia que pode ser usado quando muitas inovações de projeto são consideradas ou quando o projeto proposto cai na dentro da categoria que deve encontrar conformidade tanto pelo Critério Prescrito como pelo Critério de Desempenho, quando estiver verificando as Exigências Gerais. O Método de Orçamento de Custo de Energia é verificado através da confirmação de que o custo de energia a ser consumida no edifício proposto é menor que o custo da energia que seria consumida pelo edifício de referência.

Até outubro de 1994, cada estado dos Estados Unidos teve de se certificar

que seus códigos de energia em edifícios comerciais, alcançaram ou excederam as exigências da norma ASHRAE/IES 90.1-1989. Dessa forma, 46 estados já adotaram códigos de eficiência de energia para edifícios comerciais e a maioria destes códigos foi influenciada pela norma ASHRAE/IES 90.1-1989.

#### 2.2.3.4 Califórnia

A norma de eficiência energética para edificações residenciais e não residenciais do Estado da Califórnia foi implantada em julho de 1992 conforme CALIFORNIA ENERGY COMMISSION (1992) e com base na ASHRAE/IES 90.1-1989. Para aplicação da norma, o território foi dividido em 16 áreas geográficas, para as quais foram estabelecidos dados climáticos típicos, pacotes prescritivos e orçamento energético. Essa norma é apresentada em documento único contendo a metodologia de conformidade, para edifícios não residenciais e residenciais de grande porte, hotéis e motéis; edifícios residenciais de pequeno porte; e novas construções em edifícios existentes.

Esta norma considera a iluminação e correlaciona a iluminação artificial com a iluminação natural. Apresenta pacotes de soluções construtivas por zona climática para facilitar a verificação de conformidade para edifícios residenciais de pequeno porte. E apresenta os métodos de cálculo em forma de programas de computador para facilitar a sua aplicação.

As verificações por desempenho são cumpridas através do orçamento energético anual de um edifício padrão, comparado com o edifício proposto. As verificações por prescrição são cumpridas através de valores limites de transmitância térmica de elementos construtivos ( $U$ ), ou pela perda ou ganho de calor do edifício proposto comparado com o edifício padrão

Existem na norma requisitos obrigatórios para habitações ou edifícios residenciais de pequeno porte (unifamiliar ou multifamiliar até 4 pavimentos), tais como características e equipamentos, e abordagens de conformidade por desempenho e prescritivas, além de padrões de eficiência energética para ampliações e alterações.

Nesses tipos de edifícios tem-se:

- Norma obrigatória: exigências obrigatórias para fabricação, construção e instalação de sistemas, equipamentos e componentes construtivos. 2-

exigências obrigatórias para isolamento, lareiras, barreiras de vapor, tubulações, aquecimento solar, iluminação, ar condicionado e ventilação.

- Norma de desempenho: metodologia de conformidade: os cálculos combinados de uso de energia não renovável para aquecimento de água e ar condicionado terão de ser menores ou iguais ao uso combinado máximo permitido de energia para ambos, mesmo que o edifício não consiga conformidade no orçamento separado.
- Norma prescritiva: atender às exigências de um dos pacotes alternativos de componentes por zona climática.

As maiores preocupações da norma da Califórnia são os ganhos e perdas de calor, consumo de energia anual e limites de transmitância térmica.

No caso de se aplicar essa norma no Brasil, seria necessário estabelecer: o zoneamento climático; os valores máximos de U (transmitância térmica) para elementos construtivos, por zona climática e por massa dos elementos; os coeficientes de sombra para aberturas por zona climática; a eficiência mínima, métodos de testes e outros requisitos para equipamentos de ar condicionado, aquecimento de água e calefação; a infiltração mínima de ar pelas frestas de aberturas; o valor limite de ganho de calor solar relativo por zona climática; o cálculo dos graus/dia por zona climática, e a elaboração de pacotes alternativos de componentes para edifícios residenciais de pequeno porte.

### 2.2.3.5 Argentina

Quanto às experiências na América do Sul, EVANS (1991a) apresenta a estrutura das normas IRAM de condicionamento térmico de edifícios desenvolvidas na Argentina.

Segundo EVANS (1991a), as normas aprovadas na Argentina não têm respaldo legal para garantir a sua aplicação, a não ser nos casos em que um organismo público exige o cumprimento de uma ou várias normas através de um decreto, resolução ou código, ou quando uma legislação nacional ou estadual dita uma lei com condições similares.

Os principais mecanismos de aplicação das normas IRAN de

habitabilidade, na Argentina, são as resoluções do FONAVI (Fundo Nacional de Habitação), que exigem para os empreendimentos financiados pelo FONAVI, o cumprimento das normas: IRAN 11.604 (Isolamento global das edificações), IRAN 11.605 (Isolamento de paredes), e ou IRAN 11.625 (Controle de condensação), para cada zona bio ambiental definida pela norma IRAN 11.603.

A Figura 2.2 sintetiza os requisitos higrotérmicos e físicos, exigidos para materiais e sistemas construtivos que compõem os fechamentos da habitação de acordo com seu zoneamento, em consonância com a classificação bioambiental da República Argentina, referendada na norma IRAN 11 603.

FECHAMENTOS			ZONAS BIOAMBIENTAIS					
			I	II	III	IV	V	VI
Envolvente		massa adm	$> 70 \text{ kg/m}^2$					
Ex- ter- nos	não opacos	$A_i$ adm	ver na tabela IV da IRAN 11605					
	opacos	$K_t$ adm	ver nas tabelas desc. abaixo ( IRAN 11 605 )					
			V-VI-VII	VIII-IX-X	XI-XII-XIII	XIV-XV-XVI	-	-
condensação superficial e intersticial.		Pontes térmicas	-	-	IRAN 11 625			
economia de energia		$G$ adm	-	-	IRAN 11 604			
Es- tan- quei- dade	Sist. cons- trutivo	ar	-	-	IRAN 11 523			
		água	-	-	IRAN 11 591			
	aber- turas	ar	-	-	IRAN 11 590			
		água	-	-	IRAN 11 591			
Re- sisten- cia	aber- turas	torção	-	-	IRAN 11 592			
		rotação	-	-	IRAN 11 593			
		vento	-	-	IRAN 11 590			
		arrancamento	-	-	IRAN 11 573			

Fonte : EVANS, 1991b

Figura 2.2 - REQUISITOS HIGROTÉRMICOS E FÍSICOS DOS FECHAMENTOS (NORMA ARGENTINA)

Onde:

$A_i \text{ adm}$  = Máxima relação entre a área do fechamento não opaco exterior e a área da planta incluindo o coeficiente de sombreamento

*Kt adm* = Valores máximos admissíveis de transmitância térmica total (de ambiente a ambiente). Equivalente ao coeficiente global de transmissão de calor ( $U$  ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )).

*G adm* = Total de perdas de calor admissível.

*IRAN* - Instituto Argentino de Racionalização de Materiais.

*IRAN 11 603* - Classificação Bio ambiental ( com base na temperatura efetiva corrigida).

*IRAN 11 604* - Economia de Energia em Calefação: Coeficiente Volumétrico *G* de Perdas.

*IRAN 11 605* - Condições de Habitabilidade em Habitações: Valores Máximos Admissíveis de Transmitância Térmica *K*.

*IRAN 11 625* - Verificação do Risco de Condensação de Vapor de Água Superficial e Intersticial em Paredes e Tetos de Edifícios.

As zonas bio ambientais definidas pela norma *IRAN 603* são seis regiões dividindo o território argentino com a seguinte denominação: Zona (I) Muito quente; Zona (II) Quente; Zona (III) Temperado quente; Zona (IV) Temperado frio; Zona (V) Frio; e Zona (VI) Muito frio.

### 2.2.3.6 Uruguai

No Uruguai, um plano recentemente elaborado pelo Ministério de Habitação, pretende viabilizar a habitação para as classes de menor poder aquisitivo, através da participação ativa do usuário. Conforme *AROZTEGUI (1991)*, esta questão demanda cautela na definição das exigências mínimas de habitabilidade, que são os reais mínimos de sobrevivência social, o que impõe uma reflexão sobre os objetivos e métodos com relação às formas participativas de construção.

Com relação à proposta clássica de atendimento das necessidades, as exigências mínimas tornam-se inadequadas, pois a forma científica de definir os mínimos é uma negociação. Cabe ao técnico a tarefa de servir de ponte entre a ciência e a decisão política, expondo de forma compreensível, para todas as partes interessadas, o significado dos mínimos. O cumprimento da exigência somente será efetivo quando for totalmente compreensível e possuir uma justificativa convincente (*AROZTEGUI*,

1991).

Aroztegui esclarece esse conceito contando uma experiência em Porto Alegre onde pôde-se comprovar que, em bairros de casas populares, onde foram registradas temperaturas internas superiores a 33°C (estando o ar externo a temperaturas mais baixas), a opinião dos usuários sobre a aceitabilidade de temperaturas internas máximas de verão, não identificou as casas como quentes no verão, extrapolando os valores esperados para margens admissíveis de conforto. Isso ocorreu porque as famílias estavam habituadas com casas de madeira que apresentam comportamento semelhante.

A habitabilidade tem outro aspecto na sua complexidade, que é o de como correlacionar coeficiente de segurança com satisfação. Blachère apud AROZTEGUI (1991), afirma que existem dois procedimentos: um para os limites absolutos e outro para os que expressam um nível de satisfação ou de conforto.

A metodologia para estabelecer uma exigência mínima deve ser baseada em procedimentos que, embora possam assumir formas diversas, são sempre uma negociação entre as partes que intervêm concretamente no caso. Assim, deve fundamentar-se no conhecimento do máximo que é possível de se obter com a tecnologia disponível e o esforço social que as partes estejam dispostas a acordar. Para tanto, requer a participação de técnicos, com sua contribuição específica, destinada a viabilizar o entendimento sobre as bases científicas em uma linguagem que, sendo compreendida por todos, determine as responsabilidades das decisões.

### 2.2.3.7 França

O código da construção e da habitação relativo a equipamentos e às características térmicas das edificações para habitação da França teve, segundo FRANÇA (1988d) e SEMINAIRE (1989), a seguinte evolução:

- Em 1974, a recomendação era baseada em cálculos para determinar as perdas de calor (Índice G).
- Em 1982, os cálculos poderiam ser feitos também para determinar os ganhos de calor (índice B).
- O decreto nº 88-319 de 5 de abril de 1988 apresenta as soluções técnicas que são combinações de materiais, elementos construtivos e equipamentos, os quais abrangem todas as exigências com folga de

segurança para conformidade, relativo aos equipamentos e às características térmicas de edifícios habitacionais. Essas soluções técnicas são dirigidas para edificações de habitações individuais ou conjugadas e também imóveis coletivos de até cinco pavimentos.

- O decreto de 30 de dezembro de 1988 é relativo à atribuição de um certificado de alto desempenho energético e certificado solar para edifícios de habitação.
- Em 1989 o código geral foi modificado, incorporando as soluções técnicas e o índice C, que significa respeitar um coeficiente de perdas térmicas levando em consideração os ganhos de calor gratuitos (solar) e o desempenho de equipamentos.

O código francês divide o território em três zonas (  $H_1$ ,  $H_2$  e  $H_3$  ) e dependendo da altitude surgem mais três zonas climáticas. Esse código tem como campo de aplicação as construções de habitações novas individuais, coletivas, e as alterações ou ampliações de construções antigas.

Pode-se escolher, para conformidade, os seguintes requisitos ou opções de aceitabilidade:

- Opção 1: adota-se uma das soluções técnicas apresentadas pela norma.
- Opção 2: calcula-se o GV (perdas volumétricas). Este deverá ser menor ou igual ao GV de referência. Os equipamentos também terão de ser os de referência (especificados pela norma).
- Opção 3: calcula-se o BV (ganhos volumétricos). Este deverá de ser menor ou igual ao BV de referência (especificado pela norma), somado ao GV de referência (especificado pela norma), o qual tem que ser menor ou igual ao GV de referência (especificado pela norma), mais 15%. Os equipamentos também terão de ser os de referência (especificado pela norma).
- Opção 4: calcula-se o C (perdas, ganhos e desempenho de equipamentos). Este deverá ser menor ou igual ao C de referência (especificado pela norma), somado ao GV de referência (especificado pela norma), o qual terá de ser menor ou igual ao

GV de referência (especificado pela norma), mais 20%.

A opção 4 é a mais sofisticada e possivelmente a mais econômica, não havendo obrigatoriedade em adotar a lista de equipamentos de referência.

Pode-se passar de uma opção para outra, pois existem métodos apresentados pela norma para este procedimento.

Os elementos ou aspectos considerados nas soluções técnicas são: 1- Insolação; 2- Sistema de aquecimento e aquecimento de água; 3- Ventilação; 4- Aberturas; e 5- Isolamento.

As maiores preocupações da norma francesa são as perdas e ganhos através dos elementos construtivos e a confiabilidade dos equipamentos. O documento da norma francesa utiliza somente valores de resistência térmica  $R$  ( $m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ ), e nunca valores de transmitância  $U$  ( $\text{W}/m^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

A norma francesa se atém aos problemas de clima frio. Para ser usada no Brasil seriam necessários: determinação dos valores de coeficientes específicos para cada zona climática necessários para se determinar GV de referência e BV referência por zona; determinação da lista de equipamentos de referências (para o caso das opções 2 e 3), sendo que para a opção 4 pode-se escolher qualquer tipo de equipamento; dotar de recomendações técnicas, com categoria de aceitabilidade (níveis), os equipamentos para aquecimento de água, bem como os materiais e elementos construtivos; determinar de maneira explícita os quadros de soluções técnicas (soluções construtivas) por zona climática.

As soluções técnicas são apresentadas em forma de tabelas para cada uma das três zonas climáticas. Para cada zona existem duas tabelas: uma é para o caso do tipo de energia utilizada ser a elétrica e, a outra, para os outros tipos de energia (gás, GLP, fluido ou combustível sólido).

Para cada uma das zonas climáticas pode-se combinar os diversos níveis de insolação, sistema de aquecimento e aquecimento de água, e ventilação. Em cada combinação escolhida, indicam-se os níveis de desempenho necessários para as aberturas e para isolamento de paredes opacas.

### 2.2.3.8 Estudo conjunto das normas jamaicana, portuguesa, inglesa e espanhola

Em trabalho realizado pelo Núcleo de Pesquisa em Construção Civil da UFSC, BARBOSA e LAMBERTS (1993b), fez-se a análise de algumas normas sobre avaliação térmica e consumo de energia em edifícios. O objetivo foi coletar informações sobre a experiência de outros países no que se refere a normas de desempenho térmico e energético de edificações e propor a linha a ser seguida pela normalização brasileira nesse setor.

A análise das normas, sobre avaliação térmica e consumo de energia em edifícios, revelou que as normas atuais, como JAMAICA (1992), se preocupam mais diretamente com a questão energética para edifícios de grande porte, dando mais importância a equipamentos, tipo de energia adotado e chegando a fazer uma integração entre consumo de energia, o desempenho térmico e a iluminação natural e artificial do edifício. O parâmetro de avaliação é quantificado em custo de energia anual.

A norma portuguesa conforme CARVALHO (1991), para edifícios residenciais com unidades de até 300 m<sup>2</sup>, destaca-se pela complexidade de apresentação do texto e dificuldade de aplicação. Entretanto, a estrutura geral oferece bastante conteúdo, podendo ser classificada como uma norma atual, porque o parâmetro de avaliação é quantificado em energia, porém não se preocupa com a questão dos equipamentos ou tipo de energia adotado.

A norma inglesa para edificações residenciais é objetiva e simples. O parâmetro de avaliação é quantificado em energia e considera os equipamentos apenas como mais uma fonte de energia. A preocupação fundamenta-se na energia necessária para aquecer o ambiente e com as perdas de calor. (ANDERSON, 1990)

A norma espanhola quantifica a avaliação pelo isolamento térmico, sendo que não considera o tipo de energia adotado e nem se preocupa com equipamentos. (ESPANHA, 1979)

No material pesquisado nota-se a separação entre a abordagem da questão de desempenho térmico e a questão de desempenho energético do edifício, sendo que essa distinção vem acompanhada com o porte da edificação. A questão de desempenho térmico somente é abordada separadamente quando se trata de edifícios de pequeno porte (habitação e edifícios residenciais de até três pavimentos), pois quando se refere a edifícios comerciais e de grande porte, não é possível dissociar a questão de desempenho térmico da questão energética do edifício.

Nessa revisão bibliográfica transparece o esforço na elaboração das normas estudadas para evitar a dificuldade de sua aplicação. Para tanto, cuidados são tomados na elaboração, no intuito de que a aplicação não seja complexa e inadequada aos costumes da região.

#### 2.2.4 PROPOSTA DE ÍTENS A SEREM DESENVOLVIDOS PARA A NORMA BRASILEIRA

Como conclusão no trabalho de BARBOSA e LAMBERTS (1993b), organizou-se uma lista de itens a serem desenvolvidos para a norma brasileira de avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares:

- ❑ Item 1 - Definição de símbolos e unidades: para definição de símbolos e unidades a serem utilizados pelas normas para avaliação de desempenho térmico. Já existe um texto base para norma, elaborado para o Comitê Brasileiro de Construção Civil conforme LAMBERTS (1996a);
- ❑ Item 2 - Cálculo de transmitância térmica: para metodologia de cálculo de transmitância térmica de elementos e componentes. Também já existe um texto base para norma elaborado para o Comitê Brasileiro de Construção Civil (LAMBERTS, 1996b);
- ❑ Item 3 - Procedimentos para tratamento de dados climáticos: da mesma forma, os procedimentos para tratamento de dados climáticos foram estudados e sistematizado no trabalho de GOULART (1993 a e b);
- ❑ Item 4 - Zoneamento bioclimático: o trabalho de SILVA (1994) consta de uma proposta para o zoneamento bioclimático do território brasileiro, e o trabalho do IPT (AKUTSU et al, 1995c) inclui um zoneamento climático do território brasileiro;
- ❑ Item 5 - Metodologia para avaliação de desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares: para avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares propõe-se, com base na revisão bibliográfica, o desenvolvimento dos seguintes itens:

- **Exigências básicas por Zona Bioclimática**

↳ *Transmitância*: estabelecimento dos valores máximos de  $U$  ( $W/m^2K$ ) em função do coeficiente de absorção de radiação solar ( $\alpha$ ), para elementos construtivos por zona bio climática e por massa dos elementos, observando a realidade da tipologia construtiva regional para facilitar a aplicação.

↳ *Sombreamento*: estabelecimento de valores limites de ganho solar e coeficientes de sombra por zona bio climática (proteção solar).

↳ *Ventilação*: estabelecimento de limites para dimensionamento e localização de aberturas em função do coeficiente de sombra por zona bio climática.

↳ *Perdas* (para as regiões mais frias): cálculo dos graus/dia médios, na base de  $18^\circ$  a  $14^\circ C$ . Estabelecimento de infiltração máxima de ar pelas frestas de aberturas por zona bio climática e por graus/dia. Estabelecimento de  $G$  (total de perdas) por graus /dia e volume de área aquecida.

- **Soluções construtivas**

Elaboração de pacotes alternativos de componentes e soluções construtivas globais dentro dos limites prescritos, para edificações residenciais unifamiliares por zona bioclimática, utilizando os materiais e tipologias construtivas regionais.

## 2.3 ÍNDICES E ESCALAS DE CONFORTO TÉRMICO

O processo de avaliação do ambiente térmico requer a existência de critérios e valores limites de referência baseados nos índices e escalas de conforto térmico. No intuito de quantificar o comportamento humano ante as variações térmicas do ambiente, são definidos índices que expressam a relação entre causa e efeito, com a utilização de valores numéricos representativos do fenômeno. Com base nos índices, estabelecem-se as zonas de conforto térmico delimitadas graficamente sobre diversos tipos de nomogramas ou através de cartas e diagramas que limitam os parâmetros físicos e definem o domínio no qual se estabelecem as zonas de conforto térmico. As escalas de conforto térmico podem ser semânticas ou numéricas, sendo montadas em termos de

sensações subjetivas graduadas por conforto e desconforto térmico, relacionando-se tais graduações com os parâmetros físicos de estímulo. Atualmente, os índices evoluíram e os modelos de conforto estão sendo desenvolvidos com o apoio da informática.

Conforme LIM (1983), em anos mais recentes o aperfeiçoamento nessa área de conhecimento ocorreu da seguinte forma: Fanger em 1967 formulou uma equação geral de conforto para calcular a combinação das variáveis ambientais incluindo a temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade relativa, temperatura do ar, nível de atividade e vestimenta. Essa equação foi correlacionada com o *Voto Médio Estimado* (PMV) que representa a sensação térmica subjetiva resultante de pesquisa, onde obteve-se resposta de 1296 usuários dinamarqueses e norte americanos, submetidos a condições controladas de ambiente interno. Fanger e Rohles, em 1970, usaram o conceito da *Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas* (PPD) para suplementar o Voto Médio Estimado de indivíduos na avaliação de um ambiente térmico. Gagge, em 1972, definiu a *temperatura efetiva padrão* (SET) como a temperatura de um ambiente fechado isotérmico, com velocidade do ar abaixo de 0,15 m/s, umidade relativa de 50%, onde pessoas em atividade sedentária, vestidas com roupas de 0,6 clo teriam os mesmos valores de suor e temperatura média da pele que os ocupantes de um ambiente real não uniforme. Humphreys, em 1975, após examinar cerca de trinta estudos de campo, propôs um novo método de estimar a resposta média ao calor em uma escala de sete categorias, usando apenas a temperatura do ar do ambiente e a temperatura média mensal do local no início da manhã. Lim e Rao, em 1977, após observar escolas e centros comerciais em Singapura, confirmaram o *índice de conforto equatorial de Webb* (ECI) e concluíram que o (ECI) neutro poderia ser rebaixado de 26°C para 25°C. Complementando a seqüência de evolução, Fanger, em 1981, teve o seu trabalho incorporado à carta de conforto da ASHRAE. As norma da ISO através da ISO-7730 em 1984, adotam as pesquisas de Fanger e recomendam que para conforto nos espaços de ocupação humana, o PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) deve ser menor que 10%, o que corresponde a uma faixa de variação do PMV (*Predicted Mean Vote*) de -0,5 a +0,5. A ISO-7726, em 1985, especifica as características mínimas de equipamentos para medição das quantidades físicas que caracterizam um ambiente e os métodos para medir essas quantidades, não definindo um índice global de conforto ou stress térmico, mas simplesmente padroniza o processo de registros de informações, orientadas para determinação destes índices e sendo aplicada ao estudo de conforto de ambientes

quentes ou frios para ocupação humana. Em 1992, a ANSI ASHRAE 55 - 92 define o *novo índice de temperatura efetiva (ET\*)* como sendo a temperatura operativa ( $t_o$ ) de um ambiente a 50% de umidade relativa, que causaria a mesma troca de calor sensível e latente de uma pessoa como se ela estivesse em um ambiente real.

Com base nas zonas de conforto térmico e elementos de previsão de comportamento térmico das edificações, são definidas as cartas bioclimáticas, onde associam-se três informações: 1 - O comportamento climático do entorno; 2 - A previsão de estratégias indicadas para a correção desse comportamento climático por meio do desempenho esperado na edificação; e 3 - A zona de conforto térmico.

As zonas de conforto desenvolvidas por Olgyay, Givoni, Szokolay, e ASHRAE são descritas nessa revisão bibliográfica.

### 2.3.1 ZONAS DE CONFORTO

#### 2.3.1.1 Carta bioclimática de Olgyay e carta bioclimática para edifícios de Givoni (original)

Uma carta bioclimática para o edifício foi desenvolvida por GIVONI (1969), para corrigir as limitações do diagrama bioclimático idealizado por Olgyay. A principal diferença entre esses dois sistemas deve-se ao fato de que o diagrama de Olgyay é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical o das temperaturas (secas) e o eixo horizontal o das umidades relativas, enquanto que a carta de Givoni é traçada sobre uma carta psicrométrica convencional conforme GIVONI (1992).

Outra diferença nos sistemas desenvolvidos por Olgyay e Givoni, é que Givoni se baseia em temperaturas internas ao edifício, que foram obtidas através de cálculos e estimam as temperaturas esperadas para o interior. Os limites foram baseados em pesquisas realizadas nos Estados Unidos, na Europa e em Israel, considerando a temperatura interna esperada para um edifício sem climatização artificial e projetado adequadamente para o local onde está construído, ou seja, considerando-se que o edifício é inerte termicamente, protegido eficientemente contra a radiação solar e com ventilação adequada. O diagrama de Olgyay, entretanto, aplica-se estritamente para as condições externas. Olgyay justifica que em suas experiências as temperaturas internas foram muito próximas das temperaturas externas e sugere que seu diagrama seja utilizado principalmente para edifícios leves em regiões úmidas como o leste dos

Nessa carta bio climática, portanto, estão demarcados diferentes limites para climas temperados (países desenvolvidos) e para climas quentes (países em desenvolvimento), sugerindo, também, limites das condições climáticas, dentro dos quais várias estratégias de projeto de edifícios e sistemas de resfriamento natural podem garantir conforto térmico interno.

As opções apresentadas para as estratégias são: ventilação durante o dia, inércia térmica com ou sem ventilação, resfriamento evaporativo direto e resfriamento evaporativo indireto (através de tanques de água no forro).

A variação de temperaturas sugeridas por Givoni para as condições aceitáveis de pessoas que habitam países desenvolvidos é 18°C a 25°C no inverno e de 20°C a 27°C no verão, sendo o limite máximo de temperaturas aplicável em níveis baixos de umidade, abaixo de um conteúdo de vapor de 10 g/kg. A altas umidades, o limite máximo de temperaturas decresce progressivamente e o limite máximo de umidade em termos de umidade absoluta é de 15 g/kg.

Nos países em desenvolvimento e de clima quente, Givoni sugere elevar de 2°C a temperatura limite máxima, elevando também de 2g /kg o valor do conteúdo de vapor. Essa adaptação é justificada com base em resultado de pesquisa, que alterou a nova carta de temperatura efetiva no limite superior da sensação de conforto, de 27.0°C para 29.7°C, quando a velocidade do ar é aumentada de 0.1 para 1.5 m/s.

Os critérios para definir a aceitabilidade da velocidade do ar são diferentes para edifícios residenciais e edifícios de escritórios. A ASHRAE especifica um limite máximo de 0.8 m/s no interior de escritórios para não levantar papéis, entretanto, em edifícios residenciais, o limite para velocidade do ar pode ser baseado no seu efeito para conforto, o que depende da temperatura. Os estudos experimentais de Wu, Tanabe e McIntyre indicam que, em interiores com velocidade de ventos de 2.0 m/s, a zona de conforto pode ser estendida para 30°C em países desenvolvidos e para 32 °C nos países em desenvolvimento e de clima quente, e para pessoas aclimatadas.

Givoni explica também que o clima interno em edifícios não condicionados reage mais largamente à variação do clima externo e à experiência de uso dos habitantes. Pode-se citar como exemplo, que uma temperatura interna variando de 20°C de manhã até 26°C de tarde no verão é comum em edifício não condicionado; a velocidade do ar interno em edifícios com ventilação cruzada é sempre próximo de 2

m/s; pessoas que moram em edifícios sem condicionamento e naturalmente ventilado usualmente aceitam uma larga variação de temperatura e velocidade do ar como uma situação normal. (BUSCH, 1992)

Portanto, essa diferença entre as condições aceitáveis num ambiente condicionado e num ambiente não condicionado, deve ser refletida na carta bio climática, especificando limites aceitáveis do clima interno para edifícios não condicionados e nos limites de aplicabilidade das várias estratégias de projeto de edifícios e sistemas de resfriamento passivo.

Assim, os limites sugeridos por Givoni para a zona de conforto térmico de países com clima quente e em desenvolvimento são: no verão em situação de umidade baixa, a variação de temperatura pode ser de 25 °C a 29°C , e em umidade alta de 25 °C a 26°C, podendo chegar a 32°C com ventilação de 2,0 m/s; no inverno, os limites são de 18 °C a 25°C; com relação à umidade, os limites são de 4,0 g/kg a 17g/kg e 80% de umidade relativa. (GIVONI, 1992)

### 2.3.1.3 Zona de conforto de Szokolay

SZOKOLAY (1995) apresenta, dentro da carta psicrométrica, a sua zona de conforto e a CPZ (Zona Potencial de Controle), que são zonas delineando o potencial de várias estratégias passivas de controle, tais como aquecimento solar, efeito de massa, efeito do movimento de ar e resfriamento evaporativo. O método desenvolvido por Szokolay estima o subaquecimento, supraaquecimento e frações do ano com superumidificação de uma dada região.

Os limites de temperaturas de bulbo seco adotados para a zona de conforto no método CPZ, é de 18,5°C a 28,5°C. Comparando com os limites adotados pela norma ASHRAE 55-74 (que vai de 20°C até 23,9°C no inverno e de 22,8°C até 26,1°C no verão), a ASHRAE 55-92 (que vai de 20 até 23,5°C ET\* no inverno e de 23 até 26°C ET\* no verão), e Givoni (cujos limites são de 18 °C a 25°C para o inverno e 25 °C a 26°C com umidade alta no verão e 25 °C a 29°C com umidade baixa no verão), observa-se que Szokolay é mais tolerante que a ASHRAE e quase semelhante a Givoni nas variações de temperaturas da sua zona de conforto.

O sistema desenvolvido por Szokolay permite o cálculo de limites específicos para a zona de conforto de uma dada região distintamente, dependendo somente das temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio da região de estudo.

A base de dados climáticos adotada pelo método Szokolay é simples. As temperaturas usadas são as médias das máximas e máximas mensais que são armazenadas junto com o desvio padrão das mesmas. Conforme SZOKOLAY (1995), o uso desta base de dados é simples, propiciando quase a mesma confiabilidade que uma base de dados horários, com a vantagem de sua fácil utilização.

A zona de conforto de inverno deve ser construída a partir da tomada da temperatura média do mês mais frio, calculando-se a temperatura neutra ( $t_n = 17,6 + 0,31 \bar{T}$ ), onde  $\bar{T}$  é a temperatura média do mês mais frio. Os limites para temperatura de bulbo seco são  $t_n - 2$  e  $t_n + 2$ , na curva de 50% de umidade relativa da carta psicrométrica. A zona de conforto está delineada lateralmente pelas linhas de temperatura efetiva padrão (SET), correspondentes, determinando-se a interseção com o eixo horizontal através da fórmula:  $T_{base} = T + 0,025 \times (T-14) \times \text{Umidade AbsT}$ .

A zona de conforto deve ser delimitada acima e abaixo pelas linhas de umidades absolutas de 12g/kg e 4g/kg, respectivamente. Na construção da zona de conforto de verão, repete-se o mesmo processo para a temperatura média do mês mais quente.

Segue-se, então, a plotagem do clima da região sobre a carta psicrométrica. Cada mês pode ser representado por dois pontos definidos pelas temperatura média das máximas com a umidade da tarde e a média das mínimas com a umidade da manhã. Os dois pontos de cada mês são interligados por uma linha reta.

A relação das 12 linhas com a zona de conforto permite uma indicação visual do problema climático que afeta a região. Entretanto, o método Szokolay ainda define indicadores numéricos, que representam o período do ano onde o clima se apresenta com superaquecimento, subaquecimento e superumidificação, em relação à zona de conforto. Esses três indicadores numéricos representam, mais precisamente, os problemas térmicos da região de estudo.

#### 2.3.1.4 Zonas de conforto ASHRAE

Conforme GIVONI (1992), a zona de conforto da ASHRAE especifica limites constantes para temperatura do ar e umidade, na carta psicrométrica, considerando pessoas em atividade sedentária, sendo que em tais limites o sistema mecânico deve manter o clima interno. Sua utilização foi idealizada para edifícios de escritórios com ar condicionado, mas também pode ser usada na avaliação de edifícios residenciais.

Deve-se ressaltar que a zona de conforto da ASHRAE tem sido muito empregada como base para a estruturação de cartas bio climáticas, estendendo-se entre dois níveis fixos de conteúdo de vapor de água de (4 e 12g/kg). Diferentes faixas de temperaturas foram descritas na última versão para o verão (edifício sendo resfriado) e para o inverno (o edifício sendo aquecido), considerando troca nos hábitos de vestimentas sazonais e aumento da conservação de energia. O limite máximo de temperatura cai linearmente para as altas umidades e cresce com o aumento da velocidade do ar.

Nas condições de ar parado (0,15 m/s no inverno e 0,25 m/s no verão), o limite máximo da ASHRAE para temperatura aceitável no verão se estende de 26°C (conteúdo de umidade = 12 g/kg) a 27°C (conteúdo de umidade = 4 g/kg).

Com a velocidade do ar alta, o limite máximo de temperaturas é elevado de 1°C para cada acréscimo de 0,275 m/s. Acima de 28°C, a velocidade de 0,8 m/s é o valor máximo permitido para o ar no interior. As altas velocidades de ar não afetam o limite máximo aceitável para umidade da norma ASHRAE.

Na opinião de Givoni, existem alguns problemas decorrentes da utilização da norma ASHRAE, quando se trata de edifícios sem ar condicionado. Pode-se citar, por exemplo, a aplicação do limite de umidade estipulado pela ASHRAE e os limites para velocidade do ar em locais quentes e úmidos. A aclimação dos habitantes nesses locais deveria ser considerada, bem como a função das altas velocidades na aceitação de conforto a altas umidades.

O diagrama ANSI - ASHRAE 55 - 92 modificou o limite inferior de umidade absoluta de 4 g/kg para 4,5 g/kg, sendo que o limite máximo não deve ser mais quantificado em umidade absoluta e, sim, em umidade relativa, cujo valor atual é de 60%. As temperaturas limites da zona de conforto ASHRAE são:

□ para o verão: ( 23°C ET\* a 26°C ET\*), nas seguintes condições:

vestimenta igual a 0.5 Clo; metabolismo menor ou igual a 1,2 Met; velocidade do ar menor ou igual a 0,15 m/s; PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas) igual a 10%.

- para o inverno: (20°C ET\* a 23.5°C ET\*), nas seguintes condições: vestimenta igual a 0.9 Clo; metabolismo menor ou igual a 1.2 Met; velocidade do ar menor ou igual a 0,15 m/s.

A escala de temperatura efetiva da ASHRAE é normalmente vista como um padrão para o ambiente interno de espaços com ar condicionados, sendo mais usada em habitações de países com climas temperados. Sua aplicação em países de clima tropical não é considerável, devido aos costumes de vestimentas e à aclimatação.

Em Singapura, por exemplo, o índice de conforto equatorial é considerado de grande relevância, tanto que a Regulamentação para Controle da Construção, que incorpora a regulamentação para conservação de energia, estipula uma temperatura máxima no bulbo seco para o interior de 27°C e uma umidade relativa máxima de 75%. A economia em equipamentos, para alterar as condições do clima interno e alcançar conformidade com os limites, é de 20%, em comparação com o normal, que seria temperatura de 24°C e 50% de umidade relativa.

### 2.3.2 EXPERIMENTO NA TAILÂNDIA

A aclimatação pôde ser comprovada através da pesquisa realizada em Bangkok, na Tailândia, por BUSCH (1992), onde mais de 1100 funcionários de escritórios responderam a um questionário, enquanto as medidas físicas foram registradas. O questionário e as medidas físicas foram tomadas em dois edifícios com ar condicionado e em outros dois edifícios com ventilação natural. O objetivo do estudo na Tailândia foi o de verificar se é justificável adotar um padrão de conforto diferente daqueles desenvolvidos para trabalhadores acostumados a climas temperados.

A Tailândia possui três estações distintas no ano. Esse estudo foi feito em duas estações: em abril (estação quente) e em julho (estação úmida) de 1988. A terceira estação, que é a estação fria, não foi relevante para o estudo de resfriamento. Cada um dos quatro edifícios estudados foram visitados nas duas estações e os dados foram coletados em cada edifício durante uma semana de trabalho em cada estação.

O questionário consistiu de uma seção subjetiva sobre a variação da escala térmica, seguido por uma seção sobre o consumo recente de alimentos e bebidas. Em separado, constava uma lista de roupas para homem e mulher, concluindo com uma seção de fatores demográficos. A classificação subjetiva adotou os sete pontos da escala de sensação térmica da ASHRAE, a escala de três pontos de preferência térmica de McIntyre, e duas outras escalas de sete pontos para a percepção de velocidade de ventos e umidade.

Os funcionários orientais votaram numa escala térmica subjetiva padrão e essa foi correlacionada com o índice de temperatura que variou conforme o impacto térmico da umidade, temperatura radiante, velocidade do ar e nível de vestimenta. As quantidades físicas medidas foram: temperatura de bulbo seco, umidade relativa, temperatura de globo e velocidade do ar.

Vários equipamentos foram utilizados, como termômetro de globo, que foi adaptado de um termistor e uma bola de ping-pong de 38 mm de diâmetro, pintada de cinza; termistor de bulbo seco, que foi protegido por um cilindro de folha metálica reflexiva; e um anemômetro de filme quente, para medir a velocidade do ar.

As leituras foram coletadas usando um *datalogger* (registrador de dados) que armazena dez segundos de leitura em fita magnética. Os dados externos das condições climáticas foram coletados no Departamento de Meteorologia da Tailândia.

Todos os dados do questionário foram numericamente codificados, no intuito de facilitar a análise estatística. As peças individuais da roupa indicada no questionário foram convertidas em valores respectivos de isolamento térmico em unidade de clo, considerando-se 1 clo igual a  $0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  como tabulado por McIntyre. O valor total da roupa foi então calculado usando a fórmula empírica de McIntyre:

$$\text{Total de roupa em clo} = 0,113 + 0,727 \sum \text{ das peças (para homem)}$$

$$\text{Total de roupa em clo} = 0,050 + 0,770 \sum \text{ das peças (para mulher)}$$

A produção de calor metabólico não foi diretamente medida, mas, uma vez que os argüidos foram questionados quanto à sua presença no local por tempo superior a 15 minutos; sua taxa metabólica foi considerada de 1,1 met ( $1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$  – nível típico dado pela ASHRAE-Fundamentals Handbook 1989). A partir do peso e da altura obtidos nos questionários, calculou-se a área da superfície do corpo usando a fórmula de

Dubois:

$$(A_{Du}) = 0,202W^{0,425} H^{0,725}$$

onde W = peso em kg; e

H = altura em m.

A temperatura radiante média (MRT) foi calculada de acordo com o prescrito no Systems Handbook (1984) da ASHRAE. Um programa adaptado foi utilizado para calcular dois índices ambientais, que são baseados na análise da resposta termorreguladora do corpo ao stress térmico. Esses índices ET\*- (nova temperatura efetiva) e SET\*- (nova temperatura efetiva padrão), foram calculados com os dados coletados.

O valor resultante médio da nova temperatura efetiva para a amostra inteira foi de 27,5°C ET\*, sendo que a média para os edifícios com ar condicionado foi de 24,7°C ET\* e para os edifícios sem ar condicionados foi de 33,0°C ET\*.

A nova temperatura efetiva padrão SET\*, definida pela ASHRAE, é uma extensão da ET\*, na qual se padroniza a velocidade de ventos, como também as duas variáveis pessoais (isolamento da roupa e taxa metabólica). Os valores da SET\* foram também calculados e diferem dos valores de ET\* devido à velocidade do ar e a não padronização da roupa. Os valores médios de SET\* foram de 24,3°C SET\* para os edifícios com ar condicionado e de 31,5°C SET\* para os edifícios sem ar condicionado.

Os pesquisadores chegaram à conclusão, neste trabalho, de que os funcionários de escritórios na Tailândia, nos dois ambientes interiores estudados, têm sensibilidade a trocas térmicas aproximadamente igual a pessoas pesquisadas em outras localidades.

Os limites de nova temperatura efetiva ET\*, definidos pela ASHRAE 55-81, estão entre 22,8°C ET\* e 26,1°C ET\*. Nos edifícios com ar condicionado os limites de conforto medido estiveram entre 22°C e 28°C e nos edifícios sem ar condicionado o limite mínimo ficou indefinido, mas o limite máximo foi de 31°C. Ambos limites são significativamente maiores que o valor máximo aceitável pela norma de conforto ASHRAE, que é de 26.1°C. Essa conclusão, traduzida para a prática, pode resultar em muita economia de energia para o setor da edificação.

A neutralidade térmica das pessoas questionadas nos edifícios com ar condicionado não foi diferente das pessoas questionadas em países de clima temperado. Entretanto, a resposta de neutralidade térmica dos trabalhadores da Tailândia nos edifícios ventilados naturalmente, correspondeu a temperaturas mais altas. Essas disparidades se explicam pelas roupas mais leves e a maior ventilação nesses locais.

Como a maioria dos outros estudos conduzidos nos trópicos, o estudo na Tailândia confirmou uma maior tolerância ao calor, se comparado com os estudos realizados em climas temperados ou em ambientes climatizados.

Entende-se que os contrastes entre as amostras extraídas dos dois tipos de edifícios estão evidenciando a aclimação aos seus respectivos ambientes condicionados e não condicionados.

### 2.3.3 EXPERIMENTO NA AUSTRÁLIA

Recentemente, muitos estudos experimentais em conforto térmico foram conduzidos em locais de clima quente e úmido, incluindo Singapura e Bangkok. Os resultados desses estudos indicaram que a preferência térmica para o ambiente dentro de edifícios tropicais, particularmente aqueles com ventilação natural, é de temperaturas mais altas, mais aceitáveis para seus ocupantes que os previstos pelos modelos de conforto e normas baseadas em locais de latitude média. Entretanto, critica-se esses estudos, argumentando-se que a medição feita em todos eles foi a uma só altura acima do piso e por instrumentação sem credenciamento de laboratórios autorizados, principalmente na questão da anemometria. (DEAR, 1994)

Em 1991, Dear repetiu em Singapura a experimentação sobre temperatura preferida feita por Fanger em 1973. No clima tropical úmido de Singapura, o autor utilizou-se de uma amostra com 32 estudantes, concluindo que a temperatura média preferida pela amostra foi de 25,4°C, o que não demonstra diferença significativa daquela encontrada por Fanger com usuários na Dinamarca. Em seu trabalho, Dear cita Tanabe, que em 1987, realizou uma pesquisa com 172 alunos japoneses num verão quente e úmido de Tóquio. Entretanto, novamente a neutralidade observada não foi significativamente diferente dos estudos dinamarqueses e americanos. Os experimentos de Tóquio e Singapura concluem que, no ano inteiro e na estação quente, a exposição ao clima úmido não sugere uma diferença na neutralidade ou preferência térmica subjetiva.

A pesquisa realizada por DEAR (1994), no norte da Austrália, foi uma repetição do experimento patrocinado pela ASHRAE e realizado por Schiller e sua equipe, no período de 1988 a 1991, em São Francisco, no qual mais de 2300 visitas foram feitas a funcionários em 10 edifícios de escritórios, onde os resultados concordaram com a norma ASHRAE 55 1981. Entretanto, por ter sido experimentado apenas em clima mediterrâneo, não se pôde generalizar a resposta de conforto para outros climas mais extremos que aqueles encontrados na baía de São Francisco.

Assim, a pesquisa no norte da Austrália pode ser considerada uma repetição da pesquisa em São Francisco em todos os detalhes, exceto quanto às condições climáticas, que foram quente e úmida. A pesquisa de Dear coletou dados em 12 edifícios de escritórios com ar condicionado, localizados na cidade tropical de Townsville, Austrália. Um total de 836 pessoas forneceram 1234 conjuntos de dados, distribuídos através das estações úmida e seca. Os dados do clima interno foram coletados por meio de um aparato móvel, com instrumentos classificados em laboratório, de acordo com as recomendações da ANSI/ASHRAE 55 1992, ISO 7726 e ISO 7730.

Os objetivos principais da pesquisa foram:

- 1 - Desenvolver uma base de dados do ambiente e da resposta subjetiva dos ocupantes, em escritórios localizados em clima quente e úmido.
- 2 - Determinar, para cada estação (seca e úmida), a neutralidade térmica e a preferência térmica dos ocupantes, tanto quanto a extensão das condições encontradas para a aceitabilidade térmica dos ocupantes.
- 3 - Avaliar a eficácia dos índices de previsão térmica ( $ET^*$ , SET, PMV e PPD).
- 4 - Investigar a influência da roupa e o potencial do efeito de aclimação, pela comparação intersazonal e pela comparação da base de dados do clima quente e úmido com a base de dados de São Francisco.

Os resultados obtidos na pesquisa em Townsville foram:

- 1 - O nível de isolamento térmico das roupas se aproximou do valor adotado pela norma ASHRAE-55 para verão (0,55 clo) sendo 0,1 clo a mais na estação seca que na úmida. A cadeira adiciona aproximadamente 0,15

- clo à resistência das roupas de um funcionário de escritório e o metabolismo médio foi estimado em  $78 \text{ W/m}^2$  ou 1,3 met.
- 2 - A neutralidade térmica, de acordo com a escala de sete pontos da ASHRAE, ocorreu em cerca de  $24,4^\circ\text{C}$  em ambas as estações, onde a temperatura preferencial foi um grau mais fria que a neutralidade térmica ( $23,5^\circ\text{C}$ ), sendo a aceitabilidade térmica de 90% para a temperatura de  $23,5^\circ\text{C}$ , mas caindo a 80% para as temperaturas de  $22,5^\circ\text{C}$  e  $24,5^\circ\text{C}$ .
  - 3 - O índice PMV, com o efeito do isolamento da cadeira, considerou adequadamente a previsão da temperatura ótima das pessoas de Townsville, quer se definido em termos de neutralidade térmica, aceitabilidade térmica ou preferência térmica.
  - 4 - Pouco mais que 50% das observações do clima interno caiu dentro da zona de conforto da norma ASHRAE-55. Nem a ANSI /ASHRAE 55-92 nem o índice PPD da ISO 7730 combinaram com os níveis de aceitabilidade térmica com uma boa precisão. Os funcionários de escritórios em Townsville foram geralmente muito menos receptivos às temperaturas não neutras que a previsão do PPD ou da norma ANSI /ASHRAE 55.
  - 5 - A maior parte da insatisfação térmica, expressa pelas pessoas cujo ambiente térmico caiu dentro da zona de conforto de verão da norma ASHRAE-55, estava relacionada com o ar muito parado. Essas conclusões sugerem que o item de ventos na norma ASHRAE-55 e ISO 7730 deve ser ajustado para zona climática úmida e quente. Essa questão, segundo Dear, será objeto de estudo futuro.
  - 6 - A sensação térmica média do grupo mostrou uma alta sensibilidade para temperaturas, mudando aproximadamente uma unidade na escala de sete pontos da ASHRAE por  $2^\circ\text{C}$  na temperatura operativa.
  - 7 - Existe uma pequena diferença entre os sexos, em termos de sensação térmica, sendo mais frequente expressões de insatisfação térmica entre as mulheres na amostra, apesar de seu ambiente térmico não ser diferente do dos homens.
  - 8 - O efeito da sazonalidade quente úmido / morno seco de Townsville, na resposta de conforto térmico dos funcionários de escritórios, foi menor

que 0,5 °C em torno da neutralidade, e dentro da variação esperada com base na diferença do nível de isolamento das roupas de aproximadamente 0,1 clo entre as estações.

- 9 - Comparando com o experimento de São Francisco, a neutralidade em Townsville foi de aproximadamente 2°C mais quente. O modelo PMV sugere que a maioria destas compensações pode ser explicada por diferentes parâmetros físicos, notadamente a roupa. A população de escritórios de São Francisco e Townsville revelaram-se diferentes na reação à temperatura, sendo os trabalhadores de escritórios de Townsville mais sensíveis.
- 10 - A descoberta de diferenças significantes na sensibilidade térmica, aceitabilidade e preferência por movimentação de ar da população de escritórios, que se encontravam naturalmente aclimatados a climas quentes e úmidos, reforça a importância de uma revisão na norma ANSI /ASHRAE 55 - 1992 antes de ser adotada como norma internacional.

#### 2.3.4 PESQUISAS E TRABALHOS NO BRASIL

Em relação ao contexto internacional, os trabalhos na área de conforto térmico no Brasil são considerados incipientes, com exceção dos trabalhos do antigo Instituto de Higiene da Universidade de São Paulo na década de sessenta, e mais anteriormente os trabalhos do Instituto Nacional de Tecnologia no Rio de Janeiro, tendo destaque o trabalho de Paulo Sá, desenvolvido em 1938 e publicado através do Departamento de Estatística e Publicidade do Rio de Janeiro.

Em seu trabalho, Paulo Sá pesquisou 2000 respostas de pessoas em atividade leve e sedentária, no inverno e no verão do Rio de Janeiro. Para coleta das respostas, Sá utilizou-se de uma escala de sete pontos de -3 a +3, obtendo uma resposta média de 0,05 no inverno e 1,00 no verão carioca. O trabalho de Sá foi incorporado ao trabalho de HUMPHREYS (1974), que reuniu um total de trinta levantamentos de conforto térmico em vários climas, desde o inverno na Suíça até o verão no Iraque. Dessas trinta pesquisas derivou um método empírico para previsão da temperatura neutra ( $T_n$ ) e da resposta média ( $R_m$ ) dos usuários adultos e crianças, em função da temperatura média ( $T_m$ ) do ar ou do termômetro de globo para um mês e da temperatura

do ar no momento.

Na atual década, ressaltam-se os trabalhos da ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído), organizando encontros na área de conforto, tais como o ENCAC (Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído) realizado em 1990, 1993 e 1995 e o simpósio na área de normatização para o uso racional de energia e para conforto ambiental, realizado em Florianópolis 1991. Esses encontros vêm fortalecendo o conhecimento na área e promoveram a interação entre grupos de pesquisa consolidados com grupos emergentes. Pode-se destacar, nesses encontros, os trabalhos de ARAÚJO e ARAÚJO (1991) e RORIZ e BASSO (1991).

ARAÚJO e ARAÚJO (1991) relatam que a pesquisa realizada com alunos do 2º grau na cidade de Natal -RN, em que foi separada uma amostra de 1110 de um total de 26228 alunos, para responder a um questionário sobre as impressões das condições térmica do seu ambiente. Nesse caso, foi possível trabalhar com valores fixos de vestimenta (uniforme escolar), faixa etária (15 a 18 anos) e atividade escolar (sedentária). As medições das variáveis físicas foram efetuadas nas salas de aula sempre após 60 minutos do início das atividades escolares, para aclimatação. Os parâmetros físicos medidos constam de temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar. Os pontos de medição foram escolhidos em função da ventilação e da radiação solar na sala. Constatou-se, por meio de testes estatísticos nos valores observados, que a influência das variáveis ambientais na variável resposta é bastante significativa em quase todos os cruzamentos. Entretanto o trabalho de Araújo ainda não foi publicado em sua versão final, e a expectativa é que este venha a trazer mais informações sobre conforto térmico de pessoas em clima tropical

RORIZ e BASSO (1991) estudaram dez métodos que determinam sob quais condições um ambiente se torna termicamente agradável. Nesse estudo, os autores aplicaram, para cada um dos dez métodos, as mesmas condições climáticas, comparando os resultados. Como as divergências são muitas nos aspectos de conceitos, variáveis e abordagens, tornou-se necessário fazer algumas adaptações para viabilizar a comparação.

As condições climáticas escolhidas se referiram aos dias típicos de verão e inverno para Porto Alegre, ambos com probabilidade definida em 2,5%, ( condições rigorosas).

Os dez métodos estudados foram: 1-Evans (Argentina); 2-Fanger

(Dinamarca); 3 - Givoni (Israel); 4-Humphreys (Inglaterra); 5-Lotersztain e Murature (Argentina); 6- Mahoney (Inglaterra); 7-Olgyay (USA); 8-Rivero (Uruguai); 9-Szokolay (Austrália); e 10-Vogt e Miller Chagas (França).

Para a aplicação das condições climáticas dos dias típicos de verão e inverno, foram considerados o metabolismo no verão e inverno igual a  $140 \text{ W/m}^2$  para o dia e  $80 \text{ W/m}^2$  para a noite; a roupa igual a 0,5 clo para o verão (dia e noite), e 1,0 clo para o inverno de dia e 1,5 clo para o inverno de noite; a velocidade de ventos foi considerada igual a 1,0 m/s para o verão durante o dia e à noite, e para o inverno a velocidade de ventos foi considerada igual a 1,0 m/s durante o dia e 0,1 m/s durante a noite.

Os autores chegaram à conclusão de que os diversos métodos estudados não divergem quanto às condições extremas (no caso do inverno em Porto Alegre) porque são óbvias, todavia, quanto aos limites de conforto (durante o período de verão em Porto Alegre), existem divergências, pois os métodos não coincidem principalmente nos horários de transição entre dia e noite.

Com o objetivo de selecionar um método para delimitação da zona de conforto a ser adotada ou adaptada para a realidade brasileira e considerando que Fanger contempla todas as variáveis que afetam o conforto humano e o desempenho do ambiente construído, GOULART et al (1994) aplicaram a equação de Fanger para determinação do PMV e PPD, nos pontos extremos que delimitam as zonas de conforto dos diagramas bio climáticos desenvolvidos por: OLGAYAY para os USA; OLGAYAY para climas quentes; OLGAYAY para trópicos; GIVONI original (1969); GIVONI e MILNE (1979); GONZALEZ (1980); GIVONI (1992) países desenvolvidos; GIVONI (1992) países em desenvolvimento; SZOKOLAY (1987) para o clima de Florianópolis-SC; WATSON & LABs. (1983); ASHRAE 55-74. (1974); ASHRAE 55-81 (1981); e ASHRAE 55-92 (1992).

As variáveis do ambiente térmico, utilizadas na aplicação da equação de Fanger, foram a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar, estimadas graficamente sobre a carta psicrométrica nos pontos extremos das zonas de conforto dos referidos diagramas.

Para calcular os valores de PMV e PPD de cada ponto, considerou-se a temperatura radiante média igual à temperatura do ar em todos os casos. Os valores de velocidade do ar, vestimenta e atividade metabólica, foram apreciados conforme

previstos nos métodos originais. Como em todos os casos a atividade metabólica era sedentária, a eficiência mecânica foi considerada nula.

A verificação indicou que só os limites das normas ASHRAE eram compatíveis com a equação de Fanger. Dessa forma, resolveu-se ajustar a vestimenta até se obter uma concordância entre a equação de Fanger e os demais sistemas bio climáticos considerados, que foi possível, até a temperatura de 28 °C. A partir de 29 °C, não foi possível se obter a concordância, com vestimentas normais, a não ser que a velocidade do ar fosse elevada acima de 0,8 m/s, que é o limite máximo definido pela ASHRAE 55-92 (1992).

No estudo realizado no trabalho GOULART et al (1994), percebeu-se que as normas ASHRAE adotam a equação de Fanger como base para a delimitação de sua zona de conforto. Entretanto, o sistema ASHRAE é criticado por Givoni, por ser exclusivo para ambientes com ar condicionado e por limitar a velocidade do ar a valores abaixo de 0.8 m/s.

Concluindo, a Tabela 2.1 apresenta um resumo dos limites de conforto térmico dos sistemas bio climáticos estudados.

**Tabela 2.1 - RESUMO DOS LIMITES DE TEMPERATURA E UMIDADE DAS ZONAS DE CONFORTO DAS METODOLOGIAS ESTUDADAS**

METODOLOGIA	TEMPERATURA		UMIDADE		OBSERVAÇÃO
	limite mínimo	limite máximo	limite mínimo	limite máximo	
ASHRAE 55-74	> 20,0°C TE*	< 26,1 °C TE*	> 5 mm Hg	< 14 mm Hg	
ASHRAE 55-81	> 23 °C TE* > 20°C TE*	< 27 °C TE* < 24°C TE*	> 4 g/kg	< 12 g/kg	verão inverno
ASHRAE 55-92	> 23 °C TE* > 20°C TE*	< 26 °C TE* < 23,5°C TE*	> 4,5 g/kg e 30%	< 60 %	verão inverno
GIVONI original	> 21°C	< 26°C < 25°C	> 5 mm Hg	< 17mmHg e 80%	baixa umidade altas umid.
GIVONI E MILNE	> 22,7 °C >20 °C	< 27 °C < 24 °C	> 20%	< 80%	verão inverno
GONZALEZ	> 22 °C	< 29 °C < 26,5 °C	> 4 g/kg	< 14 g/kg ou 75%	baixa umid. altas umid.
GIVONI 92 Países Desenvolvidos	> 20 °C > 18 °C	< 27 °C < 25 °C	> 4,0 g/kg	< 80 % e 15g/kg	verão inverno
GIVONI 92 Países em Desenvolvimento	> 25 °C	< 29 °C < 26 °C	> 4 g/kg	< 80% e 17 g/kg baixa umidade altas umidades	verão baixa.umid.
SZOKOLAY	> 18 °C TMA± 2 K SET 18,5 °C TMM±1,75K SET	< 25 °C 28,5 °C	> 4 g/kg	< 12 g/kg	inverno limites variáveis c/ o clima local
WATSON & LABS	> 20 °C TE*	< 25,6 °C TE*	> 5 mm Hg	< 80 %	

Fonte: GOULART et al (1994)

## 2.4 TRATAMENTO DE DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos, mais comumente utilizados na avaliação do desempenho térmico de edificações, têm sido os dias típicos, temperaturas de projeto, graus/dia ou ano climático de referência.

Segundo LAMBERTS et al (1996c), os dados climáticos horários de um ano são fundamentais na simulação de consumo anual de energia em edifícios. A não

disponibilidade desses dados no Brasil, dificultam qualquer tentativa de desenvolvimento, aperfeiçoamento e avanço tecnológico nessa área. O IBF e a ABRAVA obtiveram junto ao Instituto Aero Espacial do Ministério da Aeronáutica, dados horários de 20 cidades brasileiras. Estes dados se encontram desde 1995 com o Núcleo de Pesquisa em Construção da UFSC e estão sendo trabalhados na geração de dados para uso na construção civil.

GOULART (1993b), utilizou-se dos dados da cidade de Florianópolis e, através de metodologias, foram obtidas informações sobre temperatura de projeto (pelo método da ASHRAE), dias típicos de projeto de verão e inverno, ano climático de referência, graus-dia e graus-hora. Os métodos foram discutidos e avaliados de acordo com os resultados alcançados. Com relação às 20 cidades brasileiras, estão sendo preparados os dados: temperaturas de projeto ASHRAE, temperaturas BIN, graus dia e graus hora em base variável, dias típicos de verão e inverno e ano climático de referência.

#### 2.4.1 ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA

Conforme GOULART (1993b), a ASHRAE identifica duas fontes de ano climático desenvolvidas para cálculos de energia utilizados no Estados Unidos: o Test Reference Year (TRY), preparado pelo National Climatic Center e o Typical Meteorological Year (TMY) preparado pelo Sandia Laboratories na cidade de Albuquerque.

O Test Reference Year (TRY), representa um ano real de dados referentes a um período de registro disponível de 10 anos ou mais. A mais recente geração de sistemas informatizados para simulação de desempenho térmico de edificações, adota como dados de entrada, representando o clima local, informações horárias de um período anual. Exemplos desses sistemas são DOE, ESP e COMFIE, que utilizam os dados climáticos horários de um ano típico, para cálculo do consumo de energia e avaliação de desempenho térmico em edifícios.

A vantagem em se adotar um arquivo climático com dados horários de um ano inteiro ao invés de aplicar a prática usual de apenas o dia típico de verão e inverno, se encontra no fato de que os resultados obtidos nas simulações com dados horários anuais são mais representativo das variações sazonais de um ciclo anual. Um arquivo

climático de um ano de dados permite uma visão global das variações, que podem ocorrer na simulação, e garantem a estabilização do método dinâmico de interações nos cálculos de simulação térmica em regime transiente, para qualquer estação, mês, dia ou hora do ano que se queira simular.

Nesse caso, permite-se também uma análise diária ou horária do ano inteiro, onde se pode completar o ciclo das variações climáticas sazonais de uma dada região e, portanto, a análise não fica restrita às variações extremas do ano, representadas pelo dia típico de verão e ou inverno, podendo ser realizada sob uma visão discretizada das variações anuais.

Por outro lado, trabalhar com dias típicos significa operar com uma porcentagem de possibilidades de ocorrências de variações climáticas das duas estações extremas do ano, sendo que esse modelo de representação climática é de difícil compreensão para a maioria das pessoas não familiarizadas com métodos estatísticos.

AKUTSU et al (1995a) explica que o dia típico é utilizado para representação climática em simulações de desempenho térmico nos métodos usados pelo IPT. Entretanto, nessa prática, não se considera as variações ocorridas no clima durante os dias precedentes ao dia típico, o que é importante quando se trata de edificações com certa inércia térmica.

A partir de experimento em protótipo de edificação com inércia térmica média, onde as temperaturas internas e externas foram medidas continuamente, AKUTSU et al (1995a) concluíram ser necessário levar em consideração no mínimo três dias precedentes ao dia de cálculo, para simulação de desempenho térmico, no intuito de se evitar conclusões totalmente diversas a respeito do desempenho térmico da edificação.

Essa pesquisa vem confirmar, também, a vantagem de se trabalhar com uma representação climática de dados horários de um ano típico ou ano climático de referência.

O procedimento utilizado na determinação do ano climático de referência ou TRY (Test Reference Year), de um período de registro disponível, baseia-se na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano apenas. Para tanto, os meses são classificados

em ordem de importância de cálculos relacionados ao consumo de energia. A partir de então, os valores médios mensais de temperatura são analisados e o mês mais quente e o mês mais frio do período de anos, tomados para estudo, são considerados os mais importantes, seguido do segundo mês mais quente e segundo mês mais frio e dos demais meses em ordem de importância de frio e de quente. As temperaturas médias mensais, por período de registro disponível, são examinadas conforme a seqüência de meses listada, a partir da importância dos extremos mais quente e mais frio alternadamente, sendo que o ano com o mês mais quente do período de estudo é eliminado primeiro, eliminando-se, em seguida, o ano com o mês mais frio. O processo continua até restar apenas um ano, que será designado como ano climático de referência. Se ao fim de doze meses de seqüência de importância, sobrar mais de um ano, a análise continua na mesma seqüência de meses, só que com a importância trocada: o mês de importância mais quente torna-se o mês de importância mais frio, até restar apenas o ano climático de referência, conforme (GOULART, 1993b)

O Test Reference Year (TRY), determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações. No TRY, determinado pelo processo descrito por Stamper, segundo GOULART (1993b), constam as seguintes informações climáticas para as 8760 horas do ano:

- mês, dia e hora; temperatura de bulbo seco (TBS);
- temperatura de bulbo úmido (TBU); umidade relativa (UR%);
- direção de vento (DV); velocidade de vento (VV);
- pressão barométrica (PR); nebulosidade (TN);
- radiação solar (estimada a partir da nebulosidade).

## 2.5 FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

- PROGRAMA THEDES

O programa THEDES simula o desempenho térmico de edificações não

condicionadas artificialmente. Segundo SATTLER (1991b), gera resultados numéricos e gráficos dos valores horários de temperatura no interior da edificação, demonstrando, também, como essas temperaturas se apresentam com relação às temperaturas de conforto segundo Fanger, além de apresentar uma descrição detalhada dos ganhos de calor através do envelope da edificação.

Os algoritmos de cálculo do programa THEDES foram baseados no Método de Admitância, desenvolvido pelo Building Research Establishment, UK. Tal método pressupõe um regime cíclico de variação de temperatura ao longo do tempo.

O programa oferece a possibilidade de se analisar o desempenho térmico da edificação em diversas condições climáticas, desde que existam arquivos de dados com valores horários dos elementos climáticos. O arquivo climático incorpora também valores horários de ventilação (em número de trocas de ar/hora) e os valores de ganhos internos de calor, resultantes da ocupação por usuário e aparelhos geradores de calor.

Como resultados da simulação, o programa THEDES apresenta curvas de temperaturas externas e ambiental, participação das diferentes fontes de ganho (ou perda) de calor da edificação a cada hora, ganhos estruturais (decorrentes dos componentes da estrutura da edificação: componentes verticais, telhados e pisos), carta psicrométrica com as condições ocorrentes no ambiente estudado e linhas definindo as condições de conforto ótimo segundo Fanger para diferentes velocidades de ventos e para condições específicas de atividade e de vestimenta.

- PROGRAMA NBSLD

AKUTSU (1987), faz uma descrição sobre o programa NBSLD, ressaltando que o modelo é uni compartimental e que os cálculos são feitos resolvendo-se simultaneamente as equações de balanço térmico do ambiente. A principal característica do programa se encontra no método dos fatores de resposta térmica, para o cálculo das quantidades de calor, transmitido por condução através dos elemento e componentes. As limitações constatadas se devem ao fato de que as vazões de ar não são calculadas pelo programa, devendo ser fornecidas como dados de entrada, e a cobertura é considerada plana e horizontal.

Como resultado de simulação o NBSLD apresenta temperatura do ar e radiante média no interior, como também as temperaturas e fluxos de calor nas

superfícies externas e internas de todos os elementos e componentes.

- PROGRAMA COMFIE 

O COMFIE (Calcul d'Ouvrages Multizones Fixé à une Interface Expert - Cálculo de Multizonas Fixadas a uma Interface Inteligente) é uma ferramenta de simulação simplificada, que permite a análise térmica de um projeto. O módulo de cálculo segundo PEUPORTIER (1992), baseia-se na análise modal, aplicada ao estudo da transferência de calor, que permite simular vários ambientes de um edifício ao mesmo tempo. O programa foi concebido utilizando uma estrutura de dados orientada ao objeto, e um suporte teórico sobre análise modal desenvolvida no centro de energia da Escola de Minas de Paris.

Uma validação experimental foi feita no Instituto para Transferência de Calor e Termodinâmica da universidade de Stuttgart. Uma das características mais relevantes do programa é o cálculo multizona onde vários compartimentos (zonas) do edifício podem ser simulados simultaneamente. Outra característica importante é que o arquivo climático pode ser de um ano real de dados horários.

O COMFIE é um programa compatível com microcomputadores IBM com ou sem coprocessador aritmético, podendo calcular perdas de calor, ganhos solares, conforto térmico, curvas de temperaturas e carga térmica anual.

São três os objetivos do COMFIE: 1 - dar liberdade ao projetista no uso de vários componentes construtivos, no intuito de conseguir harmonia com o ambiente; 2 - incrementar o conhecimento da arquitetura bio climática, o conhecimento de regras derivadas de integração com interfaces inteligentes; e 3 - testar novas tecnologias passivas solares.

Como dados de entrada, o programa admite as sombras integradas ao edifício e as sombras distantes, além de equipamentos para sombreamentos, sombras vegetais, equipamentos fontes de calor no interior, pontes térmicas e termostatos.

O menu principal do programa COMFIE apresenta as seguintes opções:

- 1 - Acesso às bibliotecas de materiais, composições, janelas, acabamentos e esquemas de ocupação.
- 2 - Acesso ao menu de projetos onde um projeto pode ser criado, modificado e checado

3 - Acesso ao menu de cálculos térmicos onde pode-se calcular a radiação solar em superfícies de diversas orientação, pode-se criar um modelo térmico, simular e obter os resultados.

4 - Comunicação com a interface inteligente com quatro diferentes temas: perdas de calor; entradas solares; conforto térmico e administração por multizona. Entretanto este item está disponível apenas para demonstração.

No módulo de cálculos pode-se optar por quantificar de 1 a 3 o número de modos para a redução do modelo. O *Time Step* pode ser quantificado em uma hora, sendo que para  $\frac{1}{4}$  de hora obtém-se um melhor resultado.

A memória do programa é limitada, e comporta o seguinte número de dados para armazenamento:

**TABELA 2.2 - TIPO DE DADOS E LIMITE DE MEMÓRIA PARA ARMAZENAMENTO NO PROGRAMA COMFIE**

OBJETO	Número máximo
zonas	6
paredes	50
paredes por zonas	10
esquemas de ocupação	6
materiais	10
composições	10
materiais por composição	7
acabamentos	10
tipos de janelas	8
janelas por zonas	10
janelas por paredes de zonas	3
sombras distantes	20
sombras distantes por parede de zona	3
fontes de ar por zonas	5
sombras integradas	8
equipamento de sombra	4
albedos e vegetação para sombreamentos	4
forças dirigidas no modelo	30
saídas do modelo	40
modos por zona	3

Duas zonas são criadas automaticamente pelo programa, a primeira é o exterior, e a segunda é o solo. A temperatura média do solo é solicitada como dado. O manual do COMFIE recomenda adotar o valor de 10°C para a temperatura média do solo quando não se conhece este valor

O programa apresenta condições para modificar um projeto através da seguinte estrutura:

- 1 - modificar as características globais do projeto - nome, orientação, local etc.
- 2 - paredes - materiais, composições, acabamentos tipo de parede, área, zona adjacente.
- 3 - zonas - esquemas de ocupação, volume, fonte de ar, mobiliário, parede da zona, locação do termostato, equipamentos para resfriamento e aquecimento, trocas de calor por ventilação.

Nas paredes podem ser modificadas: - as sombras distantes, a reflexão do solo, as características das janelas, as sombras integradas e as sombras provocadas por plantas e vegetações.

O arquivo climático pode ser de dois tipos: o tipo TRY e o tipo SRY. Na opção de uma representação climática do tipo TRY (Test Reference Year) o arquivo climático é composto de dados horários das 52 semanas de um ano típico. Na opção de uma representação climática do tipo SRY (Short Reference Year) o arquivo climático é reduzido a dados horários de 8 semanas típicas, duas para cada estação. Essa redução provoca uma discrepância nos resultados de apenas 2%, se comparados com os resultados obtidos quando são utilizadas informações horárias do ano inteiro. Os dados horários do clima externo necessários para a composição do arquivo climático dos dois tipos SRY ou TRY são: temperatura de bulbo seco; radiação global; radiação difusa do céu; radiação direta; duração de brilho solar; umidade relativa; velocidade do vento; mês dia e hora.

No módulo de cálculo térmico são propostas duas opções de simulação simplificada: uma é a que fornece como resultado o valor da carga de aquecimento para o período de aquecimento do ano de referência e a outra é a avaliação do conforto térmico no verão.

Como resultado desta simulação são dadas as temperaturas mínima, máxima e média para cada zona, com a carga de aquecimento ou resfriamento. O consumo de energia após a simulação, pode ser fornecido com o valor anual, sendo que, também, pode ser obtida uma estimativa de custo para aquecimento e resfriamento, para vários tipos de energia.

Com os resultados da simulação, o usuário poderá visualizar o nível de conforto, através de histogramas, construídos para cada faixa de temperatura, e de porcentagem de tempo na qual a temperatura da zona se encontra dentro da faixa.

- PROGRAMAS : DOE2.1E, BLAST, ESP-r e TRNSYS

Conforme LAMBERTS et al (1996c) os programas de simulação horária de consumo de energia mais utilizados atualmente são: DOE2.1E, BLAST, ESP-r e TRNSYS.

O programa DOE2.1E foi desenvolvido para o Department of Energy dos Estados Unidos, através do Lawrence Berkeley Laboratory da Califórnia e se baseia no fator de resposta para solução da condução, processando a parte de cargas térmicas separadamente dos sistemas de ar condicionado. O DOE2.1 é um programa de domínio público e foi o suporte para o desenvolvimento das normas americana, australiana, jamaicana e de vários países asiáticos. Possui uma versão de fácil uso, que pode ser processada em ambiente windows com interface para CAD e DBA (Building Design Advisor), proporcionando auxílio ao projetista em suas decisões com pouca entrada de dados e, futuramente, com programas que permitirão calcular detalhes de ventilação, infiltração e novas tecnologias de ar condicionado.

O programa BLAST foi desenvolvido pela Universidade de Illinois para o Department of Defence dos Estados Unidos, tendo como base o fator de resposta para condução. A diferença do BLAST para o DOE é que o BLAST processa a parte de carga térmica e ar condicionado de forma integrada, sendo que o módulo dos materiais se encontra incorporado ao programa, podendo, também, ser processada em micro computador PC.

O programa ESP-r, desenvolvido na University of Strathclyde, UK, baseia-se em diferenças finitas para solução da condução. O programa encontra-se em constante atualização, sendo o padrão utilizado na Europa, é processado em ambiente UNIX (Sun Spark Station), mas não existe ainda versão comercial.

O TRNSYS foi desenvolvido há 30 anos na Universidade de Wisconsin, sendo muito difundido na comunidade científica. A sua estrutura permite a incorporação de várias rotinas, tendo incluído, a ventilação natural e mecânica e as infiltrações.

- PROGRAMAS: ACTERM, COBRA E ARQUITROP

Ainda segundo LAMBERTS et al (1996c), o desenvolvimento de programas para simulação térmica no Brasil conta com trabalhos na UFRGS, UFSC e na

UFSCar/EESC. Na UFRGS, o ACTERM, foi desenvolvido por Bayer e Salvadoretti, e o COBRA, foi desenvolvido por Schneider em 1994. Na UFSC, Abreu desenvolveu, em 1986, um sistema para analisar a comportamento térmico de edificações da Companhia Catarinense de Energia Elétrica, e Mendes desenvolve atualmente um programa de simulação térmica para clima quente e úmido. Na UFSCar/EESC, o programa ARQUITROP, que se baseia no método da Admitância, foi desenvolvido por Roriz e Basso em 1988.

## 2.6 CONCLUSÃO

O trabalho visando a formulação de uma metodologia específica para avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais de pequeno porte, pode ser direcionado com base na revisão bibliográfica realizada, da seguinte forma:

### ☐ Quanto às pesquisas e experimentos nacionais :

O trabalho do IPT, para avaliação térmica de edificações, foi o mais destacado na revisão e evoluiu desde 1981, chegando a 1995 com uma proposta de classificação por níveis A, B e C, na qual uma edificação é classificada com base na norma ISO 7730 e dentro do intervalo de temperaturas aceitáveis de 12° a 29°C. Entretanto este intervalo adota valores extremos de frio com relação as demais metodologias estudadas onde o limite mínimo de temperaturas é de 18 °C. A norma ISO 7730 apesar de ser internacional é fundamentada na equação de Fanger que por sua vez teve como base experimentos com pessoas dinamarquesas e americanas, tornando-se distante da realidade climática e adaptação de usuários no Brasil.

### ☐ Quanto às pesquisas e experimentos no exterior:

Verificou-se que os trabalhos já desenvolvidos a nível internacional, envolvendo as questões de desempenho térmico e energético em edifícios, indicam a urgência e importância que devem ser dadas às pesquisas e elaboração de trabalhos, códigos e normas a nível nacional e regional.

Observou-se também que as normas estudadas diferenciam as abordagens de metodologias de conformidade para edifícios residenciais de pequeno porte e os demais edifícios, conforme CALIFORNIA ENERGY COMMISSION (1992) e

ASHRAE/IES 90.1-1989. Com base nesta observação, resolveu-se não fazer uma abordagem energética no âmbito deste trabalho por se tratar de edificações residenciais de pequeno porte de interesse social onde o consumo de energia para climatização é uma possibilidade distante da realidade, e torna-se sem sentido ser considerada na metodologia a ser desenvolvida. Assim restringiu-se a uma abordagem de desempenho térmicos onde adotou-se como critério para a metodologia apenas horas de desconforto.

Também com base nas experiências apresentadas pelas normas estudadas resolveu-se adotar como suporte para avaliar o conforto térmico os resultados de temperaturas do ar interno. Isto é justificado pela insipiência em que se encontram as ferramentas de simulação no que tange a determinação de velocidades do ar interno, umidade relativa e temperatura radiante média.

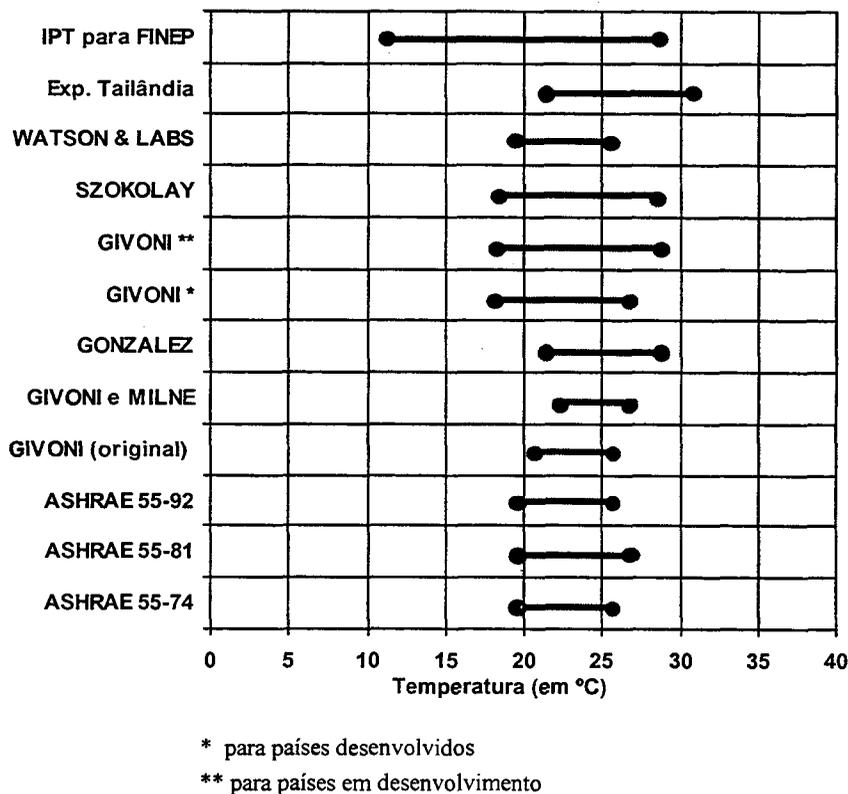
#### ☐ Quanto aos índices e escalas de conforto térmico

A zona de conforto de GIVONI (1992), para países em desenvolvimento e de clima quente, considera aceitáveis as temperaturas internas no intervalo de 18°C a 29°C. Considerando-se estratégias de ventilação natural no projeto do edifício, pode-se chegar à delimitação de temperaturas aceitáveis para o interior de 31°C para ambientes de escritórios (ventilação amena) e 32°C para ambientes residenciais onde uma ventilação de 2 m/s não prejudica as atividades próprias do local.

SZOKOLAY (1995) define a sua zona de conforto em função da temperatura média dos meses mais quentes e mais frios de uma dada região, dentro dos limites para temperaturas internas de 18,5°C a 28,5°C.

A norma ASHRAE 55 -92, delimita as temperaturas internas no intervalo de 20°C a 26°C. Entretanto, BUSCH (1992), concluiu que pessoas aclimatadas a regiões quente e úmidas são mais tolerantes a temperaturas altas, chegando a confirmar uma aceitação a 31 °C para edifícios sem ar condicionado. A pesquisa de DEAR (1994) conclui que devido a descobertas significativas na sensibilidade térmica, aceitabilidade e preferência por movimento de ar de pessoas aclimatadas a climas quentes e úmidos, a norma ANSI/ASHRAE 55-92 deve ser revisada antes de ser adotá-la como norma internacional

A Figura 2.3 apresenta o resumo dos limites de temperaturas aceitáveis para o interior das principais metodologias estudadas nesta revisão bibliográfica.



**Figura 2.3 - RESUMO DOS LIMITES DE TEMPERATURA ACEITÁVEIS NAS PRINCIPAIS METODOLOGIAS ESTUDADAS**

Os limites da norma ASHRAE são muito restritos e foram definidos para ambientes com ar condicionado. Givoni evoluiu para um intervalo mais largo de limites, admitindo temperaturas cada vez mais altas para o limite máximo. Szokolay se mostra também mais tolerante, tentando estabelecer um acordo entre o clima e as exigências do usuário. Watson & Labs trabalham próximos da linha da ASHRAE. Os experimentos na Tailândia confirmam o método de Givoni que, por sua vez, também toma por base experimentos aplicados em climas quentes. O trabalho do IPT adota um limite mínimo extremo em relação às demais metodologias.

Considerando que a norma da ASHRAE não é adequada para países de clima quente e úmido, considerando que a ISO 7730 foi desenvolvida com base em experimentos com pessoas não aclimatadas a climas quente e úmido e, considerando que os experimentos realizados em climas quente e úmidos comprovam uma maior tolerância às temperaturas mais altas com limite máximo chegando até a 31 °C, a zona de Givoni para países em desenvolvimento e de clima quente, foi adotada como base para a proposta de Metodologia de avaliação de conforto térmico que se pretende

desenvolver no presente trabalho. Apesar da metodologia de Szokolay também abranger uma faixa de temperaturas quase igual à zona de conforto de Givoni, esta não foi aproveitada como base para o trabalho, por ser uma zona de conforto flutuante e não fixa, que depende do valor das temperaturas médias de verão e inverno da região de estudo o que seria dificultoso para a proposição da metodologia objeto do trabalho.

#### ☐ **Quanto ao tratamento de dados climáticos**

O tratamento de dados climáticos constitui uma etapa concreta de trabalho a ser realizado, pelo fato de ainda não se dispor de dados tratados para uso na edificação. A revisão bibliográfica indica o uso de dados climáticos horários de um ano inteiro, como a opção de modelo de representação climática mais adequada para se obter resultados mais completos em simulações de desempenho térmico de edificações.

Para o trabalho que se segue a esta revisão bibliográfica, a representação climática será efetuada através de arquivo climático com dados horários de um período anual, tipo TRY, conforme o modelo demandado pelo manual do *software* COMFIE.

#### ☐ **Quanto às ferramentas para simulação de desempenho térmico em edificações**

Com relação às ferramentas para simulação de desempenho térmico em edificações, as mais recentes são aquelas que permitem a modelagem de elementos de sombreamento e obstruções externas, além de trabalhar com arquivo climático com dados horários anuais. O programa COMFIE foi utilizado como ferramenta de simulação de desempenho térmico para este projeto, porque permite uma análise para o ano inteiro, permite a modelagem de elementos de sombreamento e obstruções externas, e encontra-se, disponível em versão para microcomputador.

O programa ARQUITROP não foi utilizado porque se limita ao cálculo de um só dia. O DOE não foi utilizado porque os resultados são direcionados para a energia consumida em climatização artificial. O ESP não foi utilizado porque ainda não existe versão para micro computador e sua operação em estação de trabalho ainda requer um longo treinamento. Os demais modelos não foram utilizados porque não estavam disponíveis ou apresentavam dificuldades para operação nas condições existentes para o desenvolvimento deste trabalho. Entretanto, poderia ser utilizada qualquer outra ferramenta que permitisse simulações horárias de um ano inteiro.

## 3. LEVANTAMENTO DE DADOS

### 3.1 - INTRODUÇÃO

Esse capítulo trata de todo levantamento, tratamento e processamento de dados de campo que foram necessários à realização da pesquisa cujo objetivo geral foi propor uma Metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares.

Inicialmente, foram coletados dados sobre os sistemas construtivos utilizados na edificação de habitações populares em todo o Brasil, no intuito de identificar uma tipologia representativa para operar como referência no trabalho de parametrização térmica.

Como segundo item, foram levantados os dados climáticos, coletados nas fontes disponíveis com dados da cidade de Londrina, tendo por objetivo a elaboração dos arquivos climáticos demandados pelo *software* selecionado para as simulações de desempenho térmico.

O terceiro item de dados coletados, foram os referentes às cinco unidades habitacionais selecionadas para estudo, onde foram levantados o micro clima interno e sensação térmica dos seus usuários nos períodos de verão e inverno. Objetivou-se, com os dados coletados, fazer um reconhecimento do desempenho térmico das tipologias construtivas adotadas pela COHAB em Londrina-PR a partir de medição no local, calibrar a curva de temperaturas medida e simulada no interior através do *software* selecionado para as simulações, e confirmar a zona de conforto a ser utilizada na metodologia proposta no trabalho.

### 3.2 - IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DAS TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS ADOTADAS EM 27 COMPANHIAS DE HABITAÇÃO POPULAR

#### 3.2.1 - INTRODUÇÃO

O objetivo específico desse levantamento, constituiu-se na determinação das características físicas das tipologias construtivas nas várias regiões do Brasil, no que diz respeito à produção de habitação popular. Pretendeu-se, com a identificação dessas características, obter-se uma representação da realidade a ser trabalhada, como referência para a montagem da Metodologia de especificação e avaliação do desempenho térmico desse padrão de edificação.

A coleta de dados foi realizada através de questionários encaminhados às 40 Companhias de Habitação Popular (COHABs) existentes no Brasil. Os questionários foram enviados através da COHAB de Londrina PR, em duas etapas.

A primeira distribuição dos questionários foi realizada em dezembro de 1993 nesta etapa 15 Companhias responderam ao questionário. Na segunda etapa reiterou-se o encaminhamento dos questionários para as Companhias que não haviam respondido, obtendo-se mais 12 retornos. Dessa forma, 27 Companhias de Habitação responderam ao questionário, com um resultado de 67,5% de retorno.

As Companhias de Habitação que responderam ao questionário foram: Acre, Pará, Rondônia, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Minas Gerais, Volta Redonda, Rio Urbe, São Paulo, CDHU-SP, Campinas, Bandeirantes, Baurú, Ribeirão Preto, Araçatuba, Paraná, Curitiba, Londrina, Santa Catarina, Porto Alegre, Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Goiânia, Brasília.

Os questionários encaminhados às COHABs coletaram informações sobre a tipologia construtiva nas regiões, antes e após a extinção do BNH, ou seja, décadas de 60/70 e 80/90, respectivamente.

As questões argüidas, referiam-se a:

1. **ÁREA MÉDIA DE CONSTRUÇÃO:** por unidade habitacional;
2. **COBERTURAS:** tipo de material, espessura, inclinação, tipo de estrutura, existência e comprimento de beiral;
3. **FORRO:** existência, tipo de material, espessura e cor de forro;
4. **PAREDES:** tipo de material constituinte e espessura de paredes; tipo de material, espessura e cor de revestimento, acabamento interno e externo das mesmas;

5. JANELAS: área média, tipo de material opaco e transparente, tipo de caixilho e existência e tipo de proteção solar de janelas.

Com exceção da COHAB São Paulo, cuja prática tem sido a edificação de unidades coletivas, as demais Companhias de Habitação responderam ao questionário com referência a edificações de habitações unifamiliares térreas.

Os resultados dos questionários foram tabelados para a obtenção de uma visão geral e comparativa entre as respostas de cada companhia. As respostas foram organizadas por itens dos questionários, para as décadas de 60/70 e 80/90. Nas tabelas constam as Companhias de Habitação que responderam ao questionário, por região. Os itens sem respostas nas tabelas correspondentes ao período de 60/70, são referentes às COHABs que iniciaram o seu funcionamento após este período, como: *Rondônia, Rio Urbe, Araçatuba e Campo Grande*. Cada tabela apresenta ao final um resumo com os valores médios dos itens quantificáveis; os mais freqüentes (máximos) e menos freqüentes (mínimos) dos itens qualificáveis e/ou quantificáveis; e a porcentagem referente aos valores máximos ou mais freqüentes. As tabelas com estes dados se encontram no anexo 1.

A porcentagem dos valores máximos ou mais freqüentes foi considerada para a composição da tipologia construtiva representativa na conclusão deste levantamento. A seguir, tem-se a descrição dos resultados obtidos através do levantamento.

### 3.2.2 - ÁREA DE CONSTRUÇÃO

Os resultados obtidos para área de construção foram analisados de acordo com as décadas (60/70 e 80/90), obtendo suas médias, e os valores máximo e mínimo encontrados em cada período, e o respectivo local de ocorrência foram:

Nas décadas de 60/70, a média da área de construção foi de 40,10m<sup>2</sup>, sendo que o valor máximo para esse período foi registrado em Curitiba - PR (50,00 m<sup>2</sup>) e o valor mínimo em Sergipe, Pernambuco e Paraíba (27,00 m<sup>2</sup>).

Nas décadas de 80/90, a média da área de construção foi de 33,82 m<sup>2</sup>, sendo que o valor máximo para esse período no Paraná foi de 48,30 m<sup>2</sup> e o valor mínimo no Acre 21,00 m<sup>2</sup>.

A partir dos dados obtidos, pode-se observar que os valores médios da área

de construção por unidade habitacional sofreram uma redução de 6,28 m<sup>2</sup> da década de 60/70 para a de 80/90, ou seja, uma queda de 12,56%.

Apenas nas COHABs de Goiânia, Paraná e Paraíba, a área média de construção por unidade habitacional cresceu. Em Porto Alegre, Minas Gerais e Sergipe os valores médios de áreas de construção permaneceram estáveis. Nas demais COHABs este valor decresceu.

### 3.2.3 - COBERTURAS

Os resultados correspondentes às características das coberturas confirmaram que as coberturas no período de 60/70, em sua maioria, adotaram as telhas cerâmicas de cor vermelha, com espessura na faixa de 8 a 10 mm. O sistema estrutural mais utilizado foi o de madeira e o tipo de inclinação foi em duas águas. O comprimento máximo do beiral foi de 60 cm, encontrado mais na região Sul. O comprimento mínimo de beiral foi de 30 cm, encontrado em Goiânia e São Paulo.

No período de 80/90, o sistema estrutural e o tipo de inclinação mais adotados para as coberturas continuaram idênticos ao período de 60/70. Entretanto, o comprimento máximo do beiral cresceu para 80 cm no Pará, sendo que o comprimento mínimo continuou sendo de 30 cm em São Paulo, Goiânia e Rio de Janeiro (RIO URBE).

### 3.2.4 - FORRO

Os resultados das características de forro mostraram que a existência deste não foi muito expressiva no período de 60/70, ocorrendo mais na região Sul. O material utilizado variou entre madeira, laje pré moldada e placas reconstituídas ou aglomeradas. A espessura variou entre 8 e 10 cm para laje e 1 cm para madeira.

A não existência de forro continuou predominando no período de 80/90. As ocorrências maiores se registraram nas regiões Sudeste e Sul, onde o material se alternou entre laje pré moldada e madeira. A espessura variou entre 12 cm para a laje e 1 cm para madeira.

### 3.2.5 - PAREDES

Os resultados obtidos sobre as características de paredes, revelaram que a maioria das Companhias de Habitação adotou, no período de 60/70, a alvenaria de tijolos cerâmicos, com espessura variando entre 8 e 15 cm (média de 11 cm). Algumas exceções foram encontradas, na Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo, onde sempre foi adotada a alvenaria de blocos de concreto.

O acabamento interno mais comum utilizado foi o reboco paulista, com espessura entre 1,5 e 2,5 cm. Entretanto, foram constatados outros acabamentos, como uma simples caiação sobre a alvenaria ou o próprio tijolo aparente. O acabamento externo, na maioria, é igual ao acabamento interno (reboco paulista), com a mesma espessura, tanto interna como externamente. Ocorreu também o uso do bloco aparente, onde a parede permanece sem revestimento. Um exemplo foi o caso da COHAB São Paulo, onde a alvenaria é de blocos de concreto sem revestimento, tendo somente uma pintura interna e externa. As cores claras foram as mais adotadas internamente, principalmente o branco, e no exterior repetem-se sempre as cores do interior.

No período de 80/90, as paredes são mais freqüentemente construídas em alvenaria de tijolo cerâmico, aparecendo algumas em blocos de concreto, sendo que a espessura variou entre 8 e 15 cm (média de 11cm), igualmente ao período anterior.

No acabamento interno são usados o reboco paulista e a argamassa mista bem como caiação simples ou tijolo aparente. O acabamento externo se repete igual ao acabamento interno. A espessura de acabamento não se alterou entre as épocas pesquisadas. A cor branca foi predominante interna e externamente, como no período anterior.

### 3.2.6 - JANELAS

As áreas das janelas no período de 60/70, variaram entre 0,80 m<sup>2</sup> e 1,60 m<sup>2</sup>. A menor área apareceu em Minas Gerais e a maior em Volta Redonda. O tipo de janela mais comum foi o basculante com caixilho de ferro. O material opaco, quando existe, é de madeira, principalmente.

Com exceção do Piauí, que não utilizou material transparente, as demais Companhias Habitacionais adotaram vidro como material transparente. As proteções solares não são adotadas, exceto em Pernambuco e Baurú, onde aparecem proteções horizontais.

No período de 80/90, as áreas das janelas não tiveram alteração significativa, a área média passou de 1,11 m<sup>2</sup> no período anterior, para 1,17m<sup>2</sup> no período mais recente. O tipo de janela mais usado continuou sendo o basculante; entretanto, surgiu o tipo de correr competindo em segundo lugar, e observa-se que este último não era muito usado no período anterior. O material opaco quando existe é de madeira ou metálico. Para este período o Piauí continuou sendo o único a não adotar material transparente em seus tipos de unidades habitacionais mais construídos. As proteções solares continuaram não sendo adotadas, com exceção de Pernambuco e Baurú, onde aparecem proteções horizontais. É provável que esta proteção seja o próprio beiral.

### 3.2.7 - CONCLUSÃO

Tomando-se por base a área e os elementos construtivos mais freqüentemente utilizados no período de 1980/1990, entre as 27 Companhias habitacionais que responderam ao questionário, montou-se, baseada na média dos dados levantados, uma tipologia construtiva representativa da habitação popular unifamiliar mais construída no Brasil atualmente, a qual pode ser descrita com as seguintes características:

1. A área de construção é de aproximadamente 34,00m<sup>2</sup>;
2. A cobertura em telha cerâmica vermelha é a que mais aparece, com 74,07% de uso. A espessura média da telha é de 0,011 m, o beiral tem comprimento médio de 0,50 m, a estrutura de madeira é a mais utilizada (86,95%) e a forma da cobertura em duas águas é a mais freqüente com 96,29% de ocorrência;
3. O forro é inexistente em 70,37% das unidades construídas pelas COHABs. Entretanto, nas regiões Sudeste e Sul onde mais se a ocorrência do forro é mais freqüente, o material mais usado é a laje pré moldada, com espessura média de 0,07m;
4. As paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos são as mais usadas em 92,31% dos casos. O acabamento interno e externo composto de emboço

e reboco, tem espessura média de 0,02 m. A pintura na maioria (em mais de 72,00%) é branca dos dois lados. A espessura total média é de 0,11m.

5. As janelas têm área média em torno 1,20 m<sup>2</sup>, sendo em sua maioria do tipo basculante, com caixilho de ferro, aparecendo em 55,55% dos casos. O vidro é simples e sem proteção, com 90,00% de ocorrência.

A Tabela 3.1 apresenta, resumidamente, a tipologia construtiva representativa da habitação popular unifamiliar mais construída no Brasil.

**TABELA 3.1 -** CARACTERÍSTICAS DA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA REPRESENTATIVA CONFORME A PESQUISA REALIZADA EM 27 COMPANHIAS DE HABITAÇÃO, REFERENTE AO PERÍODO 1980/1990.

<b>1 - Área média de construção</b>	Aproximadamente 34.00 m <sup>2</sup>
<b>2 - Cobertura</b>	Cobertura em telha cerâmica vermelha, com espessura de 0.01 m, beiral de 0.50 m, estrutura de madeira e inclinação em duas águas.
<b>3 - Forro</b>	Somente para as regiões Sudeste e Sul, Em laje pré moldada de 0.10 m de espessura. Nas demais regiões, sem forro.
<b>4 - Paredes</b>	Paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos com acabamento interno e externo de reboco paulista com 0.02 m de espessura, e pintura branca dos dois lados. A espessura total é entre 0.11m a 0.15 m.
<b>5 - Janelas</b>	As janelas têm área média de 1.20 m <sup>2</sup> , são do tipo basculante com caixilho de ferro, vidro simples e sem proteção.

Para a tipologia representativa, foram feitos os cálculos: de transmitâncias térmicas dos principais elementos construtivos; relações entre as áreas médias de janela e áreas de fachada e entre as áreas totais de aberturas para ventilação e área de construção. Os cálculos de transmitância térmica foram feitos de acordo com a Metodologia descrita em LAMBERTS (1996b). Para o cálculo da relação entre a área de janela e a área da fachada, considerou-se uma parede média de 2,80 x 2,50 m<sup>2</sup>, sendo que esta relação foi feita para todas as áreas médias de janelas constante nas respostas dos questionários. Para a relação entre área total de aberturas por área de construção, considerou-se as áreas médias de janelas respondidas por cada COHAB, multiplicada por três como sendo a área total de aberturas por unidade habitacional e este valor foi dividido pelas respectivas áreas de construção respondida por cada COHAB, conforme a

Tabela 3.2.

**TABELA 3.2 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA REPRESENTATIVA CONFORME A PESQUISA REALIZADA E DETALHADA NAS TABELAS DO ANEXO 1**

Elemento	U (W/m <sup>2</sup> K)
1 - Cobertura com forro (laje pré-moldada na região Sul)	Fluxo descendente: 1,73 W/m <sup>2</sup> K Fluxo ascendente: 2,39 W/m <sup>2</sup> K
2 - Cobertura sem forro (nas demais regiões)	Fluxo descendente: 4,52 W/m <sup>2</sup> K Fluxo ascendente: 6,62 W/m <sup>2</sup> K
3 - Paredes	2,31 W/m <sup>2</sup> K
4 - Janelas	5,79 W/m <sup>2</sup> K
Relação área de janela/área de fachada (WWR)	0,12 a 0,23
Relação área de aberturas/área de construção	0,06 a 0,12
	Média 0,088
	Desvio Padrão 0,02

A Tabela 3.3 apresenta um resumo dos valores de limites aceitáveis para transmitâncias térmicas, específicos para coberturas, paredes e janelas, de acordo com BARBOSA (1993b). Esses limites são fixados por algumas normas estrangeiras, com relação às suas respectivas regiões e climas e o documento preliminar elaborado pelo IPT para o BNH em 1981.

**TABELA 3.3 - RESUMO GERAL DOS VALORES DE TRANSMITÂNCIAS TÉRMICAS PARA ALGUMAS NORMAS ESTRANGEIRAS E ESTUDO IPT/ NO BRASIL**

Elementos Construtivos				
NORMA	Coberturas	Paredes	Janelas	Limites
Transmitância U (W/m <sup>2</sup> K)				
Argentina	2.44	2.90	-	Máx.
	0.31	0.39		Mín.
Califórnia	0.44	3.92	6.98	Máx.
	0.21	0.36	4.08	Min.
Espanha	1.40	2.00	-	Máx.
	0.70	0.80	-	Min.
França	0.31	0.73	-	Máx.
	0.15	0.33		Min.
Inglaterra	0.25	0.60	5.70	Máx.
	0.25	0.45	2.00	Min.
Jamaica	1.08	3.01	4.60	Máx.
	0.57	não especific.	2.61	Min.
Portugal	1.24	1.80	-	Máx.
	0.90	1.45	-	Min.
IPT/BNH	4.20	5.30	-	Máx.
	1.00	1.00	-	Min.

Comparando-se os valores de transmitâncias térmicas da tipologia representativa com os valores limites das normas da Tabela 3.3, observa-se que a cobertura com forro encontra-se dentro dos limites admitidos apenas pela norma da Argentina e pelo estudo IPT/BNH. As coberturas sem forro não se encaixam dentro dos limites de nenhuma norma ou estudo. No caso das paredes, o valor de transmitância está dentro dos limites das normas da Argentina, Califórnia, Jamaica e do estudo IPT/BNH. Para as janelas a transmitância se encontra dentro dos limites estabelecidos pela norma da Califórnia. A relação área de abertura por área de construção máxima está dentro das normas europeias cuja preocupação é minimizar as perdas e, para isto, reduzem o tamanho das aberturas em suas normas. A norma portuguesa limita esta relação até 0,15 para unidades menores que 300m<sup>2</sup>, conforme CARVALHO (1991). O método elementar, utilizado na Inglaterra, para habitações, não pode ser aplicado para unidades, cuja relação entre área de aberturas e área de construção excede o valor 0,15, conforme

ANDERSON (1990). Acima desse valor, a edificação deve ser avaliada por outros métodos e critérios. Entretanto, a norma Argentina admite uma relação entre área de aberturas e área de construção de até 0,20, dependendo da orientação e do tipo de sombreamento, segundo IRAM 11605 (1980).

Observa-se, nessa comparação, que as aberturas da tipologia representativa da COHAB poderia ter uma área maior.

Embora existam diferenças nos climas, os limites das normas dos outros países e regiões permitem um balizamento para verificação das discrepâncias, e podendo indicar o direcionamento para os ajustes mais adequados às variações do nosso clima na determinação dos limites de transmitância de elementos construtivos.

Esta tipologia construtiva, definida como representativa da habitação popular mais construída no Brasil, será denominada neste trabalho como *casa COHAB padrão, ou referencial cultural*, e será adotada como referencial, para a determinação dos limites mínimos aceitáveis para o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, com o mesmo propósito adotado por TURIK (1990), que considerou a casa COHAB tipo RS 16-I. 3-42, como padrão de referência por ser a mais construída no Rio Grande do Sul. Em sua pesquisa, Turik procurou apontar uma metodologia com base nas técnicas construtivas convencionais conhecidas e aceitas pelos usuários, com o objetivo de evitar os obstáculos entre os meios técnicos, políticos e o usuário final, e facilitar a aplicabilidade da metodologia, partindo do usual conhecido.

Pretende-se, portanto, partindo da tipologia construtiva, definida como *casa COHAB padrão*, proceder um estudo através de simulações térmicas, para conhecer o seu desempenho térmico e quantificá-lo com relação à zona de conforto a ser adotada como base para a elaboração da metodologia objeto deste trabalho.

Os elementos construtivos desta tipologia construtiva serão traduzidos em parâmetros térmicos, os quais especificarão os limites mínimos aceitáveis.

### 3.3 - DADOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE LONDRINA

#### 3.3.1 - INTRODUÇÃO

Esse item trata da coleta e tratamento dos dados necessários para a preparação dos arquivos climáticos a serem utilizados pelo programa simulador de desempenho térmico adotado como ferramenta para o desenvolvimento deste trabalho.

Os critério principal, utilizado para selecionar a ferramenta de simulação, foi a adoção de arquivo climático de dados horários de um período anual, com o objetivo de se analisar os resultados das simulações para o ano inteiro e não somente para um dia típico por estação. O programa COMFIE foi selecionado por fazer parte da geração de sistemas que adotam informações horárias de um período anual como dados de entrada, representando o clima local, cumprindo assim, com a exigência principal do critério adotado nesta seleção e por estar disponível para ser utilizado em versão para microcomputador tipo PC.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi necessária a montagem de dois arquivos climáticos: o primeiro arquivo climático (LNA.TRY), foi preparado com os dados do ano de 1994, ano real, no qual foi medido o desempenho térmico das cinco unidades habitacionais em estudo; e o segundo arquivo (LON.TRY), foi preparado com os dados do ano climático de referência (TRY), de Londrina, para o período de 1979 a 1990, sendo para este período o ano de 1986 identificado como ano climático de referência.

### 3.3.2 - ESTRUTURA DOS ARQUIVOS DE DADOS CLIMÁTICOS (TRY) PARA SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO PROGRAMA COMFIE

Na elaboração do arquivo climático, o nome do arquivo deve ser XYZ.TRY, onde XYZ é a identificação do local e TRY (Test Reference Year) é a extensão que o programa COMFIE identifica como arquivo climático, de acordo com PEUPORTIER (1992). O período de dados para compor o arquivo pode ser menor que 52 semanas, mas tem de ser um número inteiro de semanas e o primeiro dia deve ser sempre o dia primeiro de janeiro. O período de simulação não tem que, necessariamente, corresponder ao período do arquivo climático, mas a primeira e a última semanas, consideradas no cálculo, devem ser identificadas antes da simulação.

Para composição do arquivo climático demandado pelo programa COMFIE, são necessárias informações para as 8760 horas do ano climático de referência, com relação aos tipos de dados listados na tabela 3.4. Essas informações horárias devem ser organizadas em um arquivo com o formato apresentado nas terceira e quarta colunas da Tabela 3.4, para cada linha.

TABELA 3.4 - FORMATO DO ARQUIVO PARA TRY (COMFIE)

Posição	Tipo de Dados e Unidade	Formato	Obs.
1	Identificação	3 a	(1)
2	Temperatura de bulbo seco (0,1°C)	4 i	(2)
3	Radiação global horizontal (J/cm <sup>2</sup> )	4 i	(2)
4	Radiação difusa do céu (J/cm <sup>2</sup> )	4 i	(2)
5	Radiação direta normal (J/cm <sup>2</sup> )	4 i	(2),(3)
6	Duração de brilho solar (minutos)	4 i	(2),(4)
7	Umidade relativa (%)	3 i	(2)
8	Velocidade de vento (0,1 m/s)	3 i	(2),(4)
9	Mês	2 i	
10	Dia	2 i	
11	Hora (1 - 24)	2 i	

Fonte: (PEUPORTIER 1992).

As indicações na coluna “Formato” da tabela têm os seguintes significados: (3 a) 3 letras - ex.: LON (Londrina); (4 i) um inteiro com quatro números; (3 i) um inteiro com três números; e (2 i) um inteiro com dois números.

As observações entre parênteses na última coluna significam: (1) Três letras indicando o local - ex.: LON (Londrina); (2) O valor é dado para a hora precedente – a primeira hora contém o valor médio entre 0h e 1h; (3) Se não for acessível, pode ser substituído por quatro espaços em branco; (4) Este valor nunca é usado no COMFIE. Se não for viável, pode ser substituído por espaços em branco.

### 3.3.3 - DISPONIBILIDADE DE DADOS CLIMÁTICOS PARA A CIDADE DE LONDRINA/PR

Para o preenchimento das 8760 linhas de dados que compõem os arquivos

climáticos do tipo TRY, foi necessário buscar, nas fontes disponíveis, os dados climáticos de Londrina.

Londrina dispõe de duas fontes de dados climáticos:

- ❑ O sistema de dados meteorológicos do aeroporto, administrado pela Empresa Telecomunicações Aeronáuticas S/A - TASA, vinculada ao Ministério da Aeronáutica, que administra em Londrina todas as informações meteorológicas de interesse para a aeronáutica.
- ❑ Estação agro meteorológica do Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR. instituição de pesquisa que mantém 23 sedes distribuídas em todo o Estado formando uma rede de estações meteorológicas que coleta dados de interesse para a agricultura.

A descrição detalhada sobre o funcionamento e o tipo de dados meteorológicos coletados pelas estações do aeroporto e do IAPAR se encontram no Anexo 2.

O Banco de Dados Meteorológicos do Estado do Paraná digitaliza os gráficos das estações do IAPAR – que estão distribuídas por todo o Estado – e gera dados horários de temperatura, ventos, radiação solar e precipitação. Esse é um trabalho conjunto do Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM), da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e da Companhia Paranaense de Energia (COPEL), que realiza uma pesquisa de aquisição de dados manuais e digitalizados, através do sistema DIG-DMH (Digitalização de Dados Meteorológicos Horários), conforme FREITAS (1991).

Os dados horários do Banco de Dados Meteorológicos do Estado do Paraná, disponíveis para esta pesquisa através da COPEL, constaram de temperatura de bulbo seco, velocidade e direção de vento, precipitação e radiação global horizontal, para o período de 1979 a 1990.

Para o ano de 1994, a COPEL forneceu os dados horários de temperatura, velocidade e direção de ventos, gerados pelo sistema DIG DMH, mas os dados de radiação não foram fornecidos, devido a uma deficiência no programa utilizado para digitalização das curvas de radiação.

### 3.3.4 - DETERMINAÇÃO DO TEST REFERENCE YEAR (TRY) PARA LONDRINA

Com os dados horários do período de 1979 a 1990, gerados pelo sistema DIG DMH, foi possível identificar o ano climático de referência desse período, conforme a metodologia adotada em GOULART (1993), e descrito no item 2.4.1 do capítulo 2 (Revisão Bibliográfica).

Na determinação do ano climático de referência para Londrina/PR, foram utilizados dois tipos de dados: os dados horários de temperaturas digitalizados, do período de 1979 a 1990, e os dados dos resumos anuais de temperaturas médias mensais compensadas, do período de 1979 a 1990, calculadas a partir das tomadas realizadas às 9h e às 21h na estação agrometeorológica de Londrina, as quais são publicadas anualmente pelo IAPAR. Os dois cálculos foram feitos para identificar alguma diferença entre os tipos de dados. Entretanto o resultado foi o mesmo para os cálculos feitos com os dois tipos de dados. Assim, o ano climático de referência identificado foi o ano de 1986 para os dois cálculos realizados, conforme a metodologia adotada.

A seqüência de meses, em ordem de importância de temperaturas extremas, para determinação do ano climático de referência em Londrina (período de 1970 a 1990), encontra-se representada na Tabela 3.5:

**TABELA 3.5 - SEQÜÊNCIA DE MESES DE IMPORTÂNCIA PARA O TRY DE LONDRINA**

1. Fevereiro + Quente	13. Fevereiro + Frio
2. Julho + Frio	14. Julho + Quente
3. Janeiro + Quente	15. Janeiro + Frio
4. Junho + Frio	16. Junho + Quente
5. Dezembro + Quente	17. Dezembro + Frio
6. Maio + Frio	18. Maio + Quente
7. Março + Quente	19. Março + Frio
8. Agosto + Frio	20. Agosto + Quente
9. Novembro + Quente	21. Novembro + Frio
10. Setembro + Frio	22. Setembro + Quente
11. Abril + Quente	23. Abril + Frio
12. Outubro + Frio	24. Outubro + Quente

A Tabela 3.6 apresenta os dados médios mensais do ano de 1986,

identificado como o ano climático de referência representativo do período de 1979 a 1990, para a cidade de Londrina.

**TABELA 3.6 - VALORES MÉDIOS MENSAIS DO ANO 1986, IDENTIFICADO COMO O ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA PARA O PERÍODO DE 1979 A 1990**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temp. med.máx. (°C)	30,6	28,8	28,9	28,6	24,6	24,0	23,0	24,0	25,8	29,0	30,4	28,6
Temp. med. comp (°C)	24,9	23,3	22,9	22,4	19,1	17,3	16,2	18,4	19,6	22,0	24,1	23,3
Temp. med.mín. (°C)	20,2	19,7	18,5	17,7	15,2	11,5	10,7	13,9	14,2	15,7	18,5	19,5
Direção de ventos.	E	E	E	E	NE	E	E	NE	E	E	E	E
Vel. (m/s)	2,4	2,0	2,2	2,4	2,0	2,1	2,6	2,1	3,0	2,8	3,2	2,4
UR (%)	73	81	80	72	81	72	69	71	64	57	62	79
Horas de Insolação	231,1	159,5	210,1	256,8	178,7	266,8	228,5	180,5	208,1	260,7	227,2	173,

### 3.3.5 - CONSIDERAÇÕES SOBRE AS DIFICULDADES NA OBTENÇÃO DE DADOS PARA PREPARAÇÃO DOS ARQUIVOS CLIMÁTICOS

Devido à indisponibilidade da totalidade dos dados horários, necessários para a composição dos arquivos climáticos no sistema DIG DMH, não foi possível compor os arquivos climáticos para 1986 e 1994 só com esta fonte de dados.

Uma outra forma para gerar dados horários e compor os arquivos seria a partir diretamente das curvas do higrógrafo e do actinógrafo da estação meteorológica do Instituto Agrônomo (IAPAR). Esta opção foi descartada devido a inviabilidade de se extrair manualmente 8760 dados dos gráficos. Entretanto, para o arquivo de 1994 esta opção foi adotada para os dias de interesse.

Os cálculos de umidade relativa, a partir das leituras dos registros manuais realizados às 9h, 15h e 21h nos termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido, poderiam ser utilizados e permitir a geração de dados nos demais horários. Todavia, percebeu-se uma diferença entre a umidade relativa, calculada a partir das leituras de tbs e tbu e o registro gráfico de umidade relativa coletado no higrógrafo de cabelo. Como a leitura no

termômetro de bulbo úmido não é feita com dispositivo para aspiração, esta diferença provavelmente se dê pela ausência de ventilação forçada no termômetro de bulbo úmido no momento das leituras. Assim, as umidades relativas, calculadas a partir das leituras nos termômetros de bulbo seco e bulbo úmido, foram descartadas. Dessa forma, considerou-se, como fonte para a composição dos dados horários de umidade relativa para o arquivo de 1994, os dados do gráfico do higrógrafo de cabelo do IAPAR.

A segunda fonte de dados, o aeroporto de Londrina, somente poderia fornecer dados horários de temperatura e umidade para a composição do arquivo climático do ano de 1994, pois, em 1986, a coleta de dados no aeroporto ainda não funcionava em regime de 24 horas por dia.

A administradora das informações do aeroporto – Empresa Telecomunicações S/A – tem sua assessoria comercial sediada no Rio de Janeiro, onde poderiam ser obtidos os dados horários. Entretanto, a falta de recursos financeiros disponíveis, na pesquisa, inviabilizou a aquisição destes dados.

Ficariam faltando, ainda, os dados de radiação do ano de 1994, que não são coletados pelo aeroporto nem se encontram digitalizados pela COPEL. Porém esta dificuldade foi contornada extraindo-se os valores horários das curvas do actinógrafo do IAPAR para os dias de maior interesse, e repetindo-se estes valores para os demais dias.

Em resumo, para compor o TRY de 1986 dispôs-se de dados horários de temperatura, radiação global em ( $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hora}$ ), velocidade em ( $\text{m}/\text{s}$ ) e direção de ventos em arquivo, fornecidos em disquete pela COPEL, porém os dados de umidade de que se dispôs, estavam ainda em gráficos do higrógrafo de cabelo da estação agrometeorológica do IAPAR.

Para a composição do arquivo de 1994, dispôs-se de dados horários de temperatura, velocidade e direção de ventos, gerados pelo sistema DIG DMH e fornecidos pela COPEL. Entretanto, os dados de radiação e umidade de que se dispôs encontravam-se ainda em gráficos do actinógrafo e do higrógrafo da estação agrometeorológica do IAPAR em Londrina.

Concluindo as estações meteorológicas existentes no Brasil são montadas com o objetivo de coletar e manter dados de interesse para a agricultura e aeronáutica. O setor da edificação ainda não se estruturou para coletar e manter os dados climáticos de interesse para a construção civil. Portanto, os dados que se dispõe são os dados publicados por empresas e entidades que trabalham nos setores da agricultura e

aeronáutica, sendo necessário uma negociação para obtenção de dados e o seu posterior tratamento para adequação de uso na construção civil.

### 3.3.6 - MONTAGEM DOS ARQUIVOS CLIMÁTICOS LNA.TRY (1986) E LON.TRY (1994)

Os dois arquivos climáticos preparados, receberam as denominações de LNA.TRY para o ano de 1986 e LON.TRY para o ano de 1994. Estes arquivos são compostos de dados da temperatura, radiação global, direta e difusa, duração de bulbo solar, velocidade de ventos, umidade relativa, mês, dia e hora.

A montagem do arquivo do ano de 1986, (LNA.TRY) foi feita a partir dos dados de temperaturas, radiação global, e velocidade e direção de ventos horários, gerados pelo programa DIG DMG, fornecidos pela COPEL. Os dados de radiação direta e difusa foram obtidos a partir da radiação global, sendo a difusa calculada como 20% da global e a direta calculada como 80% da global. Para umidade relativa, em razão de não se dispor de dados horários em nenhuma fonte, foram adotados os seguintes critérios: para cada mês, o valor médio mensal fornecido pelo boletim do resumo anual, emitido pelo IAPAR de Londrina, foi repetido para todas as horas. Assim, para cada mês, a umidade relativa foi considerada a mesma em todas as horas.

A montagem do arquivo climático correspondente ao ano de 1994, nomeado de LON.TRY, foi feita a partir dos dados horários do ano inteiro de temperatura, velocidade e direção de ventos, gerados pelo programa DIG DMG, fornecidos pela COPEL. Os dados de radiação global foram extraídos manualmente dos gráficos do actinógrafo da estação agrometeorológica do IAPAR de Londrina. Nesse caso, foram extraídos dados numéricos dos gráficos somente dos 18 dias em que foi feita a coleta de dados nas casas em estudo, e de mais 3 dias antes de cada dia de coleta de dados. Para os demais dias, os dados foram repetidos, até coincidirem com o próximo dia de coleta de dados. Nos meses onde não houve coleta de dados, fez-se também uma repetição tendo-se o cuidado de repetir os meses com semelhança de temperaturas, ou seja, para os meses de abril, maio, agosto e setembro, foram repetidos os dados de junho e julho. Os demais meses foram preenchidos com os dados de fevereiro e março. Após o preenchimento de todas as horas de todos os meses de radiação global, os dados de

radiação direta e difusa foram calculados da mesma forma como para o arquivo LNA.TRY, ou seja, a radiação difusa igual a 20% da global e a direta 80% da global.

Para o arquivo climático de 1994, os dados de umidade relativa foram também extraídos manualmente dos gráficos do higrógrafo da estação agrometeorológica do IAPAR de Londrina. Nesse caso, os procedimentos adotados para a extração dos dados tiveram a mesma seqüência e metodologia dos dados de radiação já citados.

As informações horárias necessárias para os arquivos climáticos, conforme demandado pelo programa COMFIE, referentes aos anos de 1986 e 1994 para Londrina, foram armazenadas em arquivos, onde as primeiras quatro linhas têm a configuração apresentada na Tabela 3.7 que é idêntica para as 8760 linhas seguintes.

**TABELA 3.7 - CONFIGURAÇÃO DOS ARQUIVOS LNA.TRY (1986) E LON.TRY(1994)**  
(EXEMPLO DAS PRIMEIRAS LINHAS)

Identificação	TBS (0,1°C)	RAD. Global. (J/cm <sup>2</sup> )	RAD. Difusa do Céu (J/cm <sup>2</sup> )	RAD. Direta Normal (J/cm <sup>2</sup> )	Duração de Brilho Solar (min)	Umidade Relativa UR%	Vel. v. (0.1 m/s)	Mês	Dia	Hora
LON	218	0	0	0	0	73	17	1	1	1
LON	215	0	0	0	0	80	28	1	1	2
LON	216	0	0	0	0	92	26	1	1	3
LON	211	0	0	0	0	85	31	1	1	4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.3.7 - VISUALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DE TEMPERATURAS NOS ARQUIVOS CLIMÁTICOS

Com os arquivos climáticos LON.TRY (1994) e LNA.TRY (1986), montados para as 8760 horas, foi possível elaborar os gráficos de frequências de temperaturas anuais. Para tanto, foi separada somente a coluna com as temperaturas de bulbo seco, e para estes dados determinou-se a temperatura máxima e a mínima. Para o intervalo entre a máxima e a mínima temperatura das 8760 horas, foi calculada a frequência de temperaturas para intervalos de um em um grau, e montado o gráfico de

barras destas frequências. Os gráficos das Figuras 3.1 e 3.2 são a representação de frequência de temperaturas para os anos de 1986 (ano climático de referência) e 1994 (ano de coleta de dados ), respectivamente.

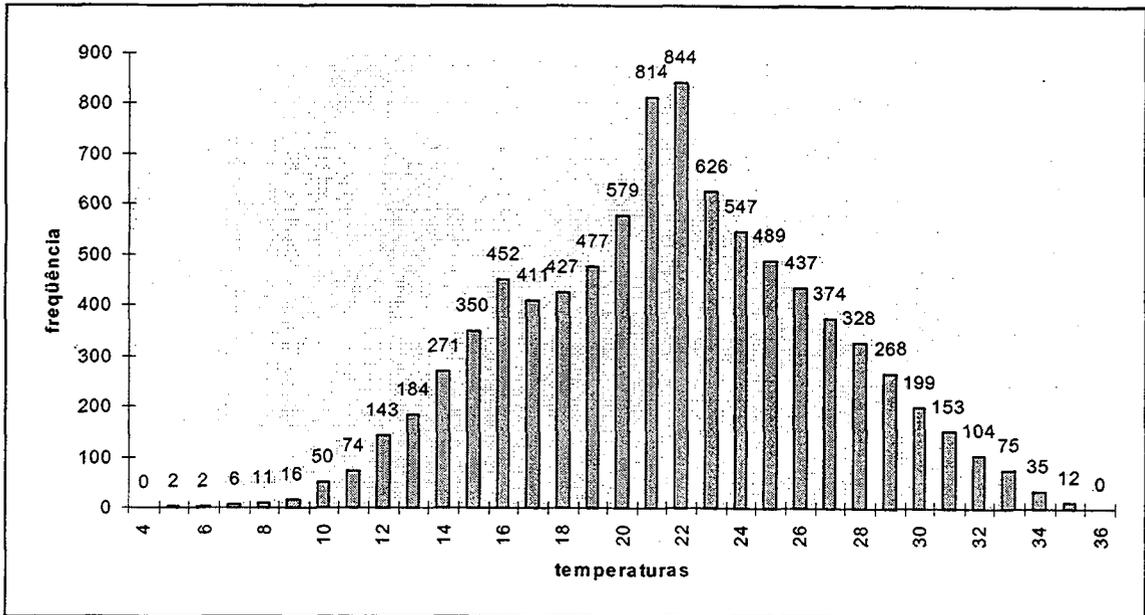


FIGURA 3.1 - NÚMERO DE HORAS DE OCORRÊNCIA DE TEMPERATURAS (EM °C) PARA O ANO DE 1986, EM LONDRINA-PR

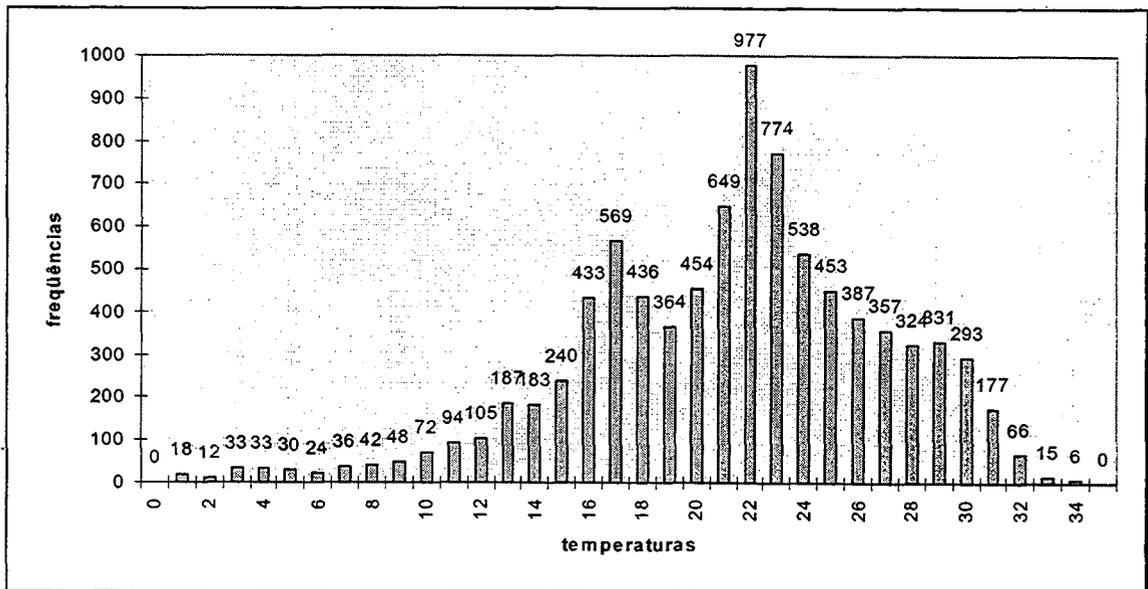


FIGURA 3.2 - NÚMERO DE HORAS DE OCORRÊNCIA DE TEMPERATURAS (EM °C) PARA O ANO DE 1994, EM LONDRINA-PR

Percebe-se que a distribuição de frequências de temperaturas no ano climático de referência (1986) apresenta o perfil de uma distribuição normal, onde a temperatura mais freqüente é de 22°C. Já para a distribuição do ano de 1994, apesar da temperatura mais freqüente ter sido também 22 °C, a distribuição não se apresenta com um perfil normal, confirmando que este não é um ano típico. Nota-se, também, nas distribuições de temperaturas dos dois anos, que é maior a freqüência de temperaturas abaixo do que acima de 22°C.

A distribuição de frequências de temperaturas no ano de 1994 servirá para analisar o desempenho térmico medido nas unidades habitacionais em estudo no mesmo ano. Entretanto a distribuição de frequências de temperaturas no ano climático de referência 1986, servirá como base climática para a proposta de metodologia para avaliação de desempenho térmico a ser desenvolvida neste trabalho.

### 3.4 - LEVANTAMENTO DE DADOS DE DESEMPENHO E CONFORTO TÉRMICO ATRAVÉS DE MEDIÇÕES NO LOCAL

#### 3.4.1 - INTRODUÇÃO

O levantamento de dados de desempenho e conforto térmico *in loco*, foi efetuado em cinco unidades habitacionais padrão COHAB, nos períodos de verão e inverno do ano de 1994, na cidade de Londrina.

Foram selecionadas cinco unidades habitacionais padrão COHAB, tendo cada uma sido edificada em sistemas construtivos diferentes. A diferenciação dos sistemas teve por objetivo abranger várias tipologias construtivas proporcional à prática corrente na região.

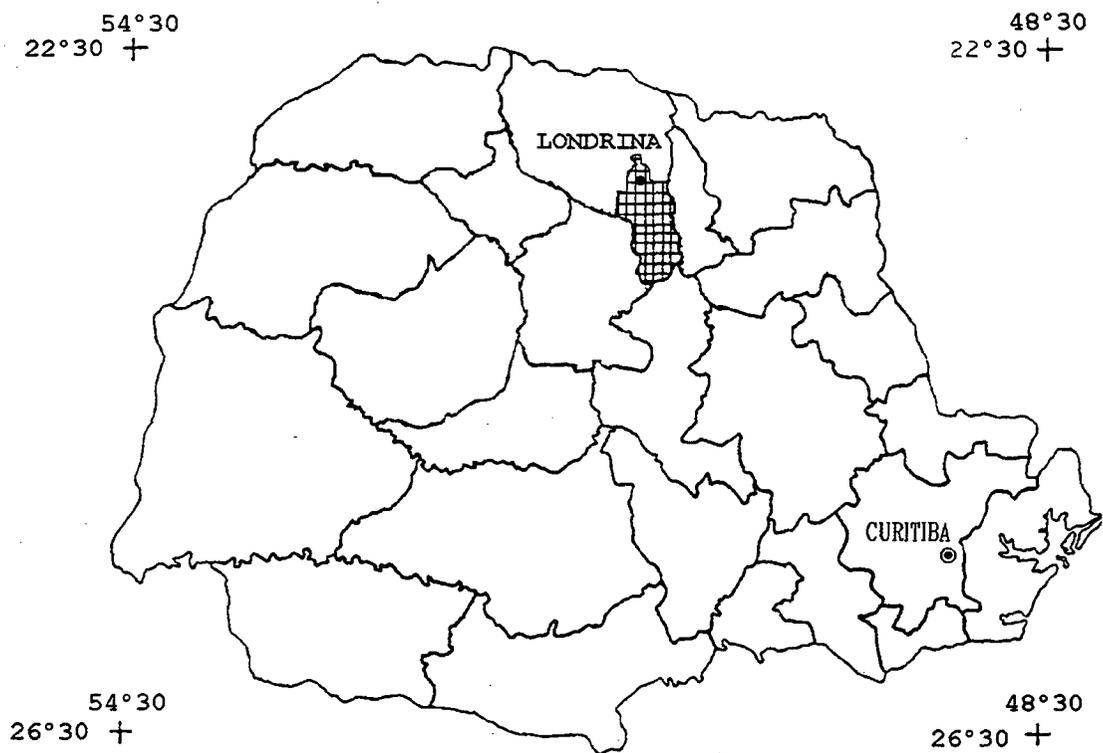
Objetivou-se, na medição *in loco*, proceder um reconhecimento do desempenho térmico das edificações e da sensibilidade térmica de seus usuários dentro do clima da cidade de Londrina. Os resultados foram utilizados como balizamento no desenvolvimento da Metodologia proposta neste trabalho.

O levantamento de dados realizado engloba: alguns dados sobre a cidade de Londrina; o procedimento usado na seleção das unidades habitacionais estudadas; as características físicas de cada unidade selecionada e as características térmicas dos

elementos construtivos das mesmas; o procedimento utilizado na coleta de dados; e os resultados obtidos de temperatura, velocidade do ar interno, e resposta de sensação térmica dos usuários.

### 3.4.2 - CIDADE DE LONDRINA

Londrina se localiza na região Norte do Estado do Paraná, entre as latitudes  $23^{\circ}08'47''$  e  $23^{\circ}55'46''$ , e as longitudes de  $50^{\circ}52'26''$  e  $51^{\circ}19'11''$ . O clima da região é do tipo subtropical úmido, com chuvas em todas as estações, podendo ocorrer secas no período de inverno. A precipitação é de 1.600 mm por ano.



Fonte: BRAGUETO (1996)

**FIGURA 3.3** - DIVISÃO DO ESTADO DO PARANÁ EM MUNICÍPIOS E OS LIMITES DE LATITUDE E LONGITUDE DO ESTADO. EM DESTAQUE O MUNICÍPIO DE LONDRINA E A CIDADE DE CURITIBA.

O regime térmico, no período de novembro a março, é influenciado pelas correntes quentes ou inter-tropicais, que geram temperaturas acima de 22°C. No período frio, o regime térmico é influenciado pelas correntes frias extra-tropicais do Sul, que geram temperaturas mais baixas, ocasionando até geadas entre maio e setembro.

Conforme CORRÊA (1982), com base nas médias climatológicas do período de 1958 a 1980, a temperatura média anual em Londrina é de 20,7°C. O mês mais quente do período é fevereiro, com temperatura média de 23,9°C, e os meses de junho e julho são os mais frios, com temperaturas médias de 16,6°C e 16,8°C. A umidade relativa média é de 73%, chegando a 77% no mês de fevereiro e 67% em agosto.

O relevo na região do Município de Londrina, apresenta um suave declive do Oeste para o Leste, onde a altitude média é de 560 m. Deve-se ressaltar que o relevo da região como um todo apresenta a inclinação de Leste para Oeste, ao contrário do Município de Londrina.

O tipo de solo de Londrina é o latossolo (terra roxa), decomposição de rochas basálticas, responsável pelo rápido desenvolvimento agrícola e crescimento da cidade que, tendo sido criada em 1934, é a segunda cidade em população do estado do Paraná.

Em relação à vegetação, a mata tropical que predominava na região foi desbravada para dar lugar à agropecuária. Tal vegetação natural ainda pode ser encontrada em algumas áreas de reserva florestal.

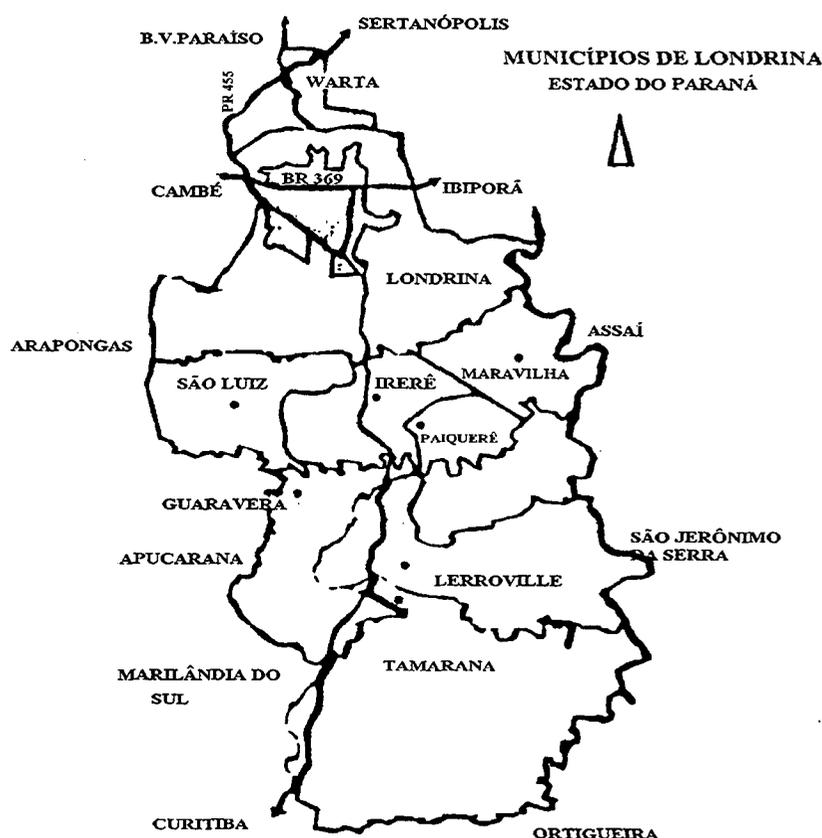
O município de Londrina tem uma extensão territorial de 2119 quilômetros quadrados, correspondendo à aproximadamente 1% da área total do Estado do Paraná. Nesta extensão, os extremos têm a distância máxima de 86,6 km no sentido Norte Sul, e de 45,3 km no sentido Leste Oeste. (Ver Figura 3.3).

O sítio urbano de Londrina, cuja área é de 13 mil hectares, junto com os oito Distritos: Guaravera, Irerê, Lerroville, Maravilha, Paiquerê, São Luiz, Tamarana e Warta, formam o Município, conforme a Figura 3.4.

Inicialmente planejada para ter uma população de 30 mil habitantes, Londrina têm atualmente uma população de 420 mil habitantes. Foi no meio urbano que a população de Londrina teve um crescimento mais elevado (5,1% ao ano). O processo

de urbanização de Londrina se acelerou a partir da década de 1960, firmando-se na década seguinte, quando na sua área urbana já se concentrava mais de 70% da população do município. Tanto a taxa de crescimento quanto o processo de urbanização, no período mais recente, é de 3% ao ano.

O êxodo rural para a zona urbana de Londrina, principalmente a partir da década de 1960 e, em especial, na década de 1970, está diretamente relacionado com a redução da cultura do café, como a principal fonte econômica. O êxodo rural, por ter acontecido com uma intensidade muito grande e por não ser planejado, tem acarretado



Fonte: Londrina diagnóstico e caminhos. MENDES (1993)

**FIGURA 3.4 -** DIVISÃO DO MUNICÍPIO DE LONDRINA EM DISTRITOS E SEUS LIMITES COM OUTROS MUNICÍPIOS. EM DESTAQUE O SÍTIO URBANO DE LONDRINA.

problemas urbanos quanto à infra-estrutura básica e, principalmente, quanto à habitação.

Em geral, esta população rural, acabou se instalando na região periférica, conforme (MENDES, 1993). Nesta região é onde se encontram a maioria das unidades habitacionais de padrão popular.

Verifica-se que, atualmente, houve um crescimento vertical, na região central de Londrina, representado por uma massa de edifícios que se erguem, destacando-se sensivelmente das áreas periféricas. A região Norte do sítio urbano cresceu horizontalmente, com a implantação dos conjuntos habitacionais para populações de baixa renda. Exatamente nessa região é que foram coletados os dados para essa pesquisa.

### 3.4.3 - SELEÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS PARA ESTUDO

O critério básico utilizado para a seleção das unidades habitacionais a serem estudadas, foi o padrão COHAB, sendo que cada unidade teria um tipo de sistema construtivo diferenciado das demais. O segundo critério usado para a seleção da amostra, foi quanto ao projeto de cada unidade (divisão interna, áreas, orientações), este deveria ser semelhante para as unidades selecionadas. O terceiro critério, referiu-se ao número máximo de pessoas na casa, que teria de ser igual a três, o que também contribuiu para que a seleção se fizesse em unidades habitacionais de características semelhantes de uso. Com o objetivo de padronizar a amostra, deixando isolada somente a variável *sistema construtivo*, determinou-se que as unidades selecionadas deveriam localizar-se no meio da quadra e com a fachada principal voltada para o Norte. O número de unidades definido para o estudo foi de cinco, por representar as variabilidades de sistemas construtivos adotados pela COHAB de Londrina.

Para viabilizar a seleção da amostra, recorreu-se à COHAB de Londrina/PR, que permitiu a identificação das unidades com áreas de construção entre 44 m<sup>2</sup> e 22 m<sup>2</sup> na zona norte da cidade. As unidades identificadas apresentaram projetos semelhantes e sistemas construtivos variados. As variações no sistema construtivo decorreu principalmente da diversificação dos materiais empregados para os fechamentos

verticais. Assim selecionou-se a amostra de cinco unidades para estudo entre os seguintes tipos de sistemas construtivos:

- 1 - Sistema com *paredes monolíticas de concreto*
- 2 - Sistema em *alvenaria de tijolos cerâmicos 6 furos*
- 3 - Sistema em *alvenaria de blocos de concreto*
- 4 - Sistema com *paredes de placas de ardósia*
- 5 - Sistema com *paredes em painéis estruturais de argamassa armada*

Com exceção da casa com paredes de placas justapostas de ardósia, cuja cobertura é em telhas de ardósia, as demais unidades habitacionais se apresentaram com coberturas em telhas de cimento amianto e com duas águas: uma voltada para Leste e outra para Oeste. A Tabela 3.8 apresenta as características gerais de implantação das unidades selecionadas para estudo.

**TABELA 3.8 - DADOS GERAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS ESTUDADAS**

Tipologia Construtiva	Localização (Conjunto Habitacional)	Construtora Responsável	Total de unidades no conjunto	Tipo de atuação da COHAB	Área nominal de construção por unidade (m <sup>2</sup> )
Concreto Monolítico	Hilda Mandarin	Hidrapar	193	Agente Promotor	23,32
Tijolos 6 furos	Farid Libos	Protenge Bild e outras	426	Agente Promotor	22,74
Blocos de Concreto	Farid Libos	Indarc	48	Agente Promotor	22,74
Ardósia	Benzoni Vicentini	Central Sul de Mineração	98	Agente Promotor	44,00
Argamassa armada	Santiago II	Plaenge	217	Órgão Assessor e Financeiro	37,00

Deve-se esclarecer que 97 % das unidades habitacionais construídas pela COHAB de Londrina são em sistema construtivo convencional, ou seja, em alvenaria de tijolos cerâmicos de 6 furos. Os sistemas construtivos não convencionais chegam a 3 % do total das unidades construídas.

### 3.4.4 - DESCRIÇÃO DE CADA UNIDADE HABITACIONAL SELECIONADA PARA ESTUDO

A Tabela 3.9 mostra as características de forma, dimensões, materiais e tipos de elementos construtivos adotados em cada tipologia estudada.

**TABELA 3.9 - CARACTERÍSTICAS DE FORMA, DIMENSÕES E MATERIAIS ADOTADOS NAS TIPOLOGIAS ESTUDADAS**

DIVISÃO INTERNA	concreto	tijolos	blocos	ardósia	argamassa
dormitório	2,35 X 3,11	3,05 X 2,10	3,05 X 2,10	3,13 X 2,09	3,60 X 2,40
dormitório	-	-	-	3,13 X 3,10	3,60 X 2,30
banheiro	2,10 X 1,10	2,00 X 1,10	2,00 X 1,10	2,20 X 1,26	2,40 X 1,20
salão	3,52 X 2,68	3,65 X 2,73	3,65 X 2,73	6,80 X 3,10	3,50 X 3,50
circulação	1,10 X 1,00	1,10 X 1,05	1,10 X 1,05	1,56 X 0,97	1,20 X 1,00
área útil	21,10 m <sup>2</sup>	20,10 m <sup>2</sup>	20,40 m <sup>2</sup>	42,90 m <sup>2</sup>	34,70 m <sup>2</sup>
COBERTURA	concreto	tijolos	blocos	ardósia	argamassa
telha	cim. amianto	cim. Amianto	cim. amianto	ardósia	cim. amianto
espessura	0,005 m	0,005 m	0,005 m	0,01 m	0,005 m
estrutura	metálica	madeira	madeira	madeira	madeira
forma	2 ág. (LeW)				
forro	laje concreto	laje pré mold.	laje pré mold	madeira	painel argam
espessura	0,10 m	0,10 m	0,10 m	0,003 m	0,02 m
ESQUADRIAS	concreto	tijolos	blocos	ardósia	argamassa
porta exter.	metal. 1mm	metal. 1mm	metal. 1mm	madeira 0,04 m	metal. 1mm
portas inter.					
-banheiro	mad. comp.	mad. Comp.	mad. comp.	mad. comp.	metal. 1mm
-quarto	-	-	-	mad. comp	-
-quarto	-	-	-	mad. comp	-
janela quarto	basc(1,17x0,96)	basc(1,18x0,99)	basc(1,18x0,99)	pivot(1,18x0,99)	basc(1,05x0,84)
janela quarto	-	-	-	pivot(1,18x0,99)	basc(1,05x0,84)
janela banh.	basc(0,76x0,57)	basc(0,78x0,59)	basc(0,78x0,58)	pivot(1,18x0,99)3	basc(1,05x0,84)
janela salão	basc(0,96x0,77)	basc(0,99x0,79)	basc(0,98x0,77)	piv(1,18x0,99)	2basc (1,05x0,84)
PAREDES	concreto	tijolos	blocos	ardósia	argamassa
material	concreto	tij. 6 furos	bl. conc vaz.	ardósia	arg. armada
espessura	0,10 m	0,09 m	0,10 m	0,04 m	0,02 m
rev. Externo	argamassa	emb. / reb.	-	-	-
espessura	0,005 m	0,02 m	-	-	-
rev. Interno	argamassa	emb. / reb.	-	-	-
espessura	0,005 m	0,02 m	-	-	-
acab. Externo	pint. branca	pint. Branca	crepe branca	verniz transp.	PVA branco
acab. Interno	pint. branca	pint. Verde	PVA gelo	verniz transp.	PVA gelo
essess. Total	0,10 m	0,13 m	0,10 m	0,04 m	0,02 m
PISO	concreto	tijolos	blocos	ardósia	argamassa
material	cimentado	cimentado	cimentado	cerâmica	cimentado

### 3.4.5 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS ESTUDADAS

#### 3.4.5.1 - Introdução

A caracterização térmica das cinco unidades habitacionais estudadas foi feita através da determinação dos parâmetros de transmitância térmica, inércia térmica e absorvidade solar  $\alpha$  das paredes, coberturas, janelas e portas de cada unidade habitacional. As áreas de abertura para ventilação também foram calculadas e relacionadas com as áreas de construção de cada unidade habitacional.

#### 3.4.5.2 - Transmitância Térmica

A transmitância térmica dos elementos construtivos foi determinada através da metodologia apresentada na proposta de texto base para norma *Desempenho térmico de edificações: cálculo da transmitância térmica e da resistência térmica de elementos e componentes*, desenvolvida pelo Núcleo de Pesquisa em Construção Civil da UFSC, e elaborado por LAMBERTS (1996b), para o Comitê Brasileiro de Construção Civil..

Para estes cálculo foram utilizados os valores de resistências térmicas superficiais ( $R_{er}$  e  $R_{er}$ ) constante na tabela 1 em LAMBERTS (1996b). Os valores de condutividade térmica de materiais homogêneos utilizados, foram os constantes na tabela 4.3 do capítulo 4 do presente trabalho, que por sua vez foram extraídos de LAMBERTS (1996b) e RIVERO (1986). As espessuras das paredes, forros, acabamentos, vidro, portas e demais camadas foram as existentes, medidas no local, conforme a tabela 3.9 neste capítulo.

O metal e a massa do caixilho das janelas foram desconsiderados no cálculo de transmitância por constituírem uma parcela insignificante. O mesmo se deu com a tela metálica da argamassa armada, a armadura do concreto armado, e o revestimento de cinco mm de argamassa nas paredes de concreto que foi considerada como se fosse toda de concreto.

Para a resistência térmica da câmara de ar entre as telhas e o forro ou a laje, foram adotados os valores da tabela 2 em LAMBERTS (1996b).

A tabela 3.10 apresenta os valores de espessuras e condutividades térmicas considerados nos cálculos. As tabelas 3.11 a 3.14, apresentam os valores de resistências térmicas por camada e transmitância térmica calculadas por elementos construtivos.

Nos casos das lajes pré moldadas com tabelas cerâmicas vazadas, e das paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos furados e de blocos de concreto vazados, os cálculos foram feitos considerando componentes com camadas homogêneas e não homogêneas conforme o item 5.2 em LAMBERTS (1996b). Nestes casos as resistências térmicas do ar dentro dos furos dos tijolo, tabelas ou blocos de concreto, foram extraídas da tabela 2 em LAMBERTS (1996b).

**TABELA 3.10 - VALORES DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA, ESPESSURA E RESISTÊNCIA TÉRMICA POR CAMADA DE MATERIAIS HOMOGÊNEOS PARA CÁLCULO DE TRANSMITÂNCIA**

MATERIAL	ESPESSURA (m)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA $\lambda$ (W/m.K)	RESISTÊNCIA TÉRMICA R (m <sup>2</sup> K / W)
concreto	0,10	1,75	0,057
Ardósia	0,04	2,2	0,01818
Arg. armada	0,02	1,15	0,01739
madeira pinus	0,005	0,15	0,0333
Ardósia	0,01	2,2	0,004545
telha cim.amianto	0,005	0,65	0,00769
Arg. armada	0,02	1,15	0,01739
vidro	0,003	1,1	0,002727
metal - porta	0,001	55	0,0000182
tijolo maciço	ver cálculo	0,9	-
concreto p/ bloco	ver cálculo	1,75	-

**TABELA 3.11 - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA POR CAMADA DE MATERIAIS E TRANSMITÂNCIA (U) DAS PAREDES**

#### TIPOLOGIA CONSTRUTIVA

RESISTÊNCIAS TÉRMICAS PARCIAIS	Concreto monolítico	Tijolos cerâmicos	Blocos de concreto	Ardósia	Argamassa armada
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
material	0,057			0,017391	0,01818
bloco			0,1312		
tijolo + acabamento		0,2627			
acab. int					
$R_{si}$	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Resistência e Transmitância Global					
$R_t$ (m <sup>2</sup> K / W)	0,227	0,4327	0,3012	0,1874	0,1882
$U$ (W / m <sup>2</sup> K)	4,40	2,31	3,32	5,34	5,31

**TABELA 3.12 - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA POR CAMADA DE MATERIAIS E TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U) DAS COBERTURAS**

		TIPOLOGIA CONSTRUTIVA				
RESISTÊNCIAS TÉRMICAS PARCIAIS		Concreto monolítico	Tijolos cerâmicos	Blocos de concreto	Ardósia	Argamas-sa armada
Fluxo descendente	$R_{sc}$	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	telha	0,00769	0,00769	0,00769	0,0045	0,00769
	ar	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
	forro	0,05714			0,0333	0,01739
	laje pré		0,1181	0,1181		
	$R_{si}$	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Resistência e Transmitância Global						
$R_t$ (m <sup>2</sup> K / W)		0,4848	0,54579	0,54579	0,4575	0,44508
$U$ (W / m <sup>2</sup> K)		2,06	1,83	1,83	2,18	2,25

		TIPOLOGIA CONSTRUTIVA				
RESISTÊNCIAS TÉRMICAS PARCIAIS		Concreto monolítico	Tijolos cerâmicos	Blocos de concreto	Ardósia	Argamas-sa armada
Fluxo ascendente	$R_{sc}$	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	telha	0,00769	0,00769	0,00769	0,0045	0,00769
	ar	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	forro	0,05714			0,0333	0,01739
	laje pré		0,11131	0,11131		
	$R_{si}$	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Resistência e Transmitância Global						
$R_t$ (m <sup>2</sup> K / W)		0,34483	0,399	0,399	0,3178	0,30508
$U$ (W / m <sup>2</sup> K)		2,89	2,51	2,51	3,15	3,28

**TABELA 3.13 - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA POR CAMADA DE MATERIAIS E TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U) DAS JANELAS**

		TIPOLOGIA CONSTRUTIVA				
RESISTÊNCIAS TÉRMICAS PARCIAIS		Concreto monolítico	Tijolos cerâmicos	Blocos de concreto	Ardósia	Argamas-sa armada
$R_{sc}$		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
metal						
massa						
vidro		0,002727	0,002727	0,002727	0,002727	0,002727
massa						
metal						
$R_{si}$		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Resistência e Transmitância Global						
$R_t$ (m <sup>2</sup> K / W)		0,1727	0,1727	0,1727	0,1727	0,1727
$U$ (W / m <sup>2</sup> K)		5,79	5,79	5,79	5,79	5,79

**TABELA 3.14** - VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA POR CAMADA DE MATERIAIS E TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U) DAS PORTAS

		TIPOLOGIA CONSTRUTIVA				
RESISTÊNCIAS TÉRMICAS PARCIAIS		Concreto monolítico	Tijolos cerâmicos	Blocos de concreto	Ardósia	Argamassa armada
$R_{se}$		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
metal		0,0000182	0,0000182	0,0000182		0,0000182
madeira					0,2	
$R_{si}$		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Resistência e Transmitância Global						
$R_t$ ( $m^2 K / W$ )		0,1700	0,1700	0,1700	0,37	0,1700
$U$ ( $W / m^2 K$ )		5,88	5,88	5,88	2,75	5,88

### 3.4.5.3 - Inércia Térmica

A inércia térmica, representada pelo retardo térmico e o coeficiente de amortecimento da onda térmica interna, foi calculada para as coberturas, paredes, janelas e portas nas cinco unidades habitacionais em estudo. A determinação foi feita através do procedimento simplificado apresentado por RIVERO (1986), para o qual são necessárias a resistência térmica média do fechamento em ( $m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ ), (não incluindo as resistências superficiais), a massa por unidade de superfície ( $kg/m^2$ ), a espessura em m e o calor específico em ( $kJ/(kg K)$ ). Segundo RIVERO (1986), o retardo térmico é o tempo em horas de passagem de calor da superfície externa para a superfície interna de um fechamento. E ainda segundo RIVERO (1986), o coeficiente de amortecimento é a relação entre a amplitude da onda térmica superficial interna e a amplitude da onda térmica externa. Por ser uma relação entre grandezas de mesma espécie, não tem dimensão. Entretanto se este valor for próximo de zero, isto indica que as temperaturas superficiais internas são diferentes das temperaturas externas (a onda superficial interna é amortecida em sua amplitude). Se este valor for próximo de 1 (um), isto indica que não há amortecimento na onda térmica superficial interna, em outras palavras, quer dizer que a variação das temperaturas superficiais internas é quase a mesma variação

das temperaturas externas ou da onda de temperaturas externas.

#### 3.4.5.4 - Áreas de Abertura de Ventilação

Para a determinação das áreas úteis de abertura de ventilação das janelas tipo basculante, adotou-se a equação conforme STRAATEN(1967).

$$A = L \times C (1 - \cos \theta)$$

Onde A é a área efetiva de ventilação, L é a altura da região onde estão instaladas as aletas móveis da janela, C é a largura e  $\theta$  é o ângulo formado pelo plano da aleta, quando totalmente aberta, com o plano da parede onde se localiza a janela. No cálculo da área útil de ventilação da casa de ardósia, não foi considerada a área da janela J3, porque a família havia obstruído a janela com uma estante, e, portanto, a mesma permanecia sempre fechada. As figuras 3.5, 3.7, 3.9, 3.11 e 3.13, mostram as projeções horizontais com os locais onde foi instalado o abrigo no interior de cada casa e feitas as tomadas de dados, conforme descrito no item 3.4.6.6 deste capítulo. As figuras 3.6, 3.8, 3.10, 3.12 e 3.14 são as fotos das fachadas principais das unidades habitacionais selecionadas para estudo. As Tabelas 3.15 a 3.19 apresentam um resumo, por sistema construtivo, dos parâmetros considerados na caracterização térmica das unidades em estudo.

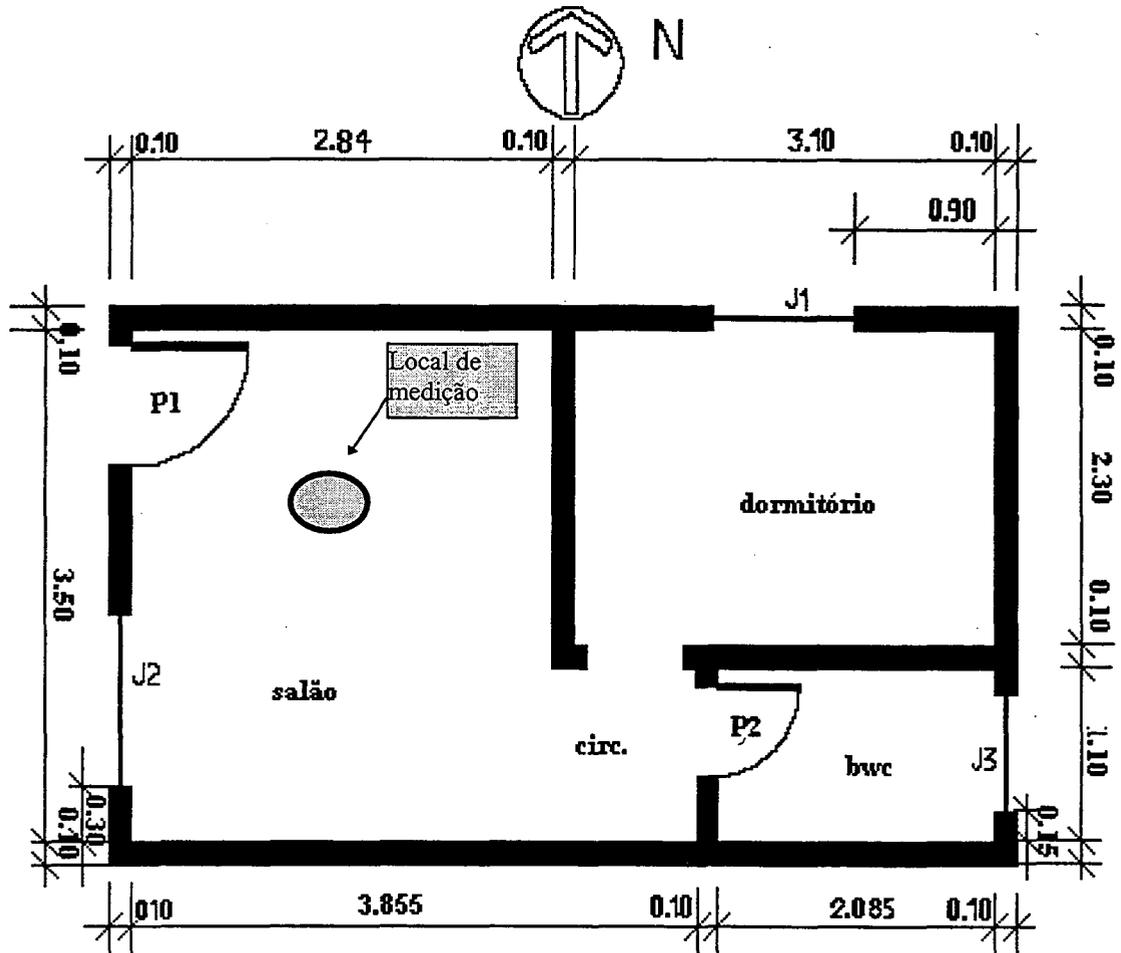
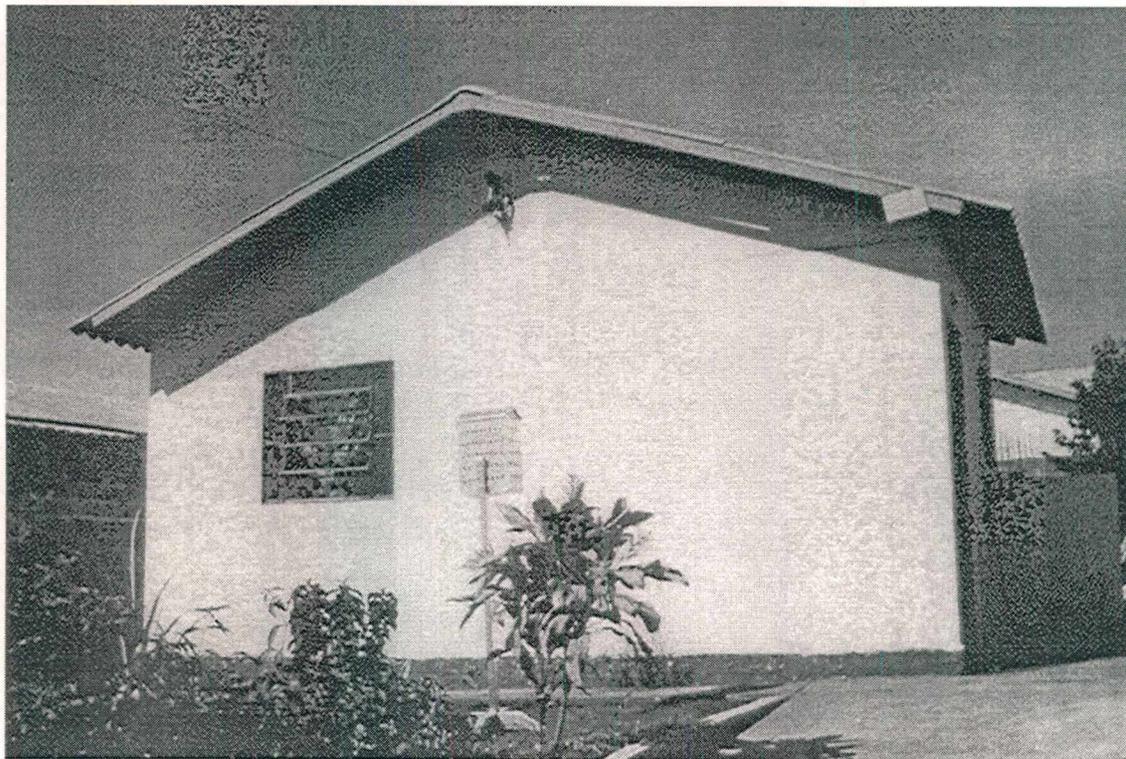


FIGURA 3.5 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO

TABELA 3.15 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO MONOLÍTICO - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO:  $A_U = A_C = 21,1\text{m}^2$

Elemento Construtivo	Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	Atraso (horas)	Amortecimento	Área de Ventilação Av. (m <sup>2</sup> )	Relação entre Av/Ac (%)
Cobertura	Fluxo desc. - 2,06 Fluxo asc. - 2,89	0,65	5,0	0,19	-	
Paredes	4,40	0,30	2,8	0,45	-	
Janelas	5,79	*	0	1	0,30	
Porta	5,88	0,80	0	1	1,66	
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>1,96</b>	<b>9,29%</b>

\* Fator Solar de todas as janelas S = 0,86



## *Casa de Concreto Monolítico*

FIGURA 3.6 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO

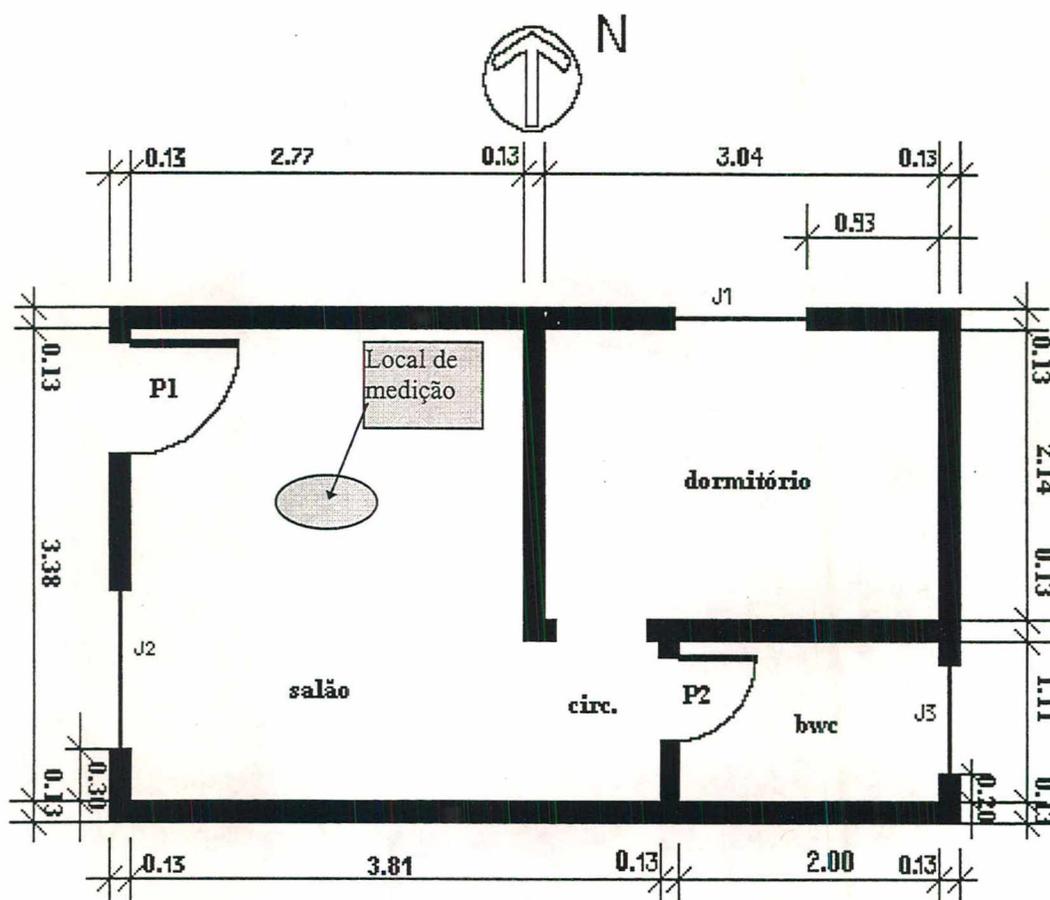


FIGURA 3.7 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS 6 FUROS

TABELA 3.16 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO TIJOLOS CERÂMICOS - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO:  $A_U = A_C = 20,1\text{m}^2$

Elemento Construtivo	Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	Atraso (horas)	Amortecimento	Área de Ventilação Av. (m <sup>2</sup> )	Relação entre Av/Ac (%)
Cobertura	Fluxo desc. - 1,83 Fluxo asc. - 2,51	0,65	6,4	0,19	-	
Paredes	2,31	0,30	2,5	0,28	-	
Janelas	5,79	*	0	1	0,31	
Porta	5,88	0,80	0	1	1,67	
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>1,98</b>	<b>9,85%</b>

\* Fator Solar de todas as janelas S = 0,86



## *Casa de Tijolos Cerâmicos*

FIGURA 3.8 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS 6 FUROS

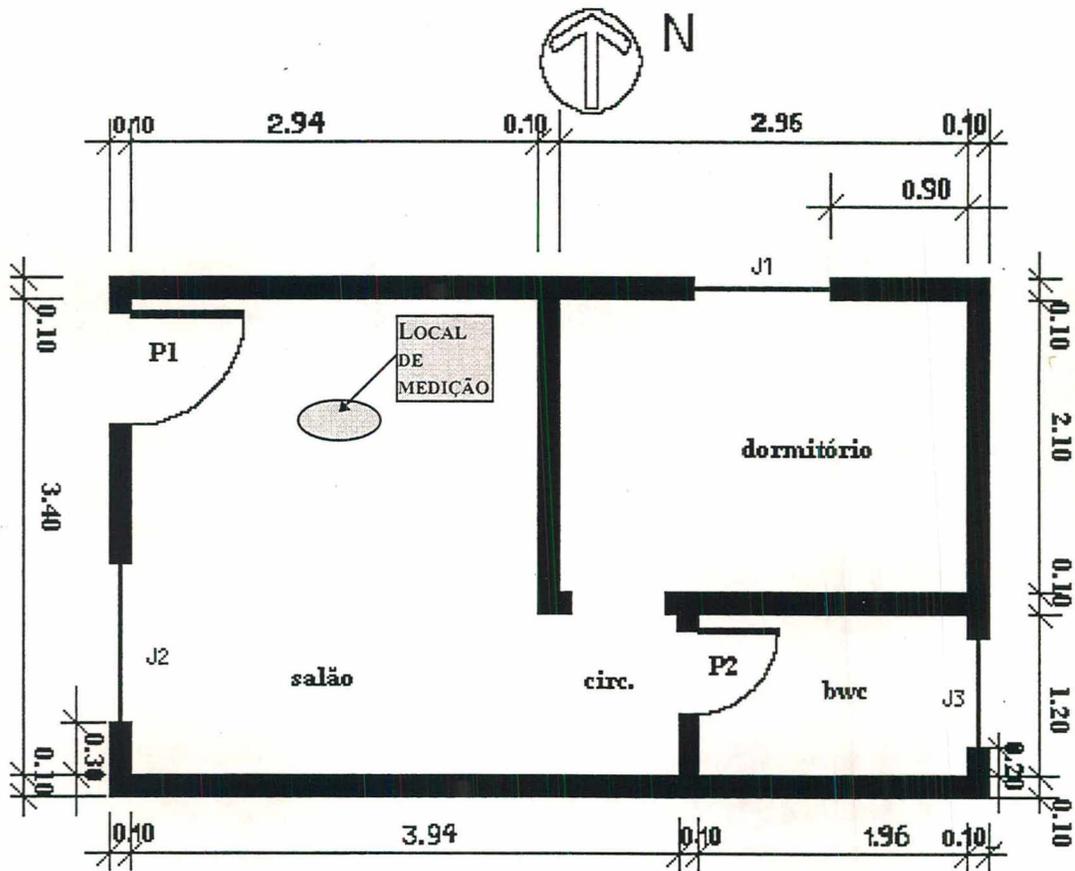
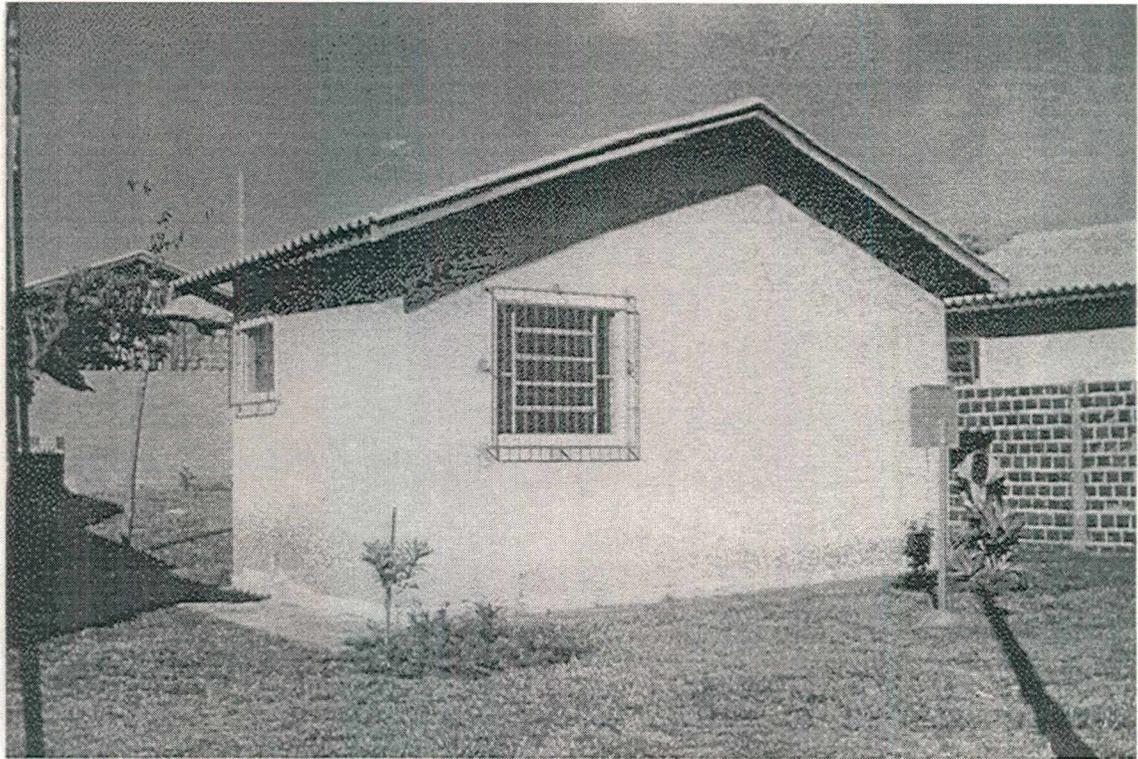


FIGURA 3.9 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO

TABELA 3.17 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO BLOCOS DE CONCRETO - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO:  $A_u = A_c = 20,4\text{m}^2$

Elemento Construtivo	Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	Atraso (horas)	Amortecimento	Área de Ventilação Av. (m <sup>2</sup> )	Relação entre Av/Ac (%)
Cobertura	Fluxo desc. - 1,83 Fluxo asc. - 2,51	0,65	6,4	0,19	-	
Paredes	3,32	0,30	3,0	0,33	-	
Janelas	5,79	*	0	1	0,31	
Porta	5,88	0,80	0	1	1,67	
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>1,98</b>	<b>9,71%</b>

\* Fator Solar de todas as janelas S = 0,86



## *Casa de Blocos de Concreto*

**FIGURA 3.10 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO**

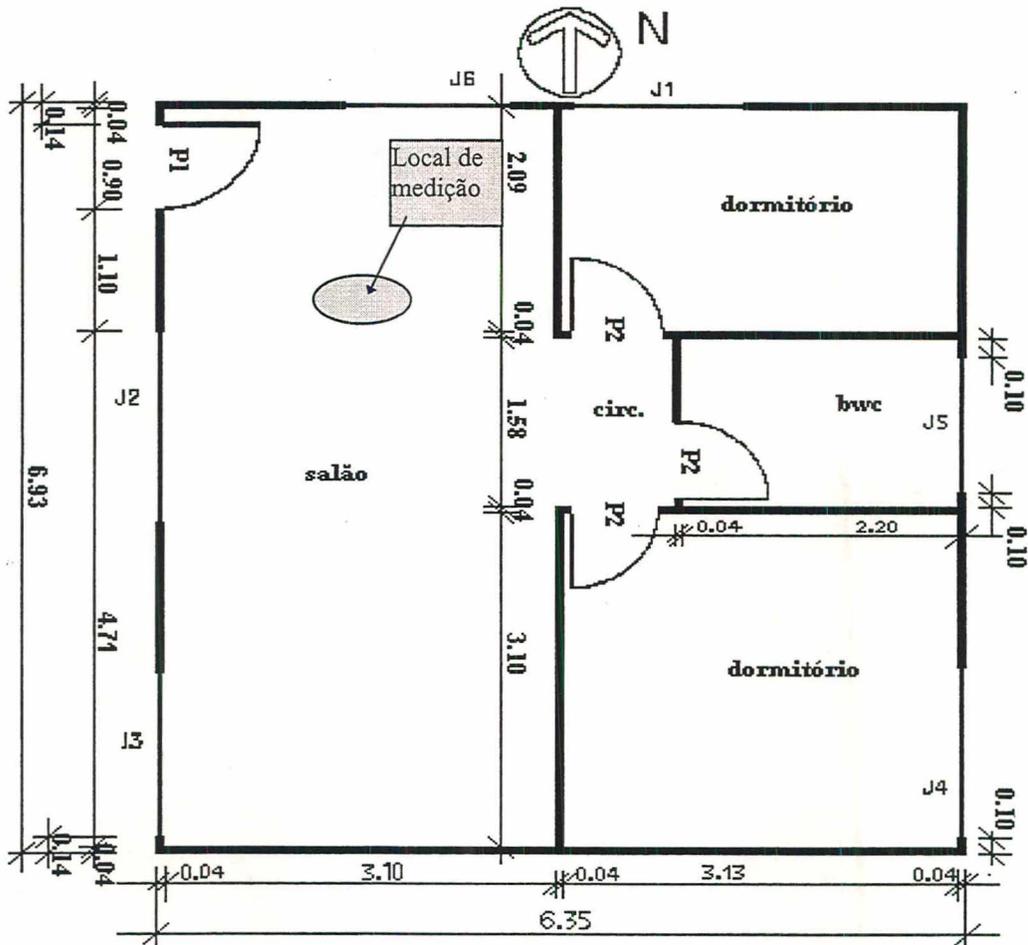
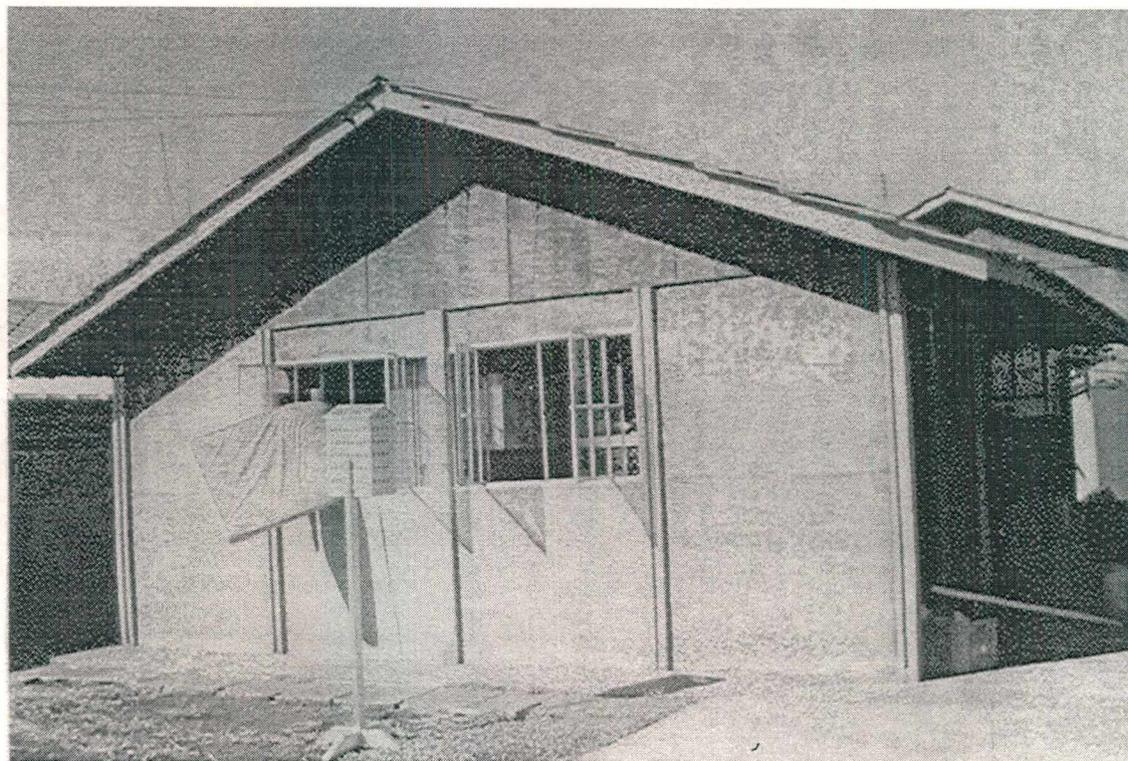


FIGURA 3.11 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE PLACAS DE ARDÓSIA

TABELA 3.18 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO ARDÓSIA-  
ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO:  $A_U = A_C = 42,90 \text{ m}^2$

Elemento Construtivo	Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	Atraso (horas)	Amortecimento	Área de Ventilação Av. (m <sup>2</sup> )	Relação entre: Av/Ac (%)
Cobertura	Fluxo desc.- 2,18 Fluxo asc. - 3,15	0,80	0,75	0,31	-	
Paredes	5,31	0,80	0,75	1	-	
Janelas	5,79	*	0	1	6,46	
Porta	2,70	0,40	0,40	0,34	1,66	
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>8,12</b>	<b>18,93%</b>

\* Fator Solar de todas as janelas S = 0,86



## *Casa de Ardósia*

**FIGURA 3.12 - FACHADA PRINCIPAL (NORTE) DA CASA DE PLACAS DE ARDÓSIA**

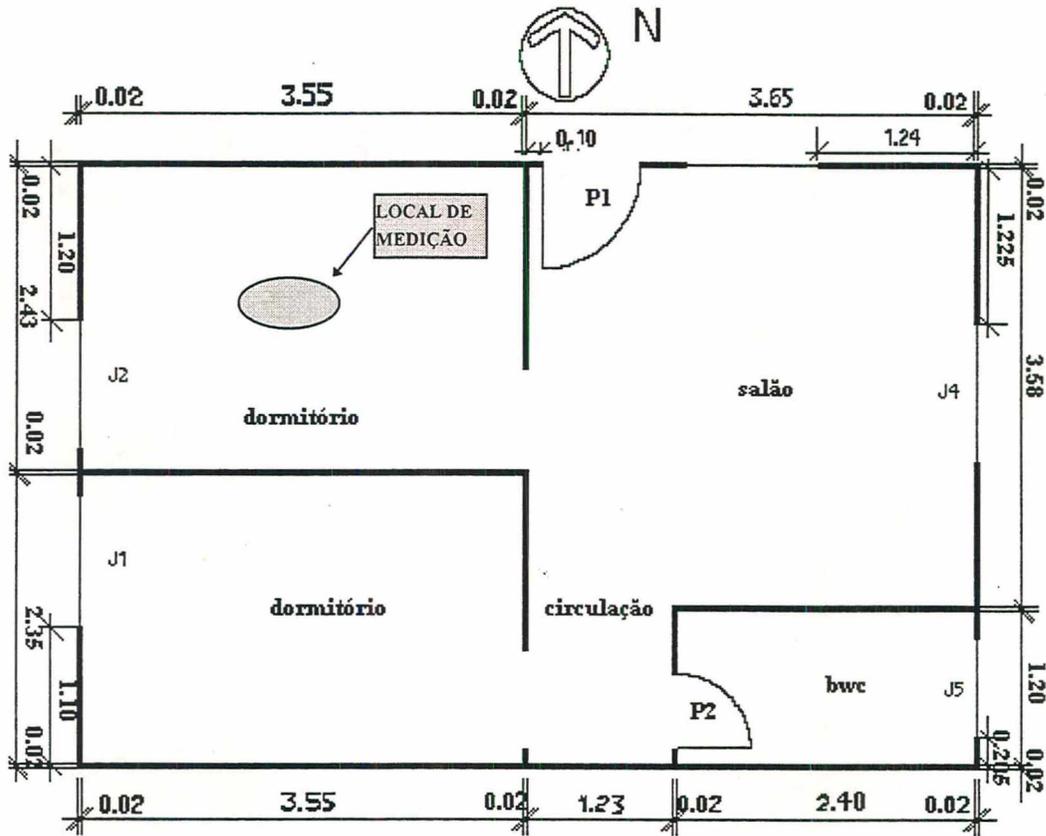
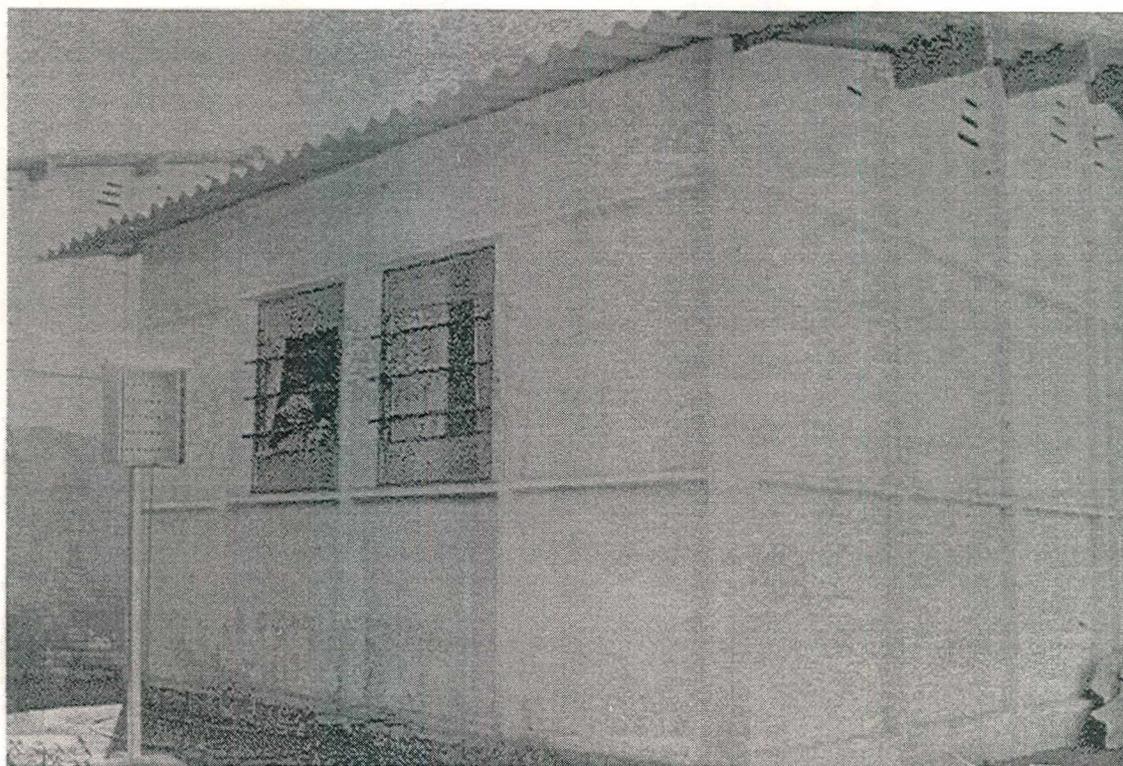


FIGURA 3.13 - PROJEÇÃO HORIZONTAL DA CASA DE PAINÉIS DE ARGAMASSA ARMADA

TABELA 3.19 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS PARA O SISTEMA CONSTRUTIVO ARGAMASSA ARMADA - ÁREA ÚTIL DE CONSTRUÇÃO:  $A_U = A_C = 34,7\text{m}^2$

Elemento Construtivo	Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	Atraso (horas)	Amortecimento	Área de Ventilação m <sup>2</sup>	Relação entre Av/Ac (%)
Cobertura	Fluxo desc. - 2,25 Fluxo asc. - 3,28	0,65	1,4	0,30	-	
Paredes	5,34	0,30	0	1	-	
Janelas	5,79	*	0	1	0,75	
Porta	5,88	0,80	0	1	1,66	
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>2,41</b>	<b>6,95%</b>

\* Fator Solar de todas as janelas S = 0,86



## *Casa de Argamassa Armada*

FIGURA 3.14 - FACHADA OESTE DA CASA DE PAINÉIS DE ARGAMASSA ARMADA

A Tabela 3.20 apresenta um resumo comparativo com a caracterização térmica das cinco unidades estudadas.

**TABELA 3.20 - RESUMO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DAS CINCO UNIDADES ESTUDADAS**

		Unidades Habitacionais Estudadas				
		concreto	tijolos	blocos	ardósia	argamassa
<b>Transmitância (W/m<sup>2</sup>K)</b>	Cob.F desc	2,06	1,83	1,83	2,18	2,25
	Cob. F asc	2,89	2,51	2,51	3,15	3,28
	Paredes	4,40	2,31	3,32	5,31	5,34
	Janelas	5,79	5,79	5,79	5,79	5,79
	Porta	5,88	5,88	5,88	2,70	5,88
<b>Absortividade</b>	Cobertura	0,65	0,65	0,65	0,80	0,65
	Paredes	0,30	0,30	0,30	0,80	0,30
	Porta	0,80	0,80	0,80	0,40	0,80
<b>Atraso (horas)</b>	Cobertura	5,0	6,4	6,4	0,75	1,4
	Paredes	2,8	2,5	3,0	0,75	0
	Janelas	0	0	0	0	0
	Porta	0	0	0	0,40	0
<b>Amortecimento</b>	Cobertura	0,19	0,19	0,19	0,31	0,30
	Paredes	0,45	0,28	0,33	1	1
	Janelas	1	1	1	1	1
	Porta	1	1	1	0,34	1
<b>Área de vent. (m<sup>2</sup>)</b>		1,96	1,98	1,98	8,12	2,41
<b>Área de constr. (m<sup>2</sup>)</b>		23,32	22,74	22,74	44,00	37,00
<b>Área útil (m<sup>2</sup>)</b>		21,10	20,1	20,40	42,90	34,70
<b>Área de vent. /Área útil (%)</b>		9,29	9,90	9,71	18,93	6,95

Percebe-se, nesse resumo comparativo, que a casa de tijolos é a que apresenta valores menores para transmitância térmica de paredes e cobertura, sendo que a absortividade pode ser melhorada na porta com uma pintura mais clara. O atraso em horas da casa de blocos de concreto é o maior, seguido do atraso da casa de concreto.

Nesse caso, a casa de tijolos ficou em terceiro lugar. Entretanto, para amortecimento da onda térmica, a casa de tijolos volta a apresentar os melhores valores para cobertura e paredes. Para área de ventilação, a casa de ardósia é a que apresenta o maior valor.

A seqüência de sistemas construtivos foi disposta na tabela, de acordo com o peso. A casa de concreto é a que apresenta maior peso por área de parede e a casa de argamassa armada é a que apresenta menor peso por área de parede.

### 3.4.6 - COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada no interior das unidades selecionadas, estando as mesmas em seu funcionamento diário e com seus habitantes.

Para maior controle na obtenção dos dados e para reduzir os transtornos provocados pela operação de medição no ambiente doméstico, a coleta foi realizada por um único registrador nas cinco casas e nos períodos de verão e inverno.

#### 3.4.6.1 - Períodos de Coletas de Dados

A coleta de dados de verão foi iniciada logo após o Carnaval (17/02/94), para se inserir dentro do período (mais quente) da região (15/ 02 a 15/ 03). Entretanto, devido às chuvas, tornou-se inviável o acesso às unidades habitacionais, sendo necessário avançar a coleta até 22/03/94. Dessa forma, o período de coleta de dados de verão realizou-se de 17/02/1994 a 22/03/1994.

A coleta de dados de inverno, prevista para 15 de junho, foi adiada, por problemas com chuvas naquela semana. Assim, as medições se iniciaram em 22 de junho e se estenderam até 29 de julho de 1994, para cumprir com a programação de duas medições em cada unidade habitacional por período de verão e inverno.

As variações de temperaturas externas, coletadas da estação agrometeorológica do IAPAR de Londrina, nos períodos de coletas de dados de verão (17/02/1994 a 22/03/1994) e inverno (22/06/1994 a 28/07/1994), se encontram representadas nas Figuras 3.15 e 3.16.

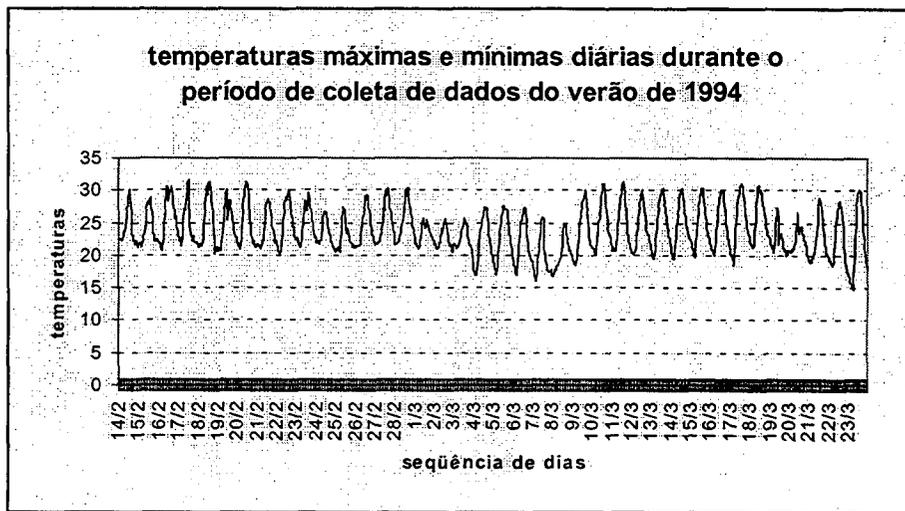


FIGURA 3.15 - VARIAÇÃO DAS TEMPERATURA EXTERNAS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE VERÃO DE 1994

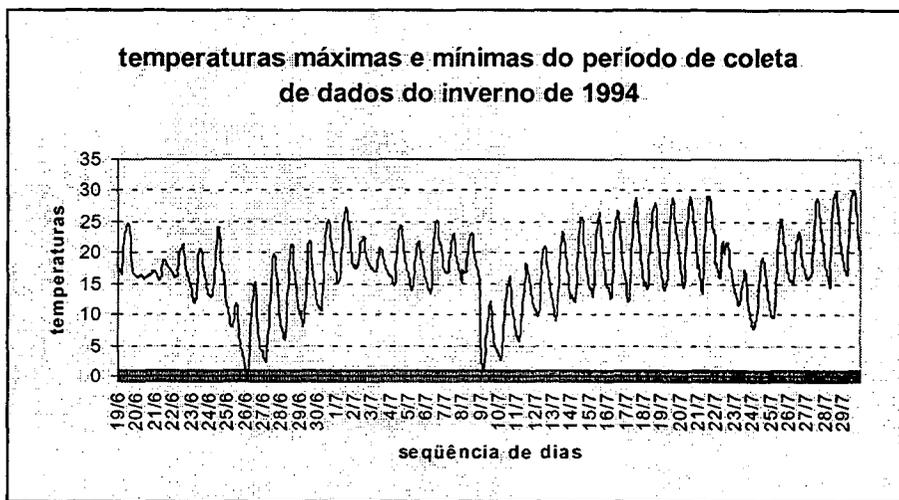


FIGURA 3.16 - VARIAÇÃO DAS TEMPERATURA EXTERNAS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE INVERNO DE 1994

Observa-se na Figura 3.15 que no período de verão há uma estabilidade na variação de temperaturas, apresentando uma amplitude média diária de 10°C, com temperaturas na faixa de 16°C a 32°C. Na Figura 3.16, o período de inverno apresenta

amplitudes médias diárias também de 10°C, mas ocorrem dias com quedas de temperaturas, onde a amplitude chega a 20°C, dando origem a uma seqüências climáticas representativas das ondas de frio na região sul que geram altas variações de temperaturas de um dia para o outro. Pode-se notar que, mesmo no inverno, os picos de temperaturas chegam a 29°C, resultando numa faixa de 0°C a 29°C de temperaturas no período de inverno para o ano de 1994. É comum, no inverno desta região, a temperatura cair e depois subir gradativamente durante 15 dias, quando ocorre uma outra queda de temperatura, conforme demonstra o gráfico da Figura 3.16. Obviamente na seleção dos dias para coleta de dados não foi possível prever os dias mais quentes ou mais frios típicos de inverno.

#### 3.4.6.2 - Seleção de Dias para Coleta de Dados

Selecionou-se os dias de medição entre os dias úteis da semana, no intuito de padronizar a ocupação de todas as casas. Os dias foram planejados e confirmados, dependendo da disponibilidade dos ocupantes em permitir a operação de medição num período contínuo de 12 horas (das 9 hs às 21 hs).

#### 3.4.6.3 - Quantidade de Dados Coletados

Foram planejadas quatro coletas de dados em cada casa: duas no período mais quente do ano e duas no período mais frio do ano. A casa em painéis de argamassa armada teve a segunda medição de verão marcada para o dia 23/03/94, entretanto, suspendeu-se logo no início da manhã em razão da temperatura externa se apresentar bem mais baixa que as temperaturas características de alto verão da região.

No período de inverno, a casa em concreto monolítico, teve a segunda medição planejada para o dia 29/03/94, mas também foi suspensa logo no início da manhã, porque as temperaturas das primeiras horas já se apresentavam bem mais altas que as temperaturas características de um dia de inverno.

Por duas vezes a coleta se iniciou às 10 horas, devido a atrasos no transporte e instalações dos aparatos de medição. No dia 19/03/94 a medição na casa de ardósia foi interrompida após às 12 horas em razão de ter se iniciado uma chuva forte.

As Tabelas 3.21 e 3.22 apresentam as datas e locais de coletas de dados nos

períodos de verão e inverno de 1994.

**TABELA 3.21 - DATAS E LOCAIS DAS MEDIÇÕES DE VERÃO**

Data	Sistema Construtivo	Observações
17/02/94	Concreto monolítico	
03/03/94	Concreto monolítico	
01/03/94	Alvenaria de tijolos cerâmicos	
15/03/94	Alvenaria de tijolos cerâmicos	
22/02/94	Alvenaria de blocos de concreto	
08/03/94	Alvenaria de blocos de concreto	
19/03/94	Placas de ardósia	suspensa a medição às 13 hs devido à chuva
22/03/94	Placas de ardósia	
16/03/94	Painéis de argamassa armada	
23/03/94	Painéis de argamassa armada	cancelada porque as temperaturas externas estavam baixas no início da manhã

**TABELA 3.22 - DATAS E LOCAIS DAS MEDIÇÕES DE INVERNO**

Data	Sistema Construtivo	Observações
27/06/94	Concreto monolítico	
29/07/94	Concreto monolítico	suspensa a medição porque as temperaturas se apresentaram altas no início da manhã
24/06/94	Alvenaria de tijolos cerâmicos	
15/07/94	Alvenaria de tijolos cerâmicos	
22/06/94	Alvenaria de blocos de concreto	
18/07/94	Alvenaria de blocos de concreto	
04/07/94	Placas de ardósia	
28/07/94	Placas de ardósia	
01/07/94	Painéis de argamassa armada	
11/07/94	Painéis de argamassa armada	

Foram realizados, no total, 18 dias de coleta de dados, com 223 horas de coleta, sendo 107 horas no verão e 116 horas no inverno.

#### 3.4.6.4 - Tipos de Dados Coletados

Os tipos de dados coletados em cada unidade habitacional estudada foram:

**A-) Dados coletados uma única vez:**

1. as dimensões reais: dos espaços, dos fechamentos e das aberturas;
2. os detalhes construtivos: materiais, cores e tipos de acabamentos.

**B-) Dados coletados com base horária:**

1. medidos com equipamentos: a) temperatura do ar (T int.); b) temperatura radiante média (T.R.M.); c) umidade relativa (U.R. interna %); d) velocidade de ventos (velocidade interna (m/s));
2. observados: a) permanência do usuário mais freqüente no local de medição; b) produção de calor (de hora em hora foram feitos registros das condições de funcionamento e potência de equipamentos eletro-eletrônicos em funcionamento: lâmpadas, geladeira, máquina de lavar, televisão, rádio, fogão, forno, ventilador, ferro e chuveiro elétrico. Estes dados foram utilizados no item sobre simulações).
3. respostas dos usuários: a) sensação térmica do usuário mais freqüente (dona da casa) no local de medição. A sensação térmica foi registrada seguindo a escala de sete pontos da ASHRAE utilizada pela norma ISO 7730; b) vestimenta do usuário mais freqüente no local de medição; c) atividade do usuário mais freqüente ao local de medição.

### 3.4.6.5 - Equipamentos Utilizados na Coleta de Dados

Na realização das medições foram utilizados apenas três equipamentos simples de operação manual:

- Um *Termômetro de globo* de mercúrio com tubo de proteção metálico, escala de -10°C a +110°C e resolução de 0,1 °C, tendo o globo diâmetro de 150 mm, em cobre pintado com tinta epóxi preta.
- Um *Psicrômetro giratório* marca IOPE, modelo SP-G2, com suporte metálico, com dois termômetros de mercúrio escalas de -15°C a +50°C e resolução de 0,2 °C

- Um *Kata termômetro* Código 1950/42 conforme Hill Precision Alemã com queda de 38°C a 35°C e constante  $F = 448 \text{ mg cal/cm}^2$ .

Estes foram os equipamentos utilizados em todas as jornadas de medições. Como foram usados sempre os mesmos equipamentos eles não foram calibrados, e isto garante uma precisão relativa semelhante à resolução de cada termômetro. Entretanto a falta de calibração dos instrumentos de campo com os instrumentos da estação meteorológica gera uma incerteza desconhecida. Portanto existe uma incerteza absoluta entre os dados da estação e os dados da medição, e uma incerteza relativa entre as medições.

#### 3.4.6.6 - Locais de Realização da Coleta de Dados

Escolheu-se a copa/cozinha (salão) para a realização da coleta de dados no interior das unidades habitacionais em estudo. Nos dias de tomada de dados, um suporte com abrigo para termômetro igual ao que aparece nas fotos das fachadas das casas nas figura 3.6, 3.8, 3.10, 3.12 e 3.14) foi instalado no local de medição interna exatamente nos pontos indicados nas figuras 3.5, 3.7, 3.9, 3.11, e 3.13). Na casa de argamassa armada o abrigo foi instalado no dormitório que funcionava como sala de TV, porque assim as leituras seriam tomadas em locais equivalentes para todas as casas (ambiente com faces externas voltadas para norte e oeste). A localização do abrigo dentro destes espaços em cada casa, foi definida em consonância com as recomendações da ISO 7726.

Na localização cuidou-se para que o abrigo ficasse afastado do fogão, geladeira, mobiliários, paredes e deixasse espaço para circulação dos usuários e operação de leitura para registro dos dados. No abrigo foi fixada uma haste metálica para pendurar o termômetro de globo a 1,10m do piso, conforme ISO 7726. O local do abrigo foi o referencial para o registro das leituras no psicrômetro giratório e no kata-termômetro. De hora em hora o psicrômetro era girado manualmente próximo do abrigo interno a 1,10 m de altura do piso e feita a leitura nos termômetros de bulbo seco e bulbo úmido. Da mesma forma de hora em hora o kata-termômetro era aquecido em banho de água quente até 40°C e suspenso a 1,10 m do piso, próximo ao abrigo interno, e cronometrava-se o tempo de queda de 38° C para 35° C em segundos. Assim as tomadas internas de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade e velocidade de ventos foram feitas a 1,10 m do piso, no mesmo local (próximo ao abrigo, localizado

conforme indicado nas figuras 3. 5, 3.7, 3.9, 3.11, e 3.13).

### 3.4.7 - RESULTADOS OBTIDOS

#### 3.4.7.1 - Resultados Obtidos de Temperaturas

No interior das casas, os valores da temperatura do ar foram obtidos diretamente dos registros do termômetro de bulbo seco do psicrômetro giratório. Os valores de temperatura radiante média foram obtidos a partir dos dados coletados no termômetro de globo e do termômetro de bulbo seco, e calculados pelo método apresentado pela ISO 7726 (1985). Os valores de umidade relativa interna foram obtidos a partir dos registros nos termômetros de bulbo seco e bulbo úmido do psicrômetro giratório e calculados através do algoritmo utilizado pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR).

No exterior as temperaturas adotadas foram as registradas no termógrafo da estação agrometeorológica do IAPAR. Esses registros são digitalizados pelo sistema DIG DMH e fornecidos pela COPEL.

Com os dados coletados, foram montadas tabelas e feitos os gráficos das curvas horárias de temperaturas internas do ar e radiante média medidas, e a temperatura externa, Estes gráficos foram elaborados com o objetivo de descrever o desempenho térmico das unidades em estudo.

A produção de calor interna de cada casa foi quantificada em Watts, somando-se as potências das lâmpadas e equipamentos em funcionamento de hora em hora.

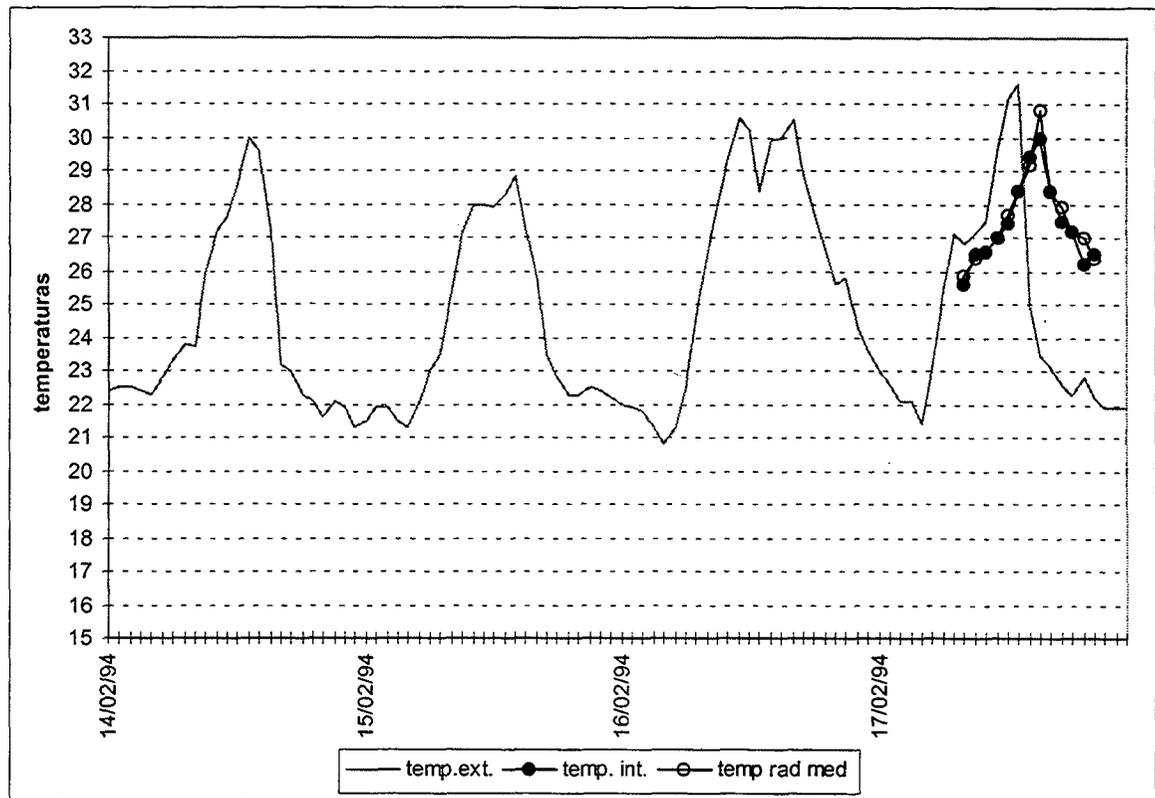
O calor emitido pelos usuários foi quantificado em separado da produção de calor interno e está representado pela taxa de metabolismo em  $\text{watt/m}^2$ . A taxa de metabolismo foi observada somente em um usuário por unidade habitacional estudada.

O pico de temperaturas internas ocorreu entre as 15 e 17 horas. O salto da temperatura radiante média interna ocorrido no pico de temperaturas, como aparece na maioria dos gráficos principalmente nos dias de medição onde o céu esteve claro, tanto de verão como de inverno, deveu-se ao fato de que todas as casas estavam com a porta de entrada da sala (onde foi localizado o termômetro de globo) voltada para oeste. Estas portas, sendo de material metálico pintado com cores escuras, funcionaram como um

irradiador de calor nos horários em que o sol incidiu diretamente sobre as mesmas. Nestes horários, a porta foi propositadamente posicionada entre o sol e o termômetro de globo, no intuito de que o mesmo não fosse atingido por radiação solar direta. Mesmo assim não foi possível evitar o aumento sensível de temperatura radiante média nestes horários.

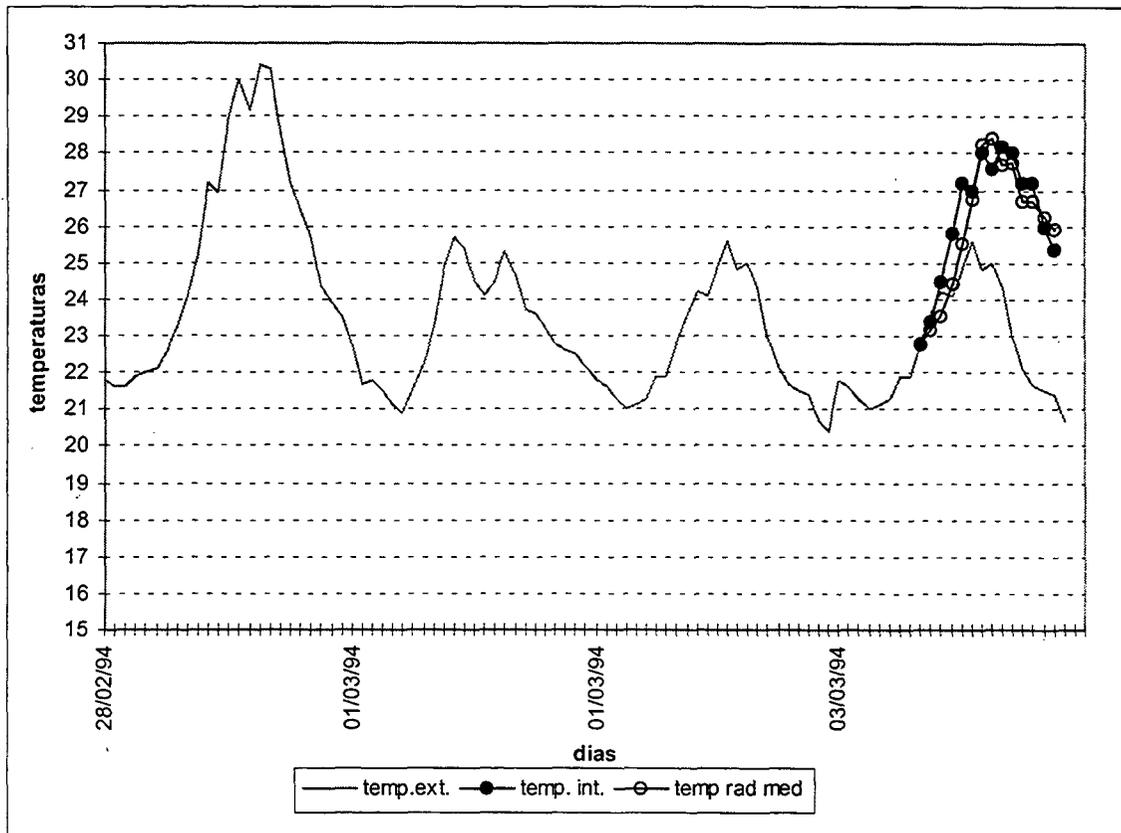
- **Resultados de verão**

As Figuras 3. 17 a 3.25 mostram os gráficos das temperaturas internas e externas dos nove dias de coleta de dados no período de verão, incluindo as variações de temperaturas externas dos três dias antes do dia de cada medição.



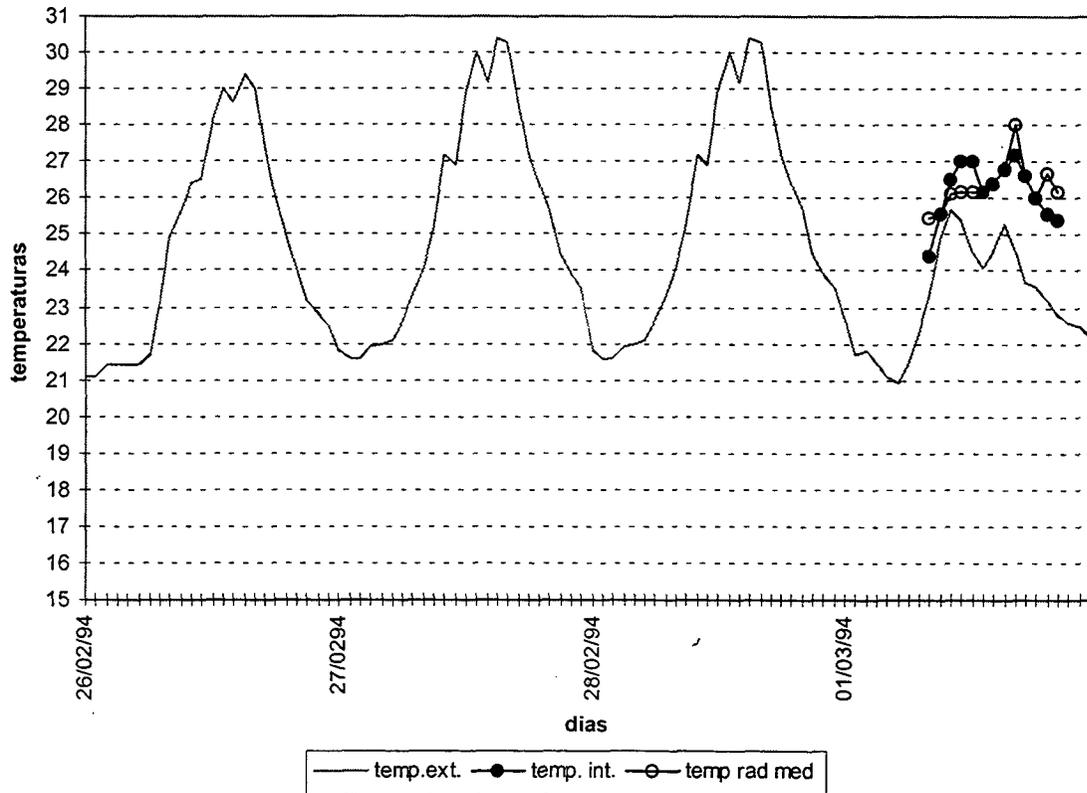
**FIGURA 3.17 - CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 17/02/94 E VARIÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

A Figura 3.17 apresenta a variação de temperaturas em quatro dias, sendo que no quarto dia aparecem também as curvas de temperaturas do ar e radiante média, medidas no interior da casa de concreto monolítico. Observa-se que as temperaturas do ar e radiante média são coincidentes e apresentam atraso e amortecimento em relação à curva de temperaturas externas, o que demonstra inércia térmica do sistema construtivo. Outra observação é que as temperaturas externas estão ascendentes e as temperaturas internas resistem à ascensão externa, reforçando a característica de um sistema com inércia térmica. Neste dia, no período de coleta de dados, a velocidade do ar externo máxima foi de 5,9 m/s e a mínima de 0,9 m/s; a velocidade do ar interno variou entre 0,079 e 0,01 m/s; o céu esteve nublado de manhã e com chuvisco à tarde; a produção de calor máxima foi de 160 W às 20 hs; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>.



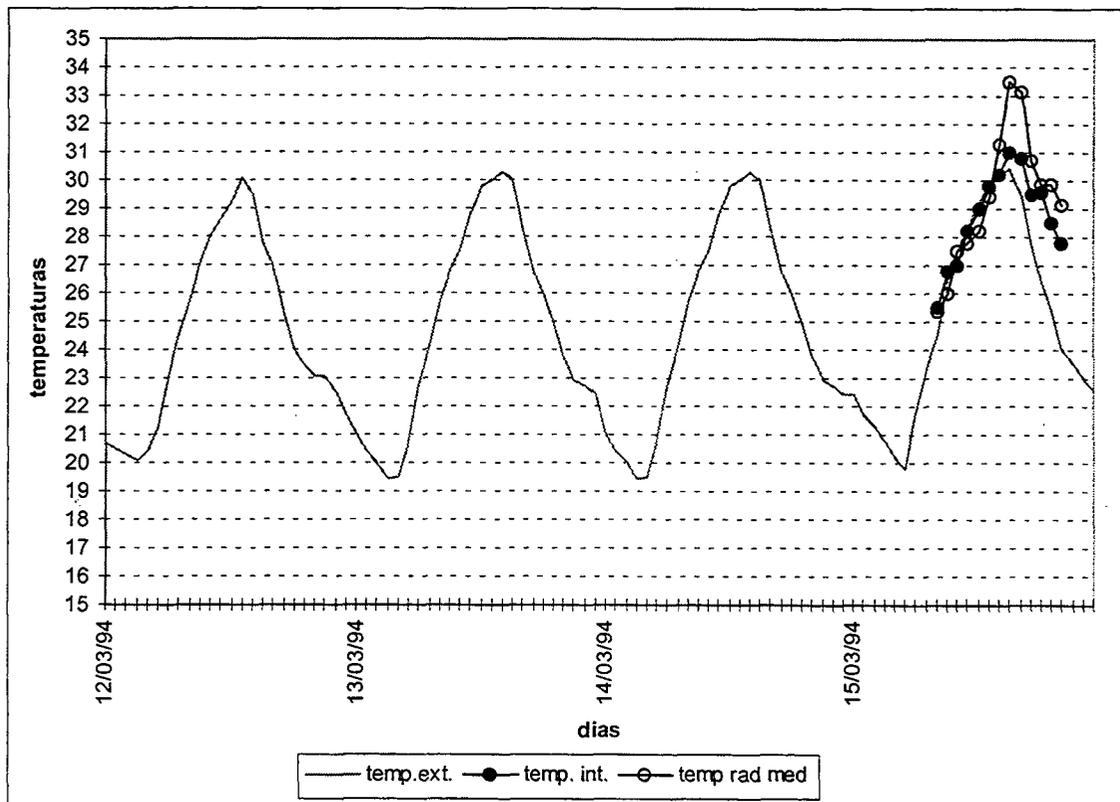
**FIGURA 3.18 - CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 03/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

Na Figura 3.18 aparecem as curvas de temperaturas internas e externa no dia 03/03/94 da casa de concreto monolítico. Nota-se, novamente, a coincidência entre as temperaturas do ar e radiante média interna. O atraso é menor e o amortecimento não ocorre. Pode-se observar uma resistência das temperaturas internas em acompanhar as variações das temperaturas externas que são decrescentes, o que pode corresponder à inércia térmica do sistema construtivo. Neste dia, a velocidade do ar externo variou entre 6,3 e 2,9 m/s; a velocidade do ar interno variou entre 0,08 e 0,017 m/s; o céu esteve claro de manhã e nublado de tarde; a produção de calor interna máxima foi de 160 W; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200W/m<sup>2</sup>.



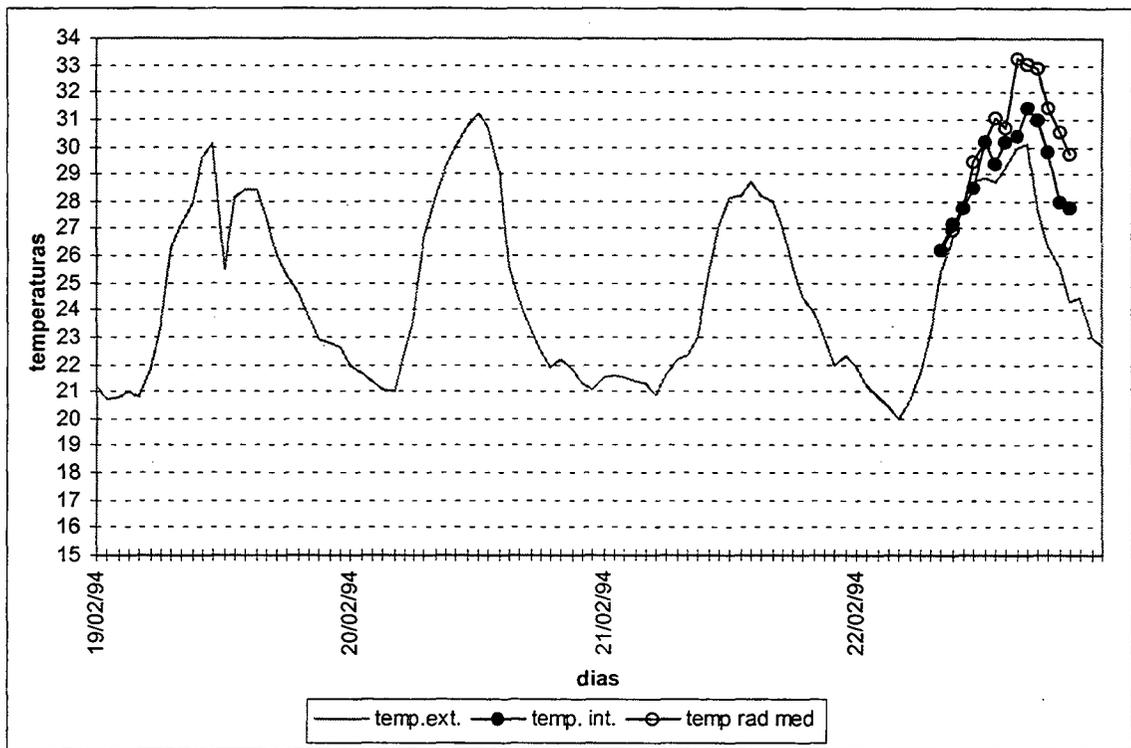
**FIGURA 3.19 - CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 01/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

A casa de tijolos cerâmicos medida no dia 01/03/94, também apresenta resistência em acompanhar as variações das temperaturas externas, que se apresentam em declínio no dia da medição. A temperatura radiante média acompanha os picos da temperatura interna e externa, com uma defasagem de 4 horas. Neste dia, durante o período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 3,4 m/s e 0,8 m/s e entre 0,082 m/s e 0,019 m/s no interior; o céu esteve nublado até as 19 horas; a produção de calor interno máxima foi de 290 W às 21 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 95 e 200 W/m<sup>2</sup>.



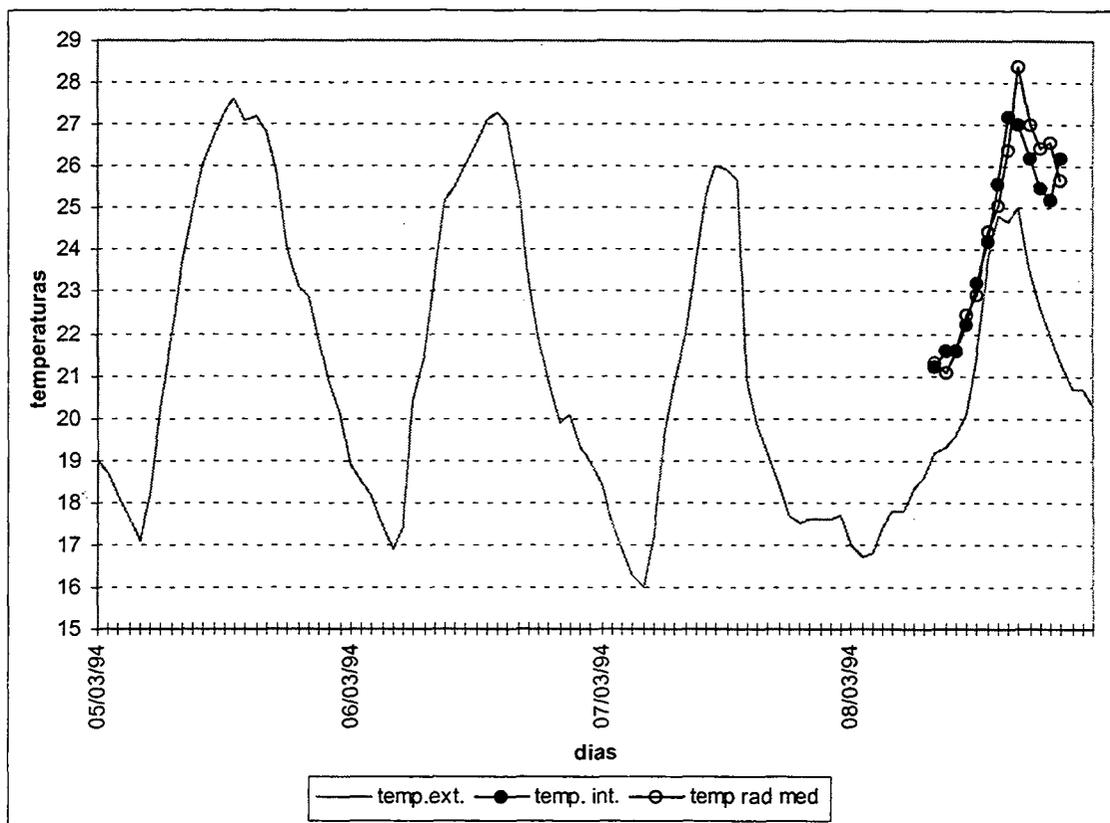
**FIGURA 3.20 - CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 15/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

A segunda medição feita na casa de alvenaria de tijolos cerâmicos, apresentada na Figura 3.20, indica um armazenamento de calor que altera o valor da temperatura radiante média às 16 horas a qual vinha acompanhando as temperaturas internas e externas durante a manhã. Porém, às 18 horas, a temperatura radiante média volta a acompanhar a temperatura interna. Neste dia, durante o período de medição a velocidade do ar no exterior variou entre 4,6 m/s e 1,6 m/s e entre 0,053 m/s e 0,001 m/s no interior; o céu esteve claro até as 21 horas; a produção de calor interno máxima foi de 1153 W entre 9 e 11 horas da manhã; e a taxa de metabolismo variou entre 95 e 200 W/m<sup>2</sup>.



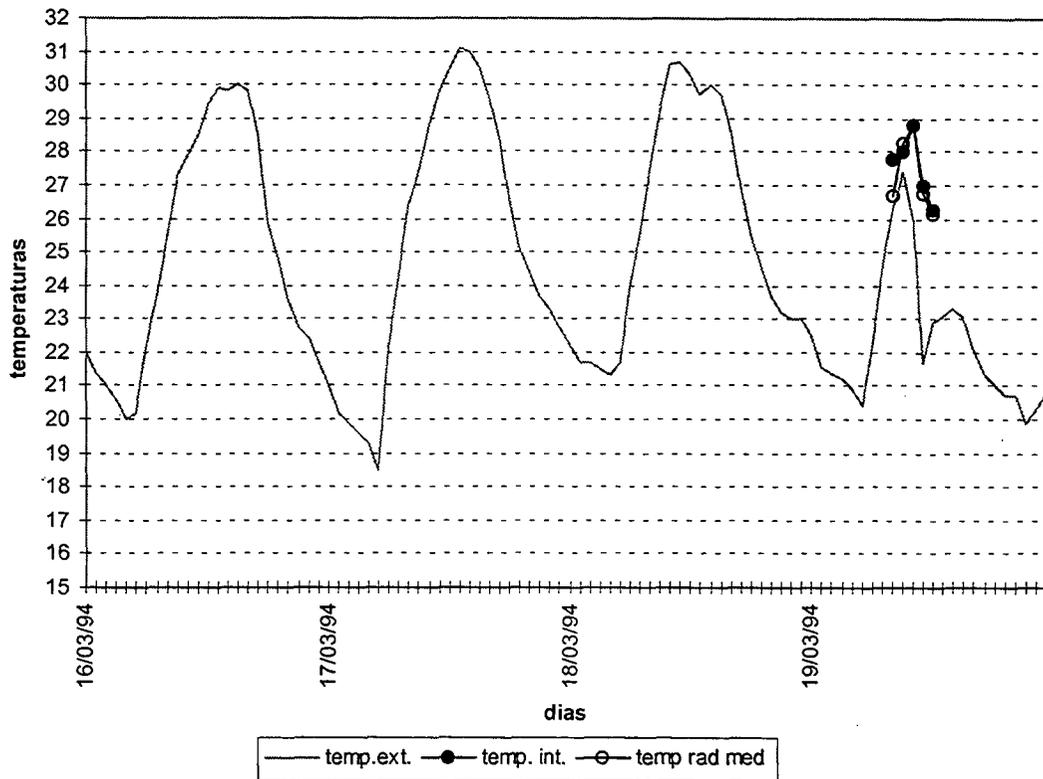
**FIGURA 3.21 - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 22/02/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

No dia 22 /02 /94, na casa de blocos de concreto, as temperaturas internas inicialmente coincidem com as temperaturas externas e vão crescendo no interior mais que no exterior, demonstrando que o sistema não apresenta boa resistência à passagem de calor e permite a intensificação no interior. Neste dia, durante o período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 4,4 m/s e 1,1 m/s e entre 0,265 m/s e 0,001 m/s no interior; o céu esteve entre 1/3 e nublado de manhã e entre 1/3 e 1/4 de tarde; a produção de calor interno máxima foi de 458 W entre 16 e 17 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 95 e 200 W/m<sup>2</sup>.



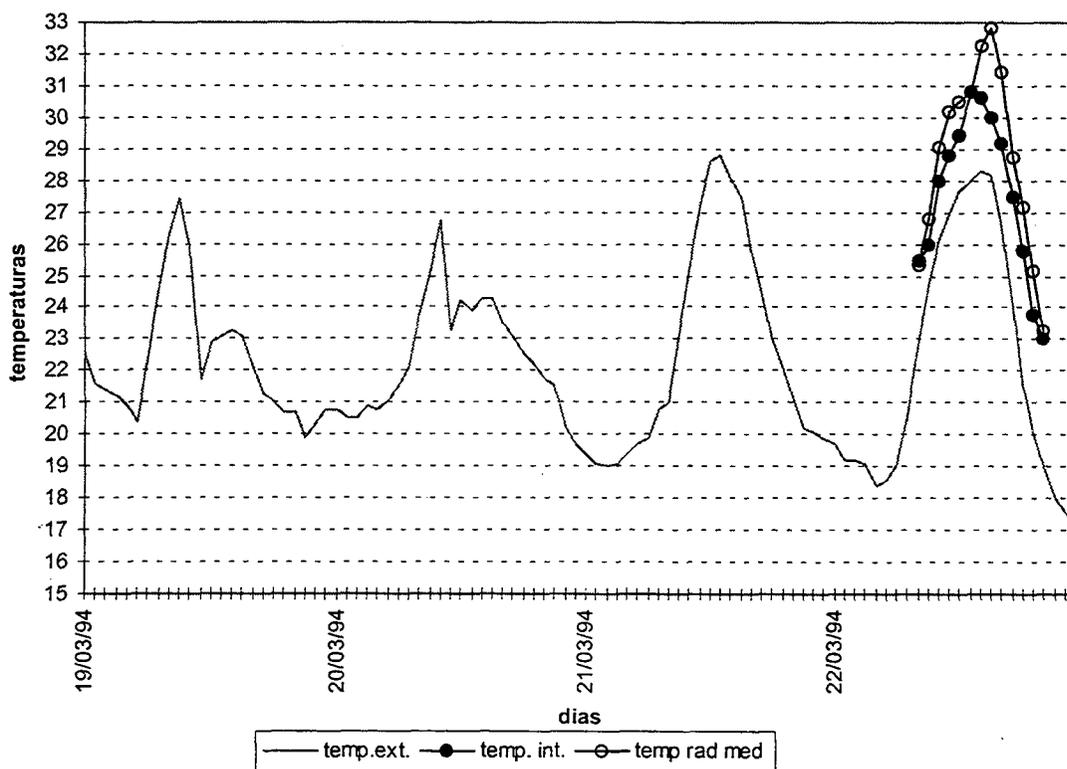
**FIGURA 3.22 - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 08/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

No dia 08/03/94, na casa de blocos de concretos, as temperaturas internas repetem o comportamento apresentado no dia 22/02/94, confirmando que o sistema não apresenta boa resistência à passagem de calor e permite a intensificação no interior. Neste dia, durante o período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 5,4 m/s e 0,8 m/s e 0,15 m/s e 0,014 m/s no interior; o céu esteve nublado de manhã e entre 1/3 e nublado de tarde; a produção de calor interno máxima foi de 220 W entre 20 e 21 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 95 e 200 W/m<sup>2</sup>.



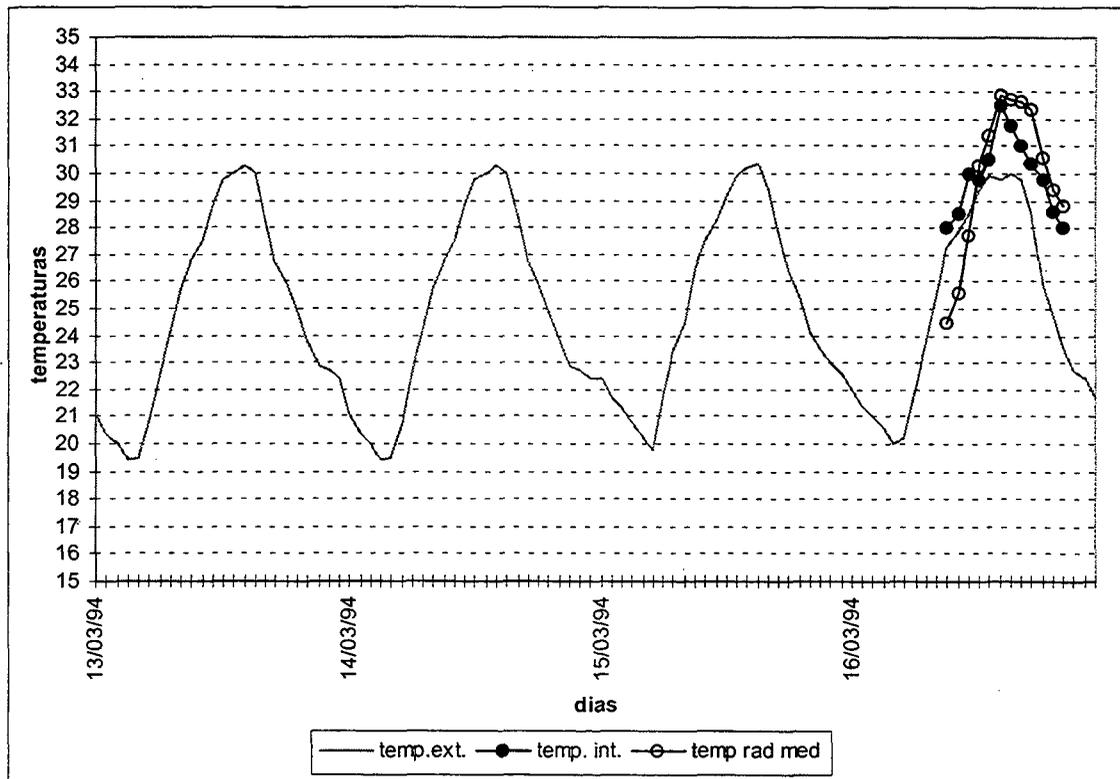
**FIGURA 3.23 - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 19/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

No dia 19/03/94, na casa de ardósia, as temperaturas internas resistem a acompanhar as temperaturas externas que se apresentam em declínio com relação ao dia anterior. As temperaturas do ar e radiante média são coincidentes. Neste dia, não foi possível prosseguir com a coleta de dados, porque se iniciou uma chuva intensa que se prolongou até o final do dia. No período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 5,6 m/s e 0,6 m/s e 0,257 m/s e 0,052 m/s no interior; o céu esteve nublado de manhã e chuva de tarde; a produção de calor interno máxima foi de 485 W de manhã; e a taxa de metabolismo variou entre 95 e 200 W/m<sup>2</sup>.



**FIGURA 3.24 - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 22/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

No dia 22/03/94, na casa de ardósia, as temperaturas internas se destacam das temperaturas externas mesmo sem haver uma queda de temperaturas externas, demonstrando uma baixa resistência à passagem de calor e à conservação deste calor internamente, mesmo com uma velocidade de ar no interior maior que nas outras casas estudadas. Neste dia, durante o período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 5,6 m/s e 0,1 m/s e 0,965 m/s e 0,031 m/s no interior; o céu esteve entre claro e 1/4 até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 1150 W entre 9 e 10 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>.



**FIGURA 3.25 - CASA DE ARGAMASSA ARMADA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 16/03/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

No dia 16/03/94, na casa de argamassa armada, as temperaturas internas se apresentam numa curva com amplitude maior que as temperaturas externas, mesmo sem haver quedas de temperaturas externas nos dias anteriores. Nota-se que o pico de temperaturas internas não tem atraso com relação ao pico de temperaturas externas, o que é justificado pela espessura mínima de 2 cm da argamassa. A temperatura radiante média no início do dia é menor que a temperatura do ar e após às 15 horas é maior que a temperatura do ar. Neste dia, a velocidade do ar no exterior variou entre 4,3 m/s e 1,2 m/s e 0,205 m/s e 0,001 m/s no interior; o céu esteve entre claro e 1/4 até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 430 W às 20 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>.

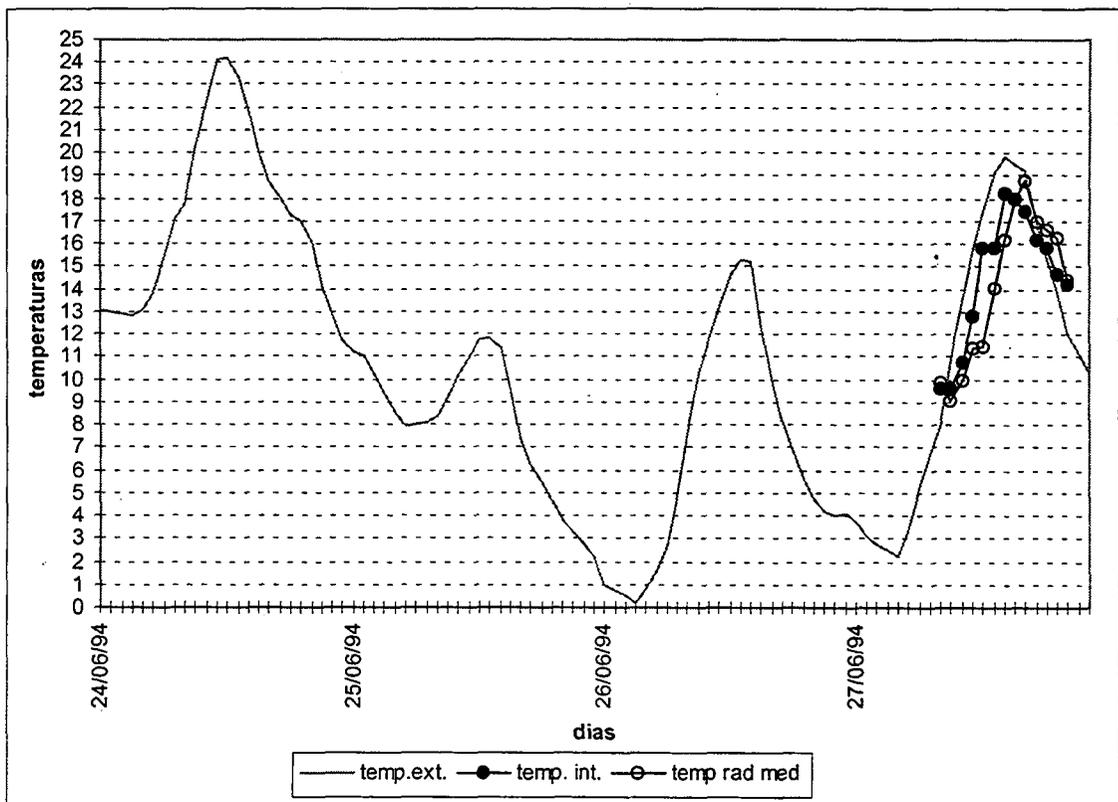
A coleta de dados, realizada em dias dentro do período mais quente do ano para a região de estudo, permite visualizar as curvas de temperaturas internas e compará-las com as curvas de temperaturas externas do dia de coletas de dados e nos dias anteriores

Os resultados obtidos de temperaturas internas nas casas estudadas no verão revelam que, com exceção do dia 17/02/94 na casa de concreto monolítico, todas as casas apresentaram amplitude de temperaturas internas maior que as temperaturas externas. Esse fato não permite identificar um sistema construtivo com melhor desempenho térmico que os outros. Como a coleta de dados foi feita no período mais quente do verão, poderia se esperar situações de desconforto para este período. Entretanto, não é possível estabelecer os períodos de conforto ou quantificar de uma forma exata o desempenho térmico das casas.

Percebe-se, também, que as casas de concreto e de tijolos cerâmicos apresentam um certo atraso na curva de temperaturas internas, enquanto que as casas de blocos de concreto, de ardósia e de argamassa não apresentam atraso na curva de temperaturas internas em relação à curva de temperaturas externas, isto evidencia a inércia térmica dos sistemas mais pesados

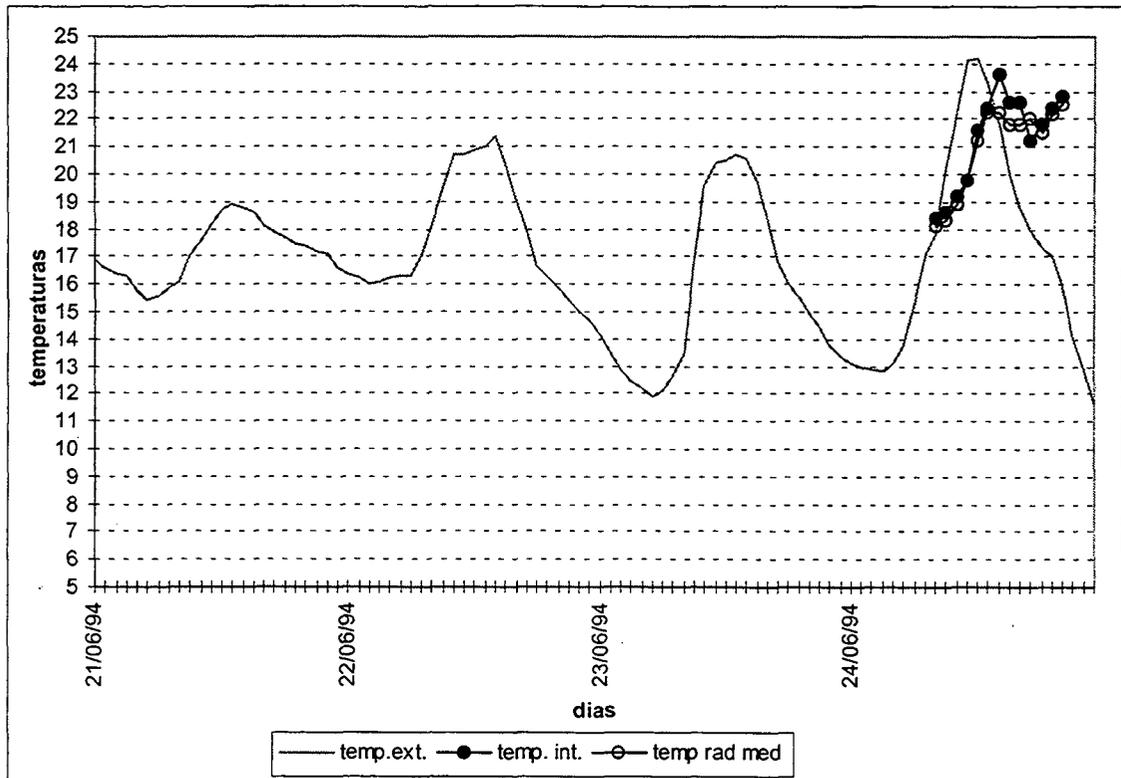
- **Resultados de inverno**

As Figuras 3. 26 a 3.34, mostram os gráficos de temperaturas coletadas nas casas estudadas no período de inverno.



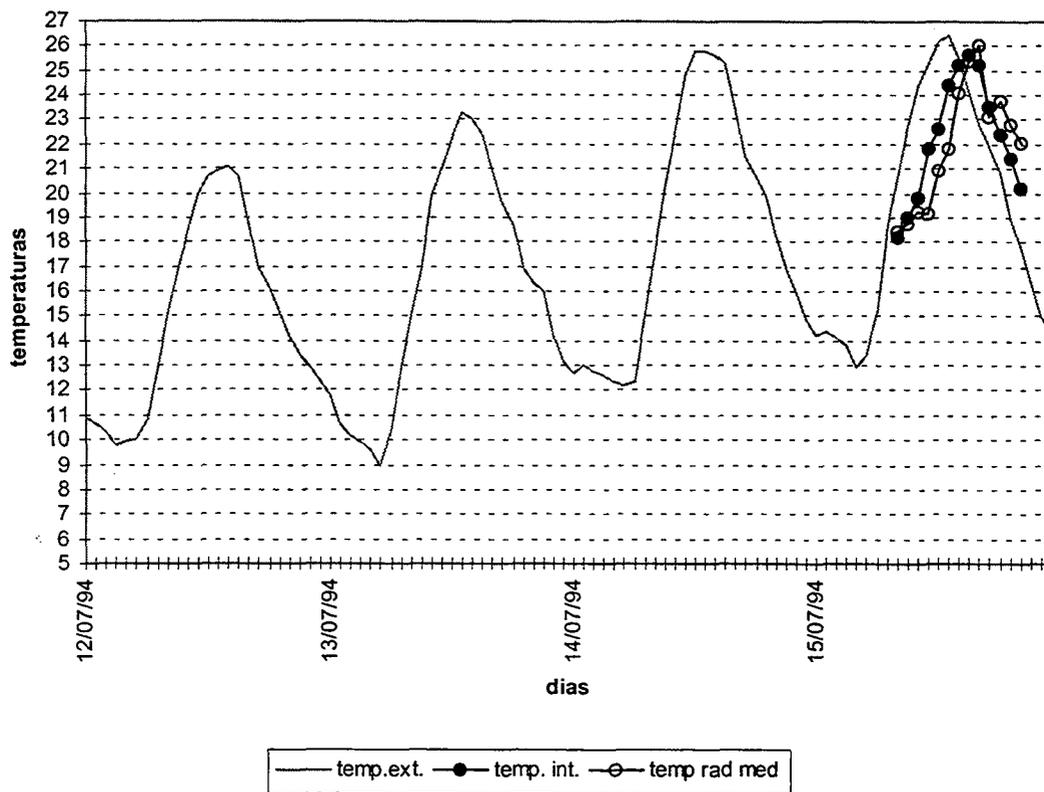
**FIGURA 3.26** - CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 27/06/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 27 /06 /94, na casa de concreto monolítico, as temperaturas internas se apresentam numa curva com amplitude menor que as temperaturas externas. Correlacionando com a evolução das temperaturas externas, que se apresentam em elevação, pode-se interpretar uma resistência que confirma uma inércia térmica do sistema. Nota-se um atraso nas temperaturas internas e uma coincidência entre as temperaturas do ar interna e radiante média. Neste dia, a velocidade do ar no exterior variou entre 1,7 m/s e 0,4 m/s e 0,11 m/s e 0,029 m/s no interior; o céu esteve claro até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 220 W entre as 20 e 21 horas; a taxa de metabolismo variou entre 60 e 200 W/m<sup>2</sup>.



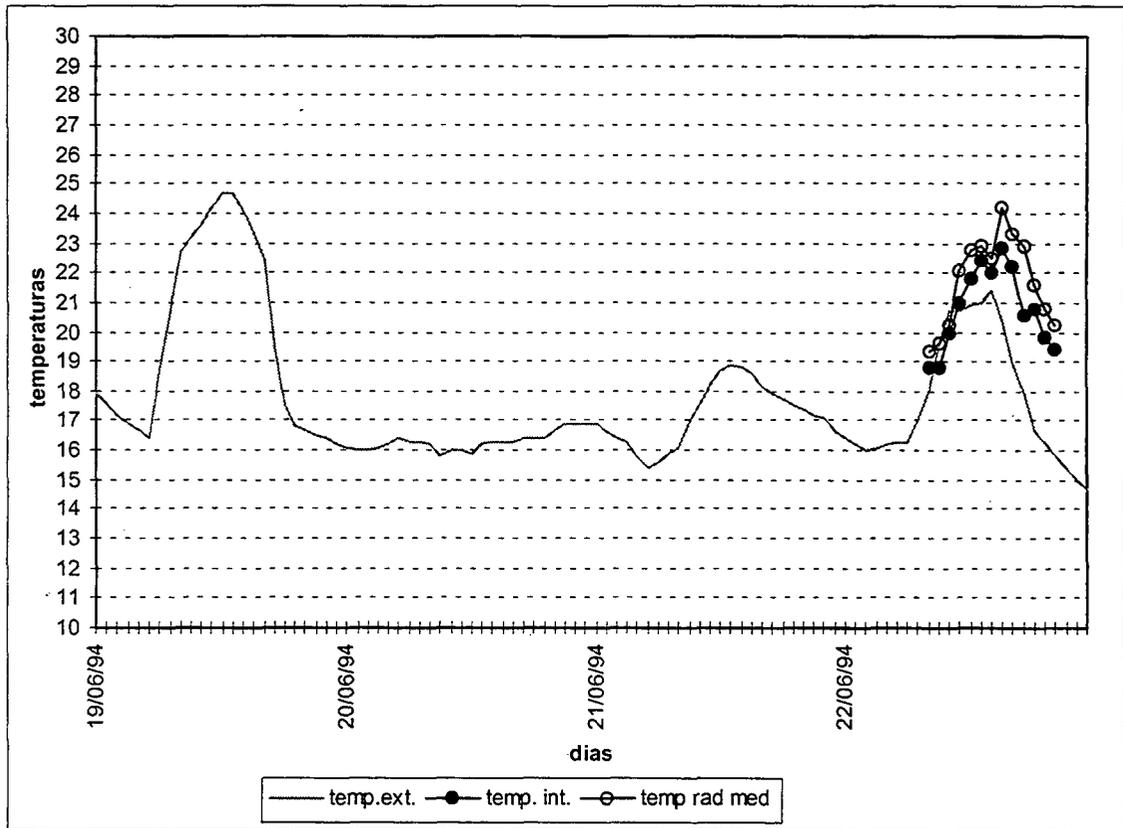
**FIGURA 3.27** - CASA DE ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 24/06/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 24 /06 /94, na casa de tijolos cerâmicos as temperaturas internas se apresentam numa curva com amplitude menor que as temperaturas externas. Correlacionando com a evolução das temperaturas externas que se apresentam em elevação pode-se interpretar uma resistência que confirma uma inércia térmica do sistema. Nota-se um atraso nas temperaturas internas e uma coincidência entre as temperaturas do ar e interna e radiante média. Neste dia a velocidade do ar no exterior variou entre 5,8 m/s e 1,8 m/s e 0,133 m/s e 0,044 m/s no interior; o céu esteve nublado de manhã e com chuva no final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 1270 W às 20 horas; a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>. A elevação de temperaturas internas após as 19 hs, se deu devido a uma chuva que abrigou a permanência de três usuários adultos dentro do salão com as portas e janelas fechadas e com as 4 bocas do fogão ligadas para o preparo da refeição noturna.



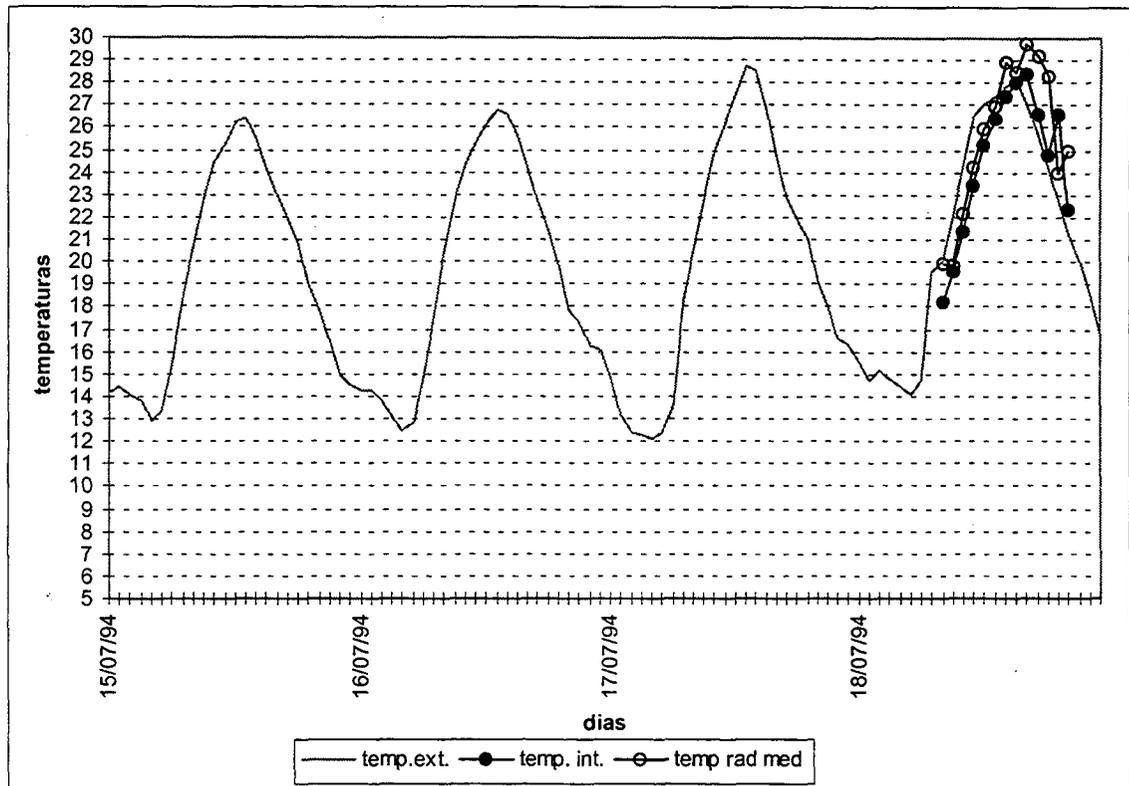
**FIGURA 3.28** - CASA DE ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 15/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 15 /07 /94, na casa de tijolos cerâmicos as temperaturas internas se apresentam também numa curva com amplitude menor que as temperaturas externas. Correlacionando com a evolução das temperaturas externas, que se apresentam em elevação, confirma-se a resistência imposta pela inércia térmica do sistema. Nota-se, também, um atraso nas temperaturas internas e uma coincidência entre as temperaturas do ar interna e radiante média. Neste dia, a velocidade do ar no exterior variou entre 5,8 m/s e 1,8 m/s e 0,133 m/s e 0,044 m/s no interior; o céu esteve nublado de manhã e com chuva no final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 1270 W às 20 horas; a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>.



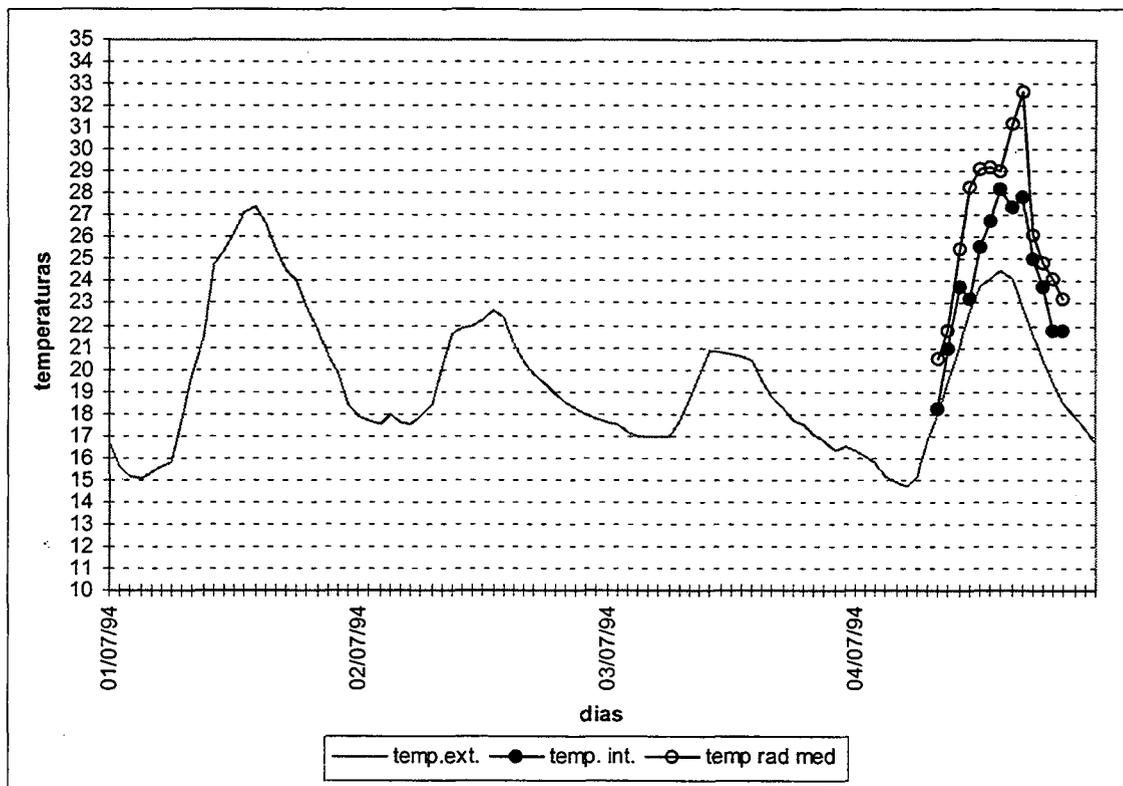
**FIGURA 3.29** - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 22/06/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 22 /06 /94, na casa de blocos de concreto, as temperaturas internas se apresentaram numa curva com amplitude maior que as temperaturas externas. Correlacionando com a evolução das temperaturas externas, que se apresentam em elevação, confirma-se uma baixa resistência à passagem de calor do sistema construtivo e à conservação de calor no interior. Nota-se, também, que o atraso é menor que na casa de tijolos cerâmicos e a coincidência entre as temperaturas do ar interna e radiante média também é observada. Neste dia, a velocidade do ar no exterior variou entre 3,1 m/s e 0,3 m/s e 0,091 m/s e 0,043 m/s no interior; o céu esteve nublado de manhã e de 1/2 a 1/4 até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 60 W das 18 às 21 horas; a taxa de metabolismo variou entre 55 e 115 W/m<sup>2</sup>.



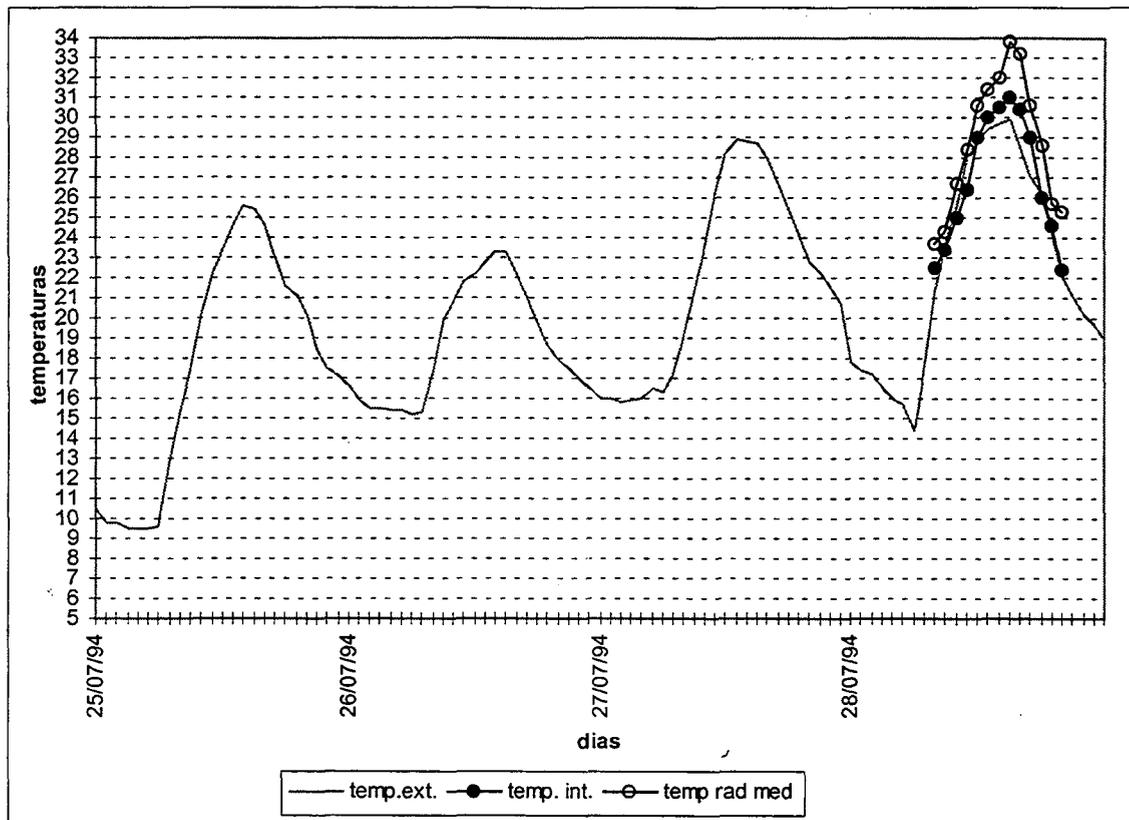
**FIGURA 3.30** - CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 18/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 18 /07 /94, na casa de blocos de concreto as temperaturas internas se apresentaram numa curva com amplitude maior que as temperaturas externas. Esse fato não corresponde ao que foi confirmado na medição do dia 22/06/94, pois correlacionando com a evolução das temperaturas externas que se apresentaram em declínio, confirma-se uma resistência imposta por uma certa inércia térmica do sistema. Nota-se, também, um atraso nas temperaturas internas, menor que na casa de tijolos cerâmicos e uma coincidência entre as temperaturas do ar interna e radiante média. Neste dia, a velocidade do ar no exterior variou entre 3,9 m/s e 0,7 m/s e 0,299 m/s e 0,03 m/s no interior; o céu esteve claro até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 60 W às 20 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 115 W/m<sup>2</sup>.



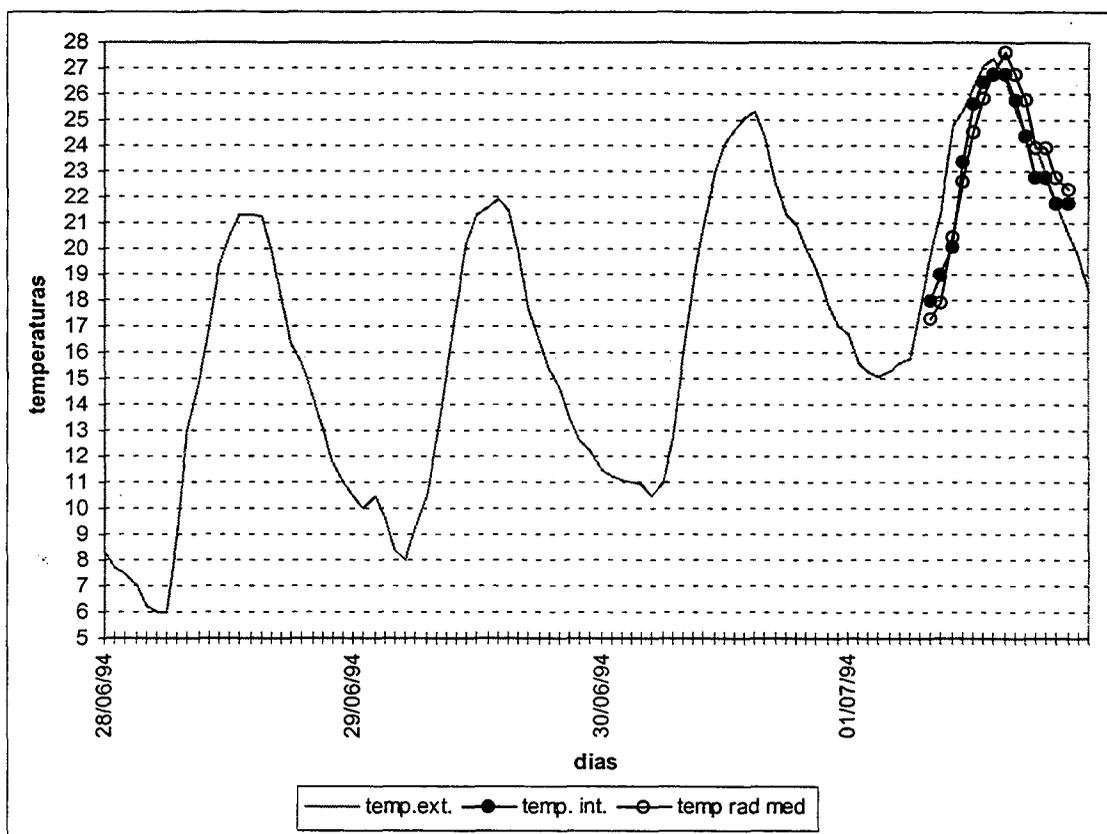
**FIGURA 3.31 - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 04/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES**

No dia 04/07/94, na casa de ardósia, semelhantemente ao resultado nas coletas de dados de verão, as temperaturas internas destacam-se das temperaturas externas, mesmo sem haver uma queda de temperaturas externas, demonstrando uma baixa resistência à passagem de calor e à conservação do calor interno, mesmo com uma velocidade de ar no interior, maior que nas demais casas estudadas. As temperaturas do ar e radiante média não são coincidentes como nas casas de concreto e tijolos. Neste dia durante o período de medição a velocidade do ar no exterior variou entre 3,5 m/s e 1,7 m/s e 0,991 m/s e 0,02 m/s no interior; o céu esteve claro até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 410 W entre 19 e 20 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 115 W/m<sup>2</sup>.



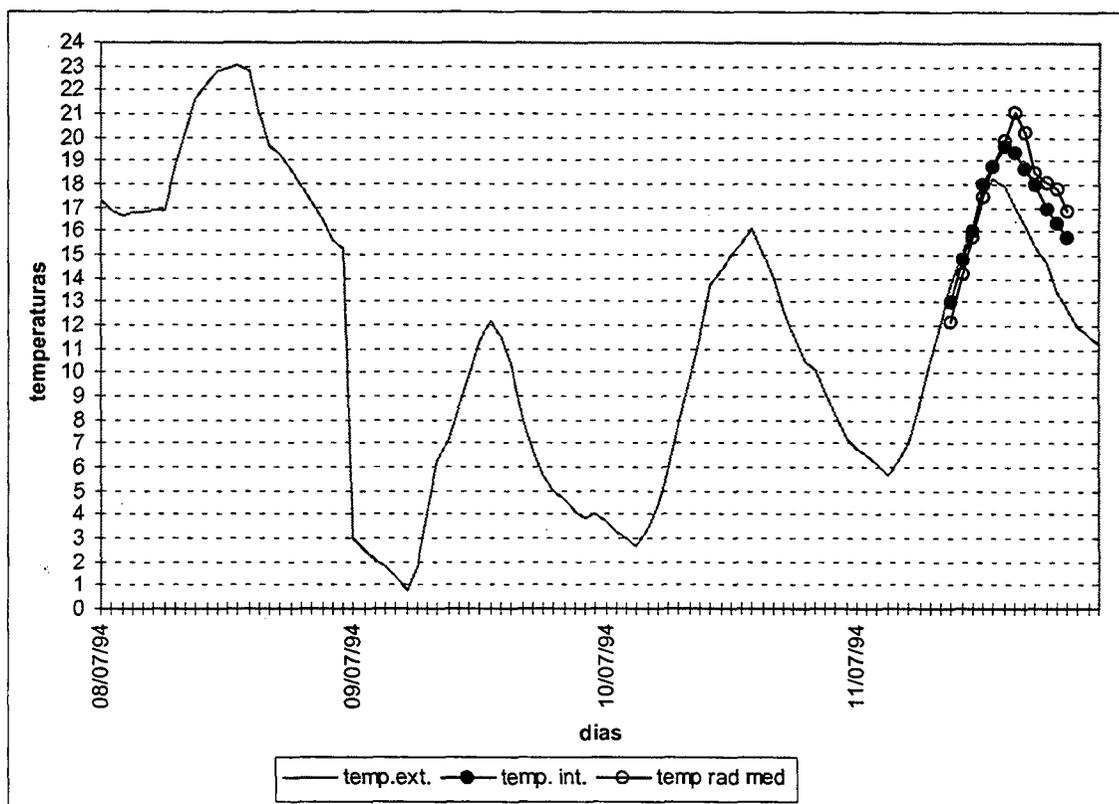
**FIGURA 3.32** - CASA DE ARDÓSIA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 28/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 28/07/94, na casa de ardósia, o gráfico mostra que não há atraso nem amortecimento da curva de temperaturas internas, e a temperatura radiante média se destaca da temperatura do ar, confirmando o resultado da coleta do dia 04/07/94; o que demonstra a baixa resistência à passagem de calor e à conservação deste calor internamente, mesmo com uma velocidade de ar no interior maior que nas demais casas. Neste dia, durante o período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 4,1 m/s e 0,7 m/s e 0,625 m/s e 0,026 m/s no interior; o céu esteve claro até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 903 W entre 14 e 15 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>.



**FIGURA 3.33** - CASA DE ARGAMASSA ARMADA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 01/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 01/07 /94, na casa de argamassa armada, o gráfico mostra também que não há atraso nem amortecimento da curva de temperaturas internas. As temperaturas internas se confundem com as temperaturas externas, e a temperatura radiante média coincide com a temperatura do ar, o que demonstra a inexistência de resistência à passagem de calor. O clima interno é igual ao clima externo. Neste dia, durante o período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 4,8 m/s e 0,2 m/s e 0,057 m/s e 0,013 m/s no interior; o céu esteve 1/4 até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 1250 W entre 15 e 17 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>.



**FIGURA 3.34** - CASA DE ARGAMASSA ARMADA - RESULTADO DE TEMPERATURAS MEDIDAS NO INTERIOR EM 11/07/94 E VARIAÇÃO DE TEMPERATURAS EXTERNAS NOS TRÊS DIAS ANTERIORES

No dia 11/07 /94, na casa de argamassa armada, o gráfico mostra inicialmente uma coincidência entre as temperaturas internas e externas, confirmando a inexistência de inércia térmica. Entretanto, após as 14 horas, as temperaturas internas crescem mais que as externas, demonstrando a baixa resistência à passagem de calor e à conservação deste no interior. Neste dia, durante o período de medição, a velocidade do ar no exterior variou entre 6,5 m/s e 3,5 m/s e 0,111 m/s e 0,032 m/s no interior; o céu esteve claro até o final da medição; a produção de calor interno máxima foi de 430 W às 19 horas; e a taxa de metabolismo variou entre 55 e 200 W/m<sup>2</sup>.

Analisando-se os resultados gráficos das coletas de dados de temperaturas internas e externas no inverno nas casas estudadas, percebe-se que as casas de concreto e tijolos cerâmicos, como no verão, apresentam um certo atraso nas curvas de temperaturas internas com relação à curva de temperaturas externas. A casa de blocos de concreto que não havia apresentado este atraso no verão, apresenta um pequeno atraso

no inverno. A casa de ardósia repete o comportamento apresentado no verão e, no inverno, também não apresenta nenhum atraso na onda térmica interna. Todavia, na casa de argamassa armada, na coleta do dia 11/07/94, aparece um certo atraso da onda térmica interna.

Percebe-se nesta análise, também, que nas casas, de concreto e tijolos cerâmicos, as temperaturas internas apresentam amplitude menor que a onda externa e, nas casas de blocos de concreto, ardósia e argamassa, a curva interna mesmo no verão tem amplitude maior que a curva de temperaturas externas.

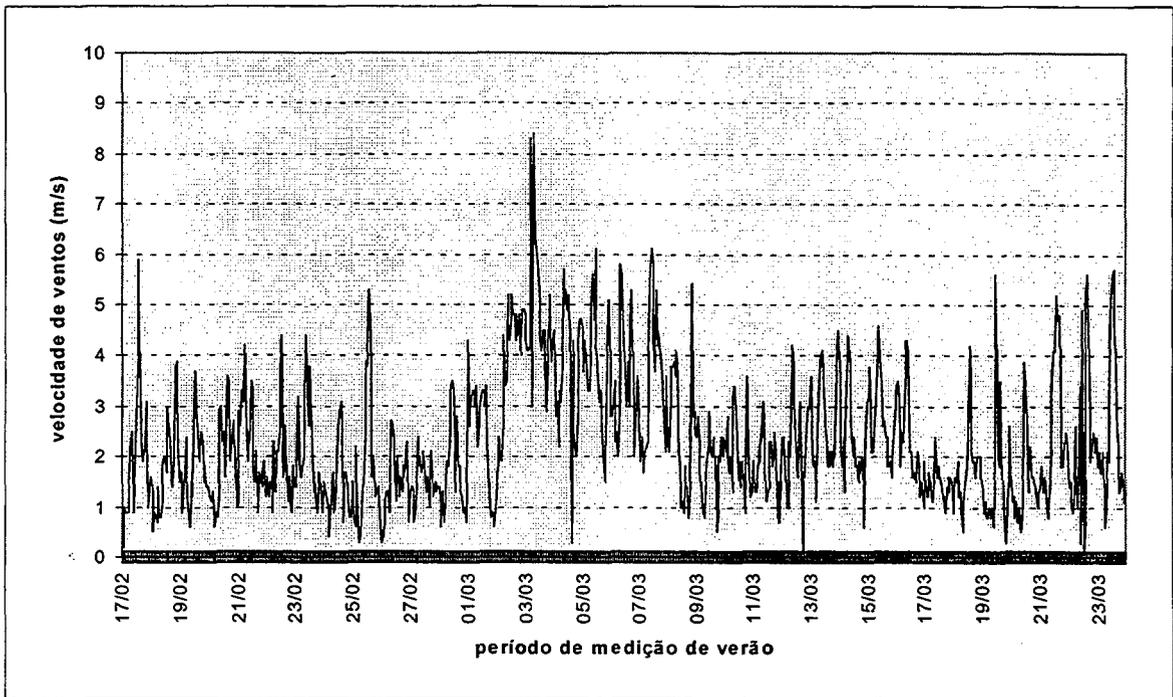
- **Conclusão**

Não é possível estabelecer uma forma para definir o desempenho térmico das cinco unidades habitacionais estudadas, com base nas duas coletas de dados realizadas nos períodos mais quente e mais frio do ano. Entretanto, pelo atraso nas curvas internas das casas de concreto, tijolos cerâmicos e blocos de concreto, percebe-se que existe uma diferença de desempenho térmico entre estas casas e as casas de ardósia e argamassa armada, que não apresentaram atraso nem no inverno nem no verão.

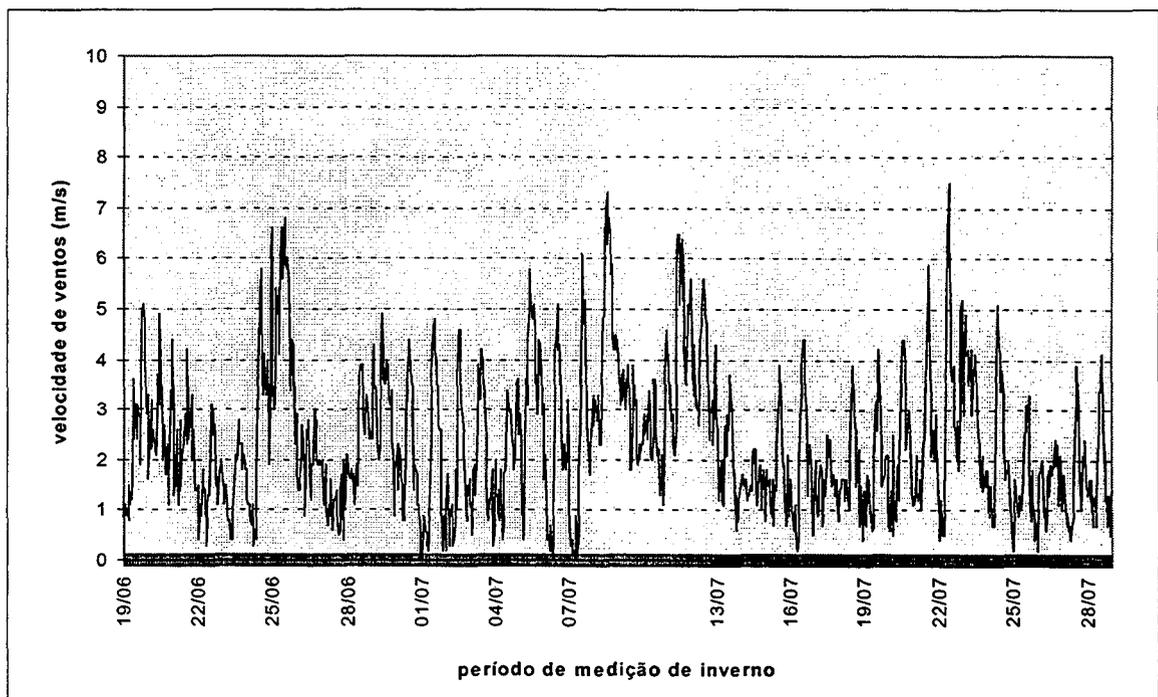
Com o resultado deste levantamento de dados percebeu-se que para avaliar o desempenho térmico destas edificações seria necessário realmente fazer-se uma investigação para o ano inteiro e não apenas para dias nos períodos extremos do ano. Isto reforça o propósito de desenvolver uma metodologia para avaliar o desempenho térmico para o ciclo completo de um ano inteiro.

#### 3.4.7.2 - Resultados obtidos de velocidade do ar interno

Os valores de velocidades de ventos considerados no exterior, foram os registrados no anemógrafo da estação agrometeorológica do IAPAR, sendo os registros digitalizados pelo sistema DIG DMH e fornecidos pela COPEL. Com estes dados, foram montados os gráficos de variação de velocidades de ventos externos para os períodos de coletas de dados de verão e inverno. As variações se encontram representadas nos gráficos das Figuras 3.35 e 3.36.



**FIGURA 3.35 -** VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE VENTOS EXTERNOS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE VERÃO DE 17/02/94 A 22/03/94



**FIGURA 3.36 -** VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE VENTOS EXTERNOS NO PERÍODO DE COLETA DE DADOS DE INVERNO DE 22/06/94 A 28/07/94

Pela análise dos gráficos, percebe-se que no ano de 1994 não ocorreu muita diferença de variação de velocidades de ventos externos nos dois períodos de coleta de dados. Para os períodos de verão e invernos pode-se estimar os mesmos valores máximos de 6 m/s e médios de 2 m/s.

No interior, os valores de velocidade do ar foram obtidos a partir do registro de tempo de queda do nível de mercúrio no Kata termômetro e, posteriormente, calculado através da equação própria do equipamento:

$$V = \left( \frac{h/dt - 0,2}{0,4} \right)^2 \text{ (m/s)}$$

Onde  $V$  é a velocidade do ar interno em metros por segundos,  $h = \frac{448}{s}$ , sendo 448 a constante do Kata termômetro utilizado,  $s$  o tempo de queda medido em segundos e  $dt = (36,5 - t_{ar})$ , sendo  $t_{ar}$  igual à temperatura do ar medida no mesmo horário no termômetro de bulbo seco do psicrômetro giratório.

As Tabelas 3.23 e 3.24 apresentam os resumos de velocidades do ar interno e externo nos períodos de coleta de dados de verão e inverno, representados pelas médias de velocidades referentes aos períodos diários de medição por unidade habitacional.

A média de velocidade do ar externo, na terceira coluna, foi calculada para o período de medição do dia, a partir dos registros coletados no anemógrafo da estação agrometeorológica do IAPAR e digitalizado pelo sistema DIG DMH. O desvio padrão na quarta coluna foi calculado com relação às velocidades do ar externo por hora de medição para o período de medição do dia. A velocidade do ar interno, na quinta coluna, está representada pela média do período de medição diária das relações entre a velocidade do ar interno medida com Kata termômetro e a velocidade do ar externo para cada hora de medição. A percentagem de velocidade do ar interno, na sexta coluna, foi calculada com relação à velocidade do ar externo. Na última coluna são apresentadas as relações entre as áreas útil (efetivas)  $A_v$  de ventilação e a área útil  $A_u$  (interna) ou área de construção  $A_c$ , de cada unidade habitacional.

TABELA 3.23 - RESUMO DE VENTOS NO PERÍODO DE VERÃO

Nº	Data	Local	Média de vel. de ar externo (m/s)	Desvio Padrão (vel. do ar externo)	Relação Percentual de vel. do ar interno e externo	Área útil de ventilação (Aberturas Efetivas) Av. (m <sup>2</sup> )	Área útil de construção Ac. (m <sup>2</sup> )	Relação entre Av/Ac (%)
1	17/02/94	Concreto	2,6	1,33	1,88%	1,96	21,1	9,29%
2	03/03/94	Concreto monolítico	4,8	1,00	1,08%	1,96	21,1	9,29%
3	01/03/94	Tijolos cerâmicos	2,5	1,10	1,78%	1,98	20,01	9,90%
4	15/03/94	Tijolos cerâmicos	2,8	1,02	0,88%	1,98	20,01	9,90%
5	22/02/94	Blocos de concreto	2,2	0,97	2,34%	1,98	20,4	9,71%
6	08/03/94	Blocos de concreto	1,9	1,32	2,72%	1,98	20,4	9,71%
7	19/03/94	Ardósia	2,2	2,29	13,5%	8,12	42,9	18,93%
8	22/03/94	Ardósia	2,7	1,82	39,00%	8,12	42,9	18,93%
9	16/03/94	Argamassa armada	2,3	1,02	2,74%	2,41	34,7	6,95%

TABELA 3.24 - RESUMO DE VENTOS NO PERÍODO DE INVERNO

Nº	Data	Local	Média de vel. de ar externo (m/s)	Desvio Padrão (vel. do ar externo)	Relação Percentual de vel. do ar interno e externo	Área útil de ventilação (Aberturas Efetivas) Av. (m <sup>2</sup> )	Área útil de construção Ac. (m <sup>2</sup> )	Relação entre Av/Ac (%)
10	27/06/94	Concreto monolítico	1,1	0,50	2,12%	1,96	21,1	9,29%
11	24/06/94	Tijolos cerâmicos	3,9	1,23	2,12%	1,98	20,01	9,90%
12	15/07/94	Blocos de concreto	2,2	0,96	2,73%	1,98	20,01	9,90%
13	22/06/94	Blocos de concreto	1,8	0,81	5,33%	1,98	20,4	9,71%
14	18/07/94	Ardósia	2,2	1,02	5,02%	1,98	20,4	9,71%
15	04/07/94	Ardósia	2,6	0,64	6,15%	8,12	42,9	18,93%
16	28/07/94	Argamassa armada	2,2	1,18	7,56%	8,12	42,9	18,93%
17	01/07/94	Argamassa armada	2,9	1,40	2,79%	2,41	34,7	6,95%
18	11/07/94		5,3	0,98	1,40%	2,41	34,7	6,95%

A pouca diferença de variação de velocidade de ventos externos entre o verão e o inverno, no ano de coleta de dados, confirma-se nas Tabelas 3.23 e 3.24, onde, no período de verão, a velocidade média máxima de 4,8 m/s tem um desvio padrão baixo de 1,00, enquanto que para uma média de velocidade de 2,20 m/s, o desvio padrão é maior (2,29). A mesma situação se repete no inverno, onde a média mais alta de velocidade (5,3 m/s) é relacionada com um desvio padrão baixo de 0,98, e a média de velocidade de 2,2 m/s tem um desvio padrão maior (1,18).

Nas Tabelas 3.23 e 3.24, observa-se, também, a inexistência de uma relação direta entre a velocidade de ventos externos e a velocidade do ar interno, representada pela relação percentual de velocidade do ar interno e externo. Isto pode ser explicado pelo controle que o usuário tem de suas aberturas. Entretanto, a relação entre a área de aberturas e a velocidade de ar no interior, é confirmada pelos valores da relação percentual entre a velocidade do ar interno e externo na casa de ardósia no verão e no inverno. Estes valores são os mais altos entre as casas estudadas, correspondendo, também, ao valor maior de área efetiva de aberturas entre as casas estudadas. Em outras palavras, a casa de ardósia, com uma relação de  $A_v/A_c$  duas vezes maior que as demais casas, foi a que apresentou maior valor de velocidade do ar interno medida. Assim, fica evidente a influência da área total das aberturas no incremento de ventilação interna.

Desta forma, conclui-se que o desempenho térmico da casa de ardósia no verão não foi tão diferente do desempenho das demais unidades habitacionais em estudo como se esperava, devido à boa ventilação existente no seu interior.

#### 3.4.7.3 - Resultados obtidos das respostas de sensação térmica dos usuários e cálculos do índice PMV (Voto Médio Estimado)

A sensação térmica foi coletada através da resposta dos usuários a cada hora de medição dos dados climáticos internos. Para tanto, utilizou-se a escala de sete pontos da ANSI/ASHRAE 55-92 que é a mesma escala usada na ISO 7730, para o voto médio estimado PMV.

A ANSI/ASHRAE 55-92 descreve a sensação térmica como um sentimento consciente graduado dentro das categorias: Frio, Fresco, Ligeiramente fresco, Neutro,

Ligeiramente morno, Morno e Quente, equivalentes, respectivamente, aos seguintes valores numéricos: -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3.

Com o intuito de adequar a formulação do questionamento aos costumes e maneiras de expressão dos usuários em Londrina, os seguintes termos foram usados: Muito frio, Frio, Pouco frio, Bom, Pouco quente, Quente e Muito quente, correspondendo, respectivamente, aos valores : -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 da escala de sete pontos da ASHRAE.

A coleta de dados de sensação térmica através da resposta do usuário ficou restrita à usuárias do sexo feminino (donas das casas). No geral, foram as mesmas pessoas que responderam durante todo o período de medição, em cada casa, tanto para o verão como para o inverno, nas duas vezes em que ocorreram as observações.

O Voto Médio Estimado (PMV), foi calculado para cada hora de dados coletados, empregando-se a equação de Fanger, conforme a ISO 7730. Os cálculos foram feitos pelos programas Fanger Bat, Win PMV e atualizados pelo programa Analysis, versão 1.27, desenvolvidos pelo Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC) da UFSC. Nos cálculos foram usados os dados de temperatura do ar e radiante média, umidade relativa e velocidade do ar, coletados no interior das unidades habitacionais em estudo e calculados conforme descrito no item 3.4.7.1.

A vestimenta e a atividade foram também coletadas a cada hora. Para valores de resistência térmica das vestimentas foram adotados os valores da Tabela 8 do Capítulo 8 do Fundamentals Handbook (SI) ASHRAE (1993). Conforme a ANSI ASHRAE 55-92, o isolamento da roupa ( $I_{cl}$ ) é a resistência à transferência de calor sensível proporcionada pelo conjunto de roupa (mais de uma peça). Descreve-se como o isolamento intrínseco entre a pele e a superfície da roupa, não incluindo a resistência superficial externa, expresso em unidade de clo.

A mesma norma especifica o isolamento de uma única peça de roupa ( $I_{clu}$ ) como sendo o acréscimo de resistência à transferência de calor sensível, obtido adicionando-se uma peça individual sobre o corpo despido. É o incremento efetivo no isolamento total atribuído à peça de roupa, sendo expresso em unidade de clo.

Para os dados coletados em Londrina, o cálculo do isolamento global das vestimentas ( $I_{cl}$ ) foi feito através da equação abaixo, conforme ASHRAE (1993):

$$I_{cl} = 0,82 \times \sum_{i=1}^{i=n} I_{clu}$$

O registro do tipo de atividade, coletado a cada hora, foi transformado em valores de metabolismo em  $W/m^2$ . Para tanto, foram adotados os valores existentes na Tabela 4 do Capítulo 8, do Fundamentals Handbook ASHRAE (1993). Essa tabela apresenta valores máximo e mínimo de metabolismo (em  $W/m^2$ ), por tipo de atividade.

Devido à dificuldade em se adotar um valor dentro destes limites máximo e mínimo, que realmente representasse o valor correspondente à atividade registrada, adotou-se a faixa total de valores apresentada pela Tabela 4, Capítulo 8 da ASHRAE (1993). Portanto, para cada hora de dados coletados, foram calculados dois valores de PMV, os quais corresponderam ao metabolismo mínimo e máximo por tipo de atividade. Dessa forma, tornou-se possível analisar os valores de respostas dos usuários dentro do intervalo de valores de PMV calculados.

Os resultados médios de vestimenta e metabolismo para as 223 horas de observação, estão apresentados na Tabela 3.25

**TABELA 3.25 - RESUMO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS PESSOAIS**

		Estação			
		Verão		Inverno	
<b>Isolamento da Vestimenta (clo)</b>	<b>Número de Observações</b>	107		116	
	Valor Máximo	0.62		1.05	
	Valor Mínimo	0.19		0.24	
	Média	0,29		0,65	
	Desvio Padrão	0.11		0.20	
		<b>Ativ. Max.</b>	<b>Ativ. Mín.</b>	<b>Ativ. Max.</b>	<b>Ativ. Mín.</b>
<b>Metabolismo (<math>W/m^2</math>)</b>	Valor Máximo	200.00	95	200.00	95
	Valor Mínimo	70.00	55	70.00	55
	Média	170.32	85	141.98	69
	Desvio Padrão	59.49	17.02	45.37	18.87

Os valores utilizados para representar a resistência térmica da vestimenta, foram calculados a partir do registro do tipo de roupa dos usuários, no momento das medições não havendo dificuldade em traduzir o registro de roupas para o valor da resistência térmica. Entretanto para traduzir o tipo de atividade em valores de metabolismo, como a tabela ASHRAE (1993) apresenta um intervalo de valores para um mesmo tipo de atividade e, inclusive, dependendo do tipo de atividade, o intervalo pode ser mais largo ou mais estreito, como consequência desta variação, os valores de PMV calculados máximos e mínimos, ora se aproximam ou se afastam nas curvas dos gráficos apresentados nas páginas seguintes.

As Tabelas 3.26 a 3.43 apresentam os valores horários de: temperaturas externas e internas; vestimenta, metabolismo máximo e mínimo; PMV máximo e mínimo; e resposta do usuário. Consta, também, o número e percentagem de valores de respostas dos usuários que caíram dentro, acima e abaixo da faixa de PMV, calculado para cada dia de medição. Foram também registrados os valores das temperaturas neutras ( $t_n$ ) em °C que ocorreram em cada dia de medição.

Como temperaturas neutras, foram consideradas as temperaturas medidas no interior das unidades habitacionais estudadas, que corresponderam a uma resposta de sensação térmica do usuário igual a *bom*. Isto é traduzido por *zero* na escala de sete ponto da ASHRAE, o que representa uma sensação de conforto térmico ou satisfação térmica do usuário.

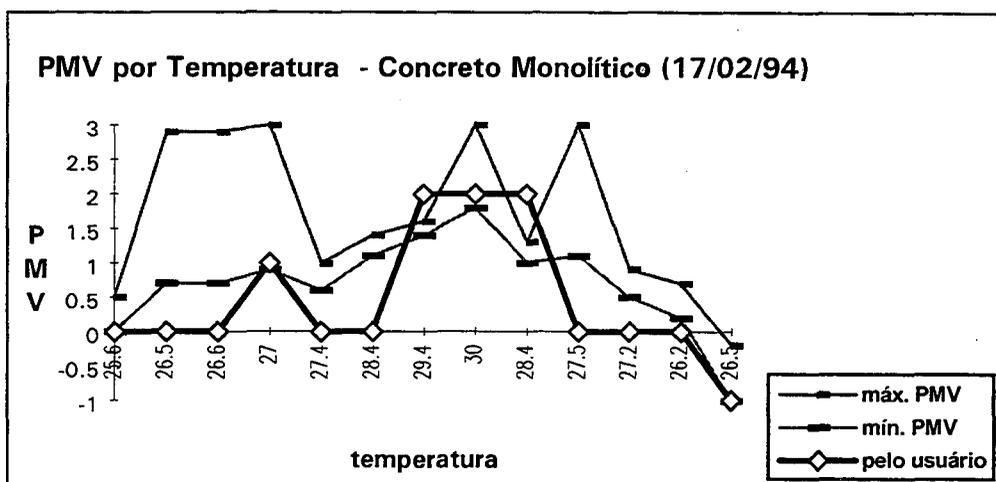
Os gráficos das Figuras 3. 37 a 3. 54, apresentam as curvas de PMV para os metabolismos máximos e mínimos, correspondentes a cada atividade registrada, e os valores de respostas de sensação térmica dos usuários, coletadas por hora.

**TABELA 3.26 - DADOS COLETADOS NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - 17/02/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	cio Total	Metabol. Máx.	Metabol. Min.	PMV Máx.	PMV Min.	Resposta do Usuário
8:00	27.1	25.6	0.459	70	55	0.5	0	0
9:00	26.8	26.5	0.459	200	70	2.9	0.7	0
10:00	27.1	26.6	0.459	200	70	2.9	0.7	0
11:00	27.5	27	0.459	200	70	3	0.9	1
12:00	29.6	27.4	0.459	70	55	1	0.6	0
13:00	31.1	28.4	0.459	70	55	1.4	1.1	0
14:00	31.6	29.4	0.459	70	55	1.6	1.4	2
15:00	24.9	30	0.459	200	60	3	1.8	2
16:00	23.5	28.4	0.459	70	55	1.3	1	2
17:00	23.1	27.5	0.459	200	70	3	1.1	0
18:00	22.6	27.2	0.459	70	55	0.9	0.5	0
19:00	22.3	26.2	0.459	70	55	0.7	0.2	0
20:00	22.8	26.5	0.459	70	55	-0.2	-1	-1
21:00	22.2							
<b>MÉDIA</b>						1.69	0.69	0.46

	n	Porcentagem
PMV Dentro	4	30.77
PMV Acima	2	15.38
PMV Abaixo	7	53.83
Soma	13	100.00

tn = 25,6 / 26,5 / 27,4 / 28,4 / 27,5 / 27,2 / 26,2 (em °C)



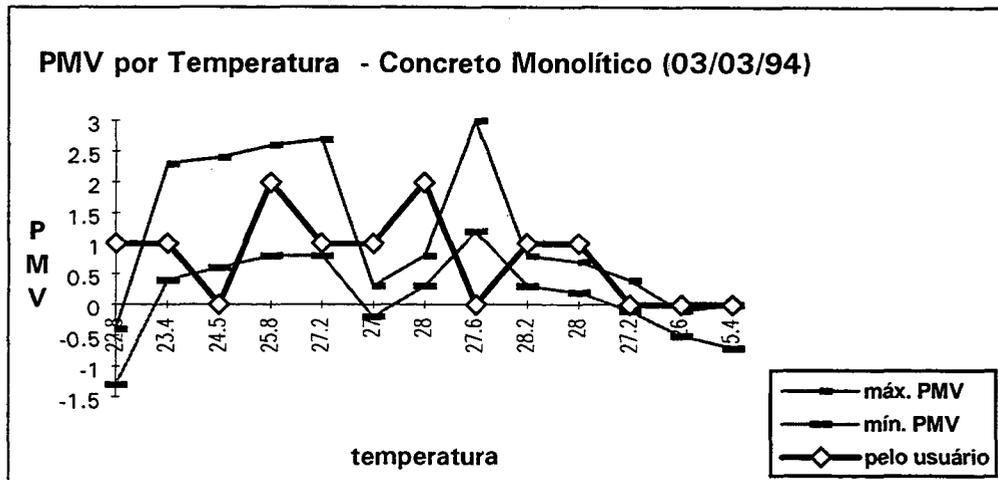
**FIGURA 3.37- VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.27 - DADOS COLETADOS NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - 03/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	22,8	22,8	0,484	70	55	-0,4	-1,3	1
10:00	23,6	23,4	0,484	200	95	2,3	0,4	1
11:00	24,2	24,5	0,484	200	95	2,4	0,6	0
12:00	24,1	25,8	0,484	200	95	2,6	0,8	2
13:00	24,9	27,2	0,279	200	95	2,7	0,8	1
14:00	25,6	27	0,246	70	55	0,3	-0,2	1
15:00	24,8	28	0,262	70	55	0,8	0,3	2
16:00	25	27,6	0,262	200	95	3	1,2	0
17:00	24,3	28,2	0,262	70	55	0,8	0,3	1
18:00	23	28	0,262	70	55	0,7	0,2	1
19:00	22,1	27,2	0,262	70	55	0,4	-0,1	0
20:00	21,7	26	0,262	70	55	-0,1	-0,5	0
21:00	21,5	25,4	0,262	70	55	0	-0,7	0
<b>MÉDIA</b>						1,16	0,27	0,77

	n	Porcentagem
PMV Dentro	5	38,46
PMV Acima	6	46,15
PMV Abaixo	2	15,38
Soma	13	100,00

$$t_n = 24,6 / 27,6 / 27,2 / 26 / 25,4 \text{ (em } ^\circ\text{C)}$$



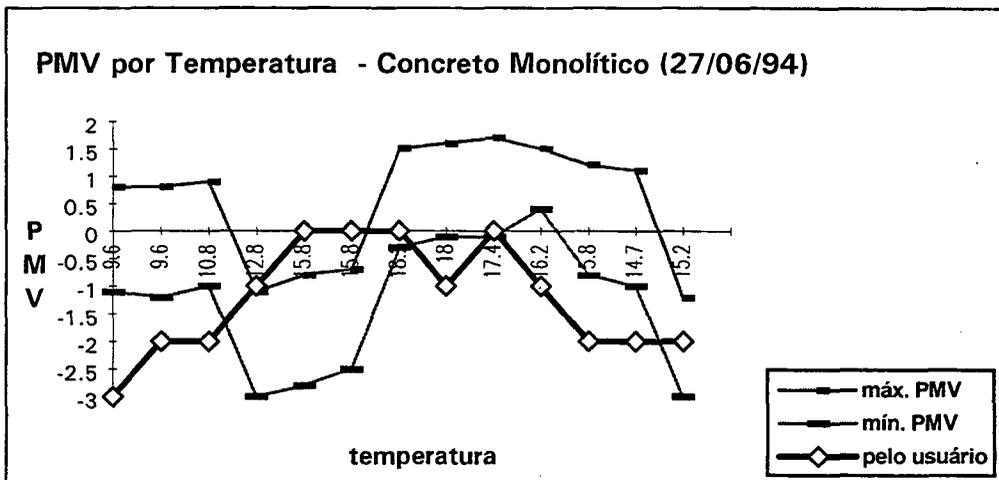
**FIGURA 3.38 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.28-** DADOS COLETADOS NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO - 27/06/94 PARA CÁLCULO DE PMV

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	8	9,6	1,05	200	95	0,8	-1,1	-3
10:00	10,9	9,6	1,05	200	95	0,8	-1,2	-2
11:00	13,6	10,8	1,05	200	95	0,9	-1	-2
12:00	15,7	12,8	0,845	95	60	-1,1	-3	-1
13:00	17,4	15,8	0,845	95	60	-0,8	-2,8	0
14:00	19,1	15,8	0,845	95	60	-0,7	-2,5	0
15:00	19,8	18,2	0,869	200	95	1,5	-3	0
16:00	19,5	18	0,869	200	95	1,6	-0,1	-1
17:00	19,2	17,4	0,869	200	95	1,7	-0,1	0
18:00	16,8	16,2	0,869	200	95	1,5	-0,4	-1
19:00	15,4	15,8	0,664	200	95	1,2	-0,8	-2
20:00	13,9	14,7	0,664	200	95	1,1	-1	-2
21:00	12,1	14,2	0,664	95	60	-1,2	-3	-2
<b>MÉDIA</b>						0,56	-1,3	-1,23

	n	Porcentagem
PMV Dentro	4	30,77
PMV Acima	2	15,38
PMV Abaixo	7	53,85
Soma	13	100,00

$t_n = 15,8 / 15,8 / 18,2 / 17,4$  (em °C)



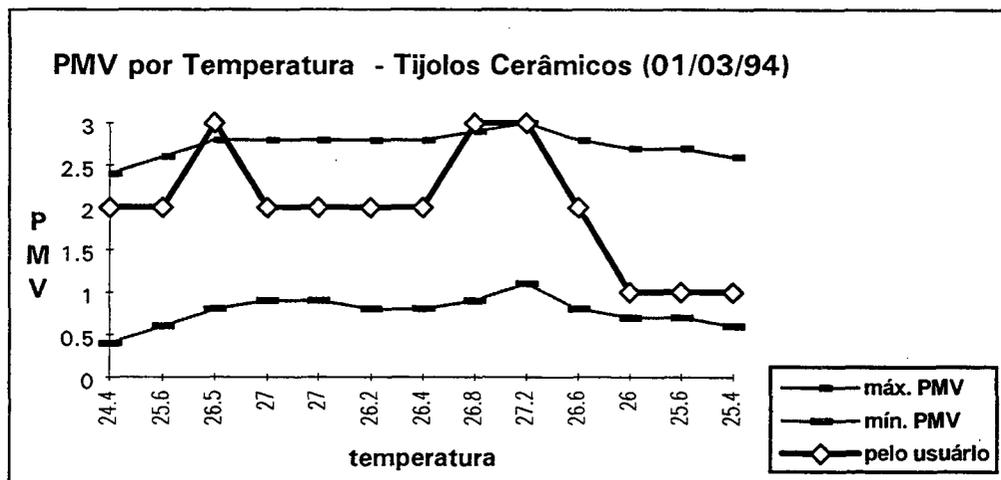
**FIGURA 3.39 -** VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO

**TABELA 3.29 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 01/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	23,3	24,4	0,197	200	95	2,4	0,4	2
10:00	24,9	25,6	0,197	200	95	2,6	0,6	2
11:00	25,7	26,5	0,197	200	95	2,8	0,8	3
12:00	25,4	27	0,197	200	95	2,8	0,9	2
13:00	24,5	27	0,197	200	95	2,8	0,9	2
14:00	24,1	26,2	0,197	200	95	2,8	0,8	2
15:00	24,5	26,4	0,197	200	95	2,8	0,8	2
16:00	25,3	26,8	0,197	200	95	2,9	0,9	3
17:00	24,6	27,2	0,197	200	95	3	1,1	3
18:00	23,7	26,6	0,197	200	95	2,8	0,8	2
19:00	23,6	26	0,197	200	95	2,7	0,7	1
20:00	23,2	25,6	0,197	200	95	2,7	0,7	1
21:00	22,8	25,4	0,197	200	95	2,6	0,6	1
<b>MÉDIA</b>						<b>2,75</b>	<b>0,77</b>	<b>2,00</b>

	n	Porcentagem
PMV Dentro	11	84,62
PMV Acima	2	15,38
PMV Abaixo	0	0,00
Soma	13	100,00

tn = nenhuma



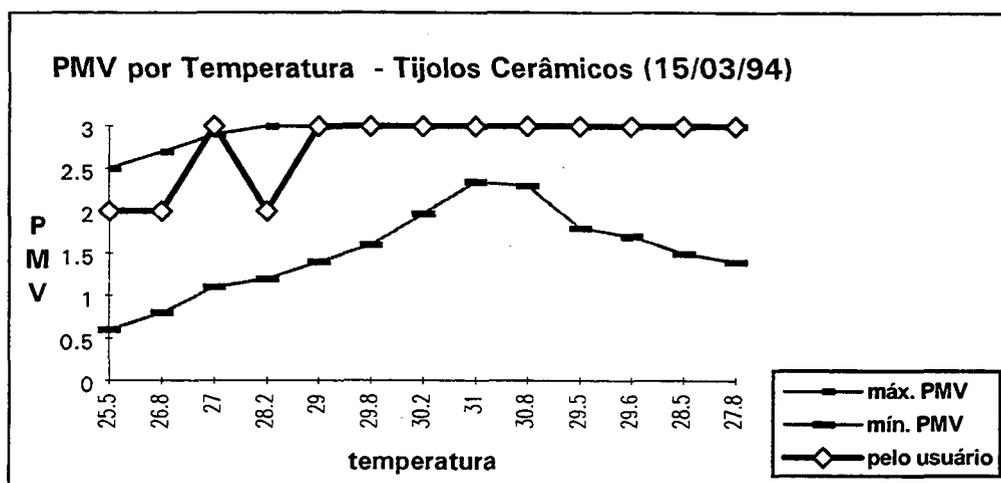
**FIGURA 3.40 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.30 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 15/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	24,5	25,5	0,254	200	95	2,5	0,6	2
10:00	26,5	26,8	0,254	200	95	2,7	0,8	2
11:00	27,5	27	0,254	200	95	2,9	1,1	3
12:00	28,3	28,2	0,254	200	95	3	1,2	2
13:00	29,2	29	0,254	200	95	3	1,4	3
14:00	29,9	29,8	0,254	200	95	3	1,6	3
15:00	30,2	30,2	0,254	200	95	3	1,97	3
16:00	30,4	31	0,238	200	95	3	2,34	3
17:00	29,4	30,8	0,238	200	95	3	2,3	3
18:00	27,8	29,5	0,254	200	95	3	1,8	3
19:00	26,4	29,6	0,238	200	95	3	1,7	3
20:00	25,4	28,5	0,254	200	95	3	1,5	3
21:00	24,1	27,8	0,238	200	95	3	1,4	3
<b>MÉDIA</b>						<b>2,93</b>	<b>1,51</b>	<b>2,77</b>

	n	Porcentagem
PMV Dentro	12	92,31
PMV Acima	1	7,69
PMV Abaixo	0	0,00
Soma	13	100,00

tn = nenhuma



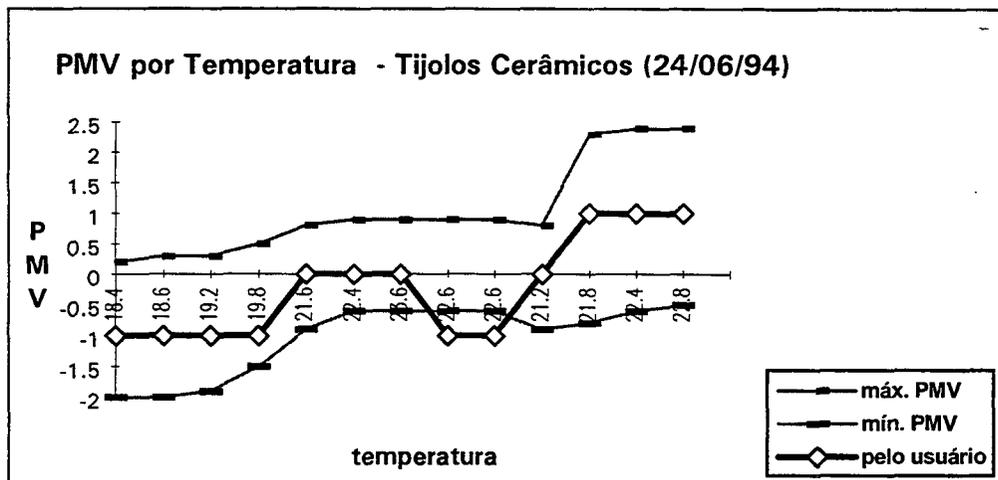
**FIGURA 3.41 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.31 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 24/06/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	17,8	18,4	0,754	115	55	0,2	-2	-1
10:00	20,2	18,6	0,754	115	55	0,3	-2	-1
11:00	22,3	19,2	0,754	115	55	0,3	-1,9	-1
12:00	24,1	19,8	0,754	115	55	0,5	-1,5	-1
13:00	24,2	21,6	0,754	115	55	0,8	-0,9	0
14:00	23,3	22,4	0,754	115	55	0,9	-0,6	0
15:00	21,8	23,6	0,754	115	55	0,9	-0,6	0
16:00	20	22,6	0,754	115	55	0,9	-0,6	-1
17:00	18,8	22,6	0,754	115	55	0,9	-0,6	-1
18:00	18	21,2	0,754	115	55	0,8	-0,9	0
19:00	17,3	21,8	0,754	200	55	2,3	-0,8	1
20:00	17	22,4	0,754	200	55	2,4	-0,6	1
21:00	16	22,8	0,754	200	55	2,4	-0,5	1
<b>MÉDIA</b>						<b>1,05</b>	<b>-1</b>	<b>-0,23</b>

	n	Porcentagem
PMV Dentro	11	84,62
PMV Acima	0	0,00
PMV Abaixo	2	15,38
Soma	13	100,00

t<sub>n</sub> = 21,6 / 22,4 / 23,6 / 21,2 (em °C)



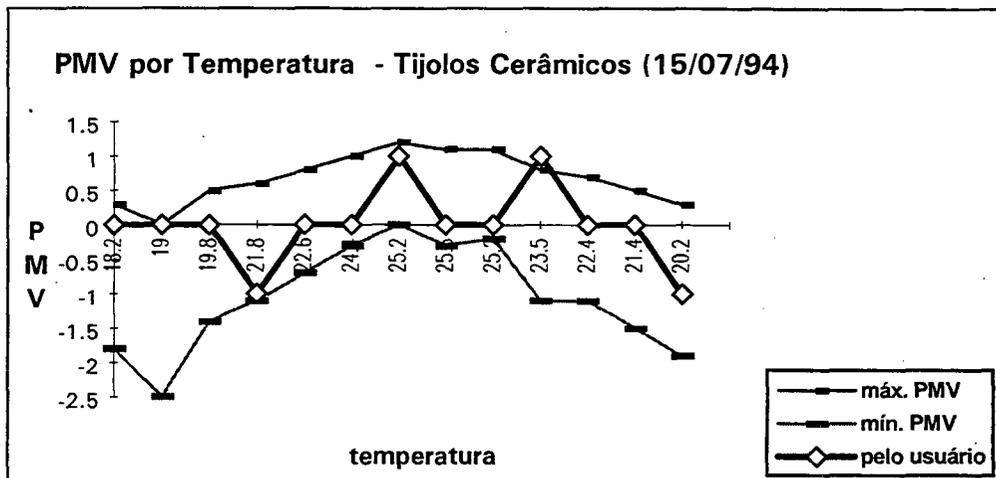
**FIGURA 3.42 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.32 - DADOS COLETADOS NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS - 15/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	20,7	18,2	0,861	115	55	0,3	-1,8	0
10:00	22,8	19	0,582	115	55	0	-2,5	0
11:00	24,4	19,8	0,861	115	55	0,5	-1,4	0
12:00	25,3	21,8	0,861	115	55	0,6	-1,1	-1
13:00	26,2	22,6	0,861	115	55	0,8	-0,7	0
14:00	26,4	24,4	0,861	115	55	1	-0,3	0
15:00	25,5	25,2	0,861	115	55	1,2	0	1
16:00	24,2	25,6	0,533	115	55	1,1	-0,3	0
17:00	22,9	25,2	0,533	115	55	1,1	-0,2	0
18:00	21,9	23,5	0,533	115	55	0,8	-1,1	1
19:00	20,8	22,4	0,533	115	55	0,7	-1,1	0
20:00	19	21,4	0,533	115	55	0,5	-1,5	0
21:00	17,8	20,2	0,533	115	55	0,3	-1,9	-1
<b>MÉDIA</b>						0,68	-1	0

	n	Porcentagem
PMV Dentro	12	92,31
PMV Acima	1	7,69
PMV Abaixo	0	0,00
Soma	13	100,00

$t_n = 18,2 / 19 / 19,8 / 21,8 / 22,6 / 24,4 / 25,6 / 25,2 / 22,4 / 21,4$  (em °C)



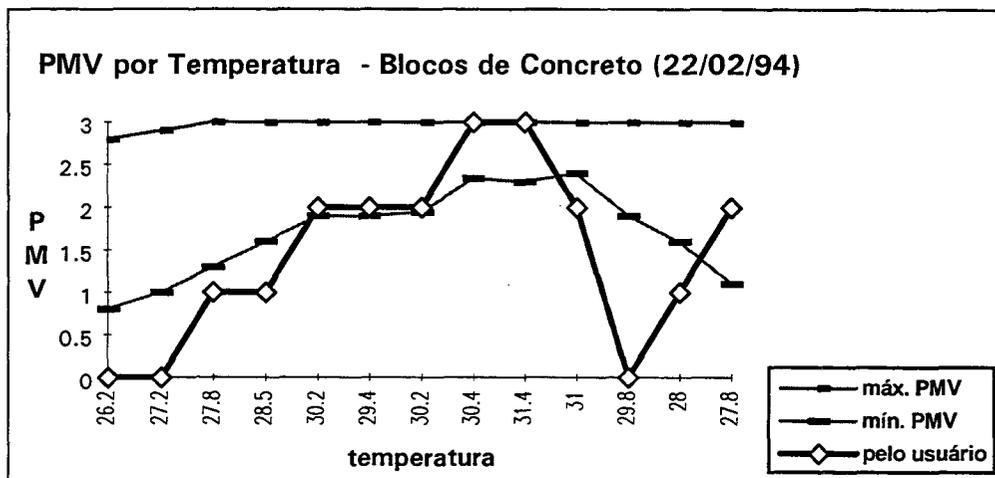
**FIGURA 3.43 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.33 - DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 22/02/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	25,4	26,2	0,238	200	95	2,8	0,8	0
10:00	26,7	27,2	0,238	200	95	2,9	1	0
11:00	28	27,8	0,238	200	95	3	1,3	1
12:00	28,7	28,5	0,238	200	95	3	1,6	1
13:00	28,9	30,2	0,238	200	95	3	1,9	2
14:00	28,7	29,4	0,238	200	95	3	1,9	2
15:00	29,2	30,2	0,238	200	95	3	1,95	2
16:00	30	30,4	0,238	200	95	3	2,34	3
17:00	30,1	31,4	0,238	200	95	3	2,3	3
18:00	27,8	31	0,197	200	95	3	2,4	2
19:00	26,4	29,8	0,197	200	95	3	1,9	0
20:00	25,6	28	0,197	200	95	3	1,6	1
21:00	24,3	27,8	0,197	200	95	3	1,1	2
<b>MÉDIA</b>						<b>2,98</b>	<b>1,71</b>	<b>1,46</b>

	n	Porcentagem
PMV Dentro	6	46,15
PMV Acima	0	0
PMV Abaixo	7	53,84
<b>Soma</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>

$t_n = 26,2 / 27,2 / 29,8$  (em °C)



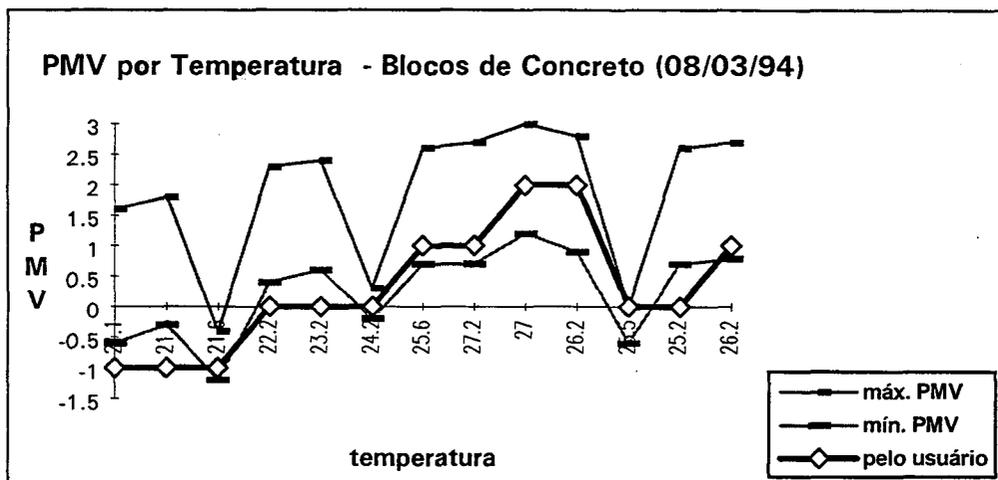
**FIGURA 3.44 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.34-** DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 08/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	19,2	21,2	0,238	200	95	1,6	-0,6	-1
10:00	19,3	21,6	0,328	200	95	1,8	-0,3	-1
11:00	19,6	21,6	0,623	70	55	-0,4	-1,2	-1
12:00	20,1	22,2	0,623	200	95	2,3	0,4	0
13:00	21,4	23,2	0,623	200	95	2,4	0,6	0
14:00	23,8	24,2	0,623	70	55	0,3	-0,2	0
15:00	24,8	25,6	0,328	200	95	2,7	0,7	1
16:00	24,7	27,2	0,189	200	95	2,6	0,7	1
17:00	25	27	0,238	200	95	3	1,2	2
18:00	23,4	26,2	0,238	200	95	2,8	0,9	2
19:00	22,6	25,5	0,238	70	55	0	-0,6	0
20:00	22	25,2	0,238	200	95	2,6	0,7	0
21:00	21,3	26,2	0,238	200	95	2,7	0,7	1
<b>MÉDIA</b>						<b>1,88</b>	<b>0,24</b>	<b>0,31</b>

	n	Porcentagem
PMV Dentro	8	61,64
PMV Acima	0	0,00
PMV Abaixo	5	38,46
<b>Soma</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>

tn = 22,2 / 23,2 / 24,2 / 25,5 / 25,2 (em °C)



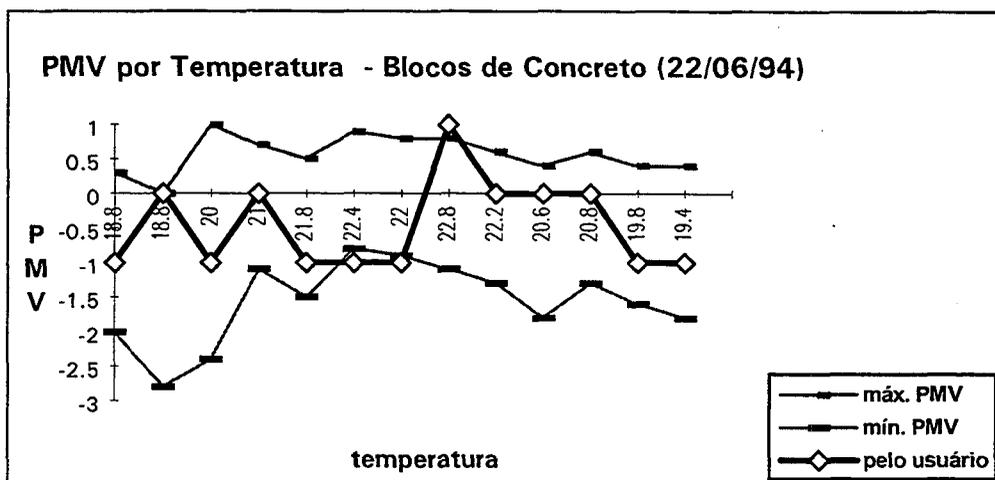
**FIGURA 3.45 -** VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO

**TABELA 3.35 - DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 22/06/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	18,1	18,8	0,681	115	55	0,3	-2	-1
10:00	19,6	18,8	0,476	115	55	0	-2,8	0
11:00	20,7	20	0,476	115	55	0,1	-2,4	-1
12:00	20,7	21	0,681	115	55	0,7	-1,1	0
13:00	20,9	21,8	0,476	115	55	0,5	-1,5	-1
14:00	21	22,4	0,681	115	55	0,9	-0,8	-1
15:00	21,4	22	0,681	115	55	0,8	-0,9	-1
16:00	20,4	22,8	0,476	115	55	0,8	-1,1	-1
17:00	19	22,2	0,476	115	55	0,6	-1,3	0
18:00	17,9	20,6	0,476	115	55	0,4	-1,8	0
19:00	16,7	20,8	0,681	115	55	0,6	-1,3	0
20:00	16,3	19,8	0,681	115	55	0,4	-1,6	-1
21:00	15,9	19,4	0,681	115	55	0,4	-1,8	-1
<b>MÉDIA</b>						0,51	-1,6	-0,46

	n	Porcentagem
PMV Dentro	10	76,92
PMV Acima	1	7,69
PMV Abaixo	2	15,38
<b>Soma</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>

$$t_n = 18,8 / 21 / 22,2 / 20,6 / 20,8 \text{ (em } ^\circ\text{C)}$$



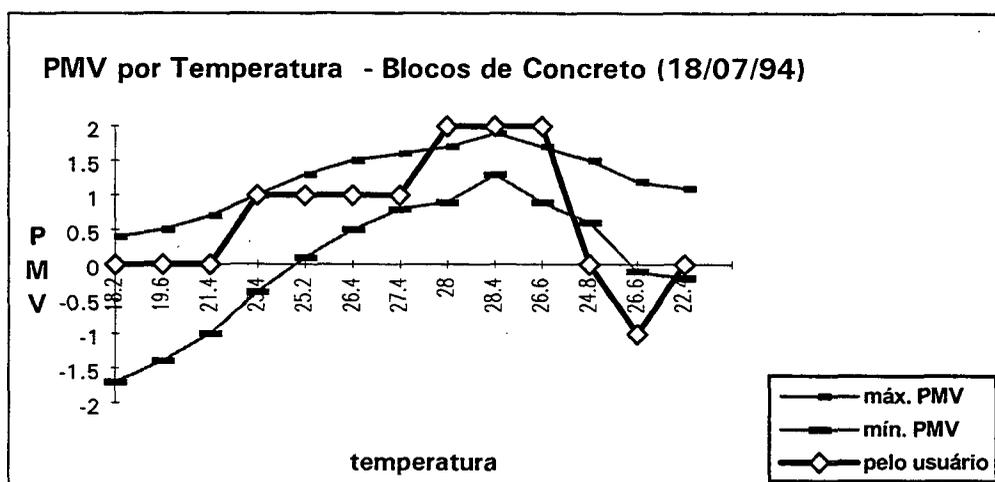
**FIGURA 3.46 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.36 - DADOS COLETADOS NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO - 18/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	20,1	18,2	0,828	115	55	0,4	-1,7	0
10:00	22,1	19,6	0,828	115	55	0,5	-1,4	0
11:00	24,3	21,4	0,746	115	55	0,7	-1	0
12:00	26,5	23,4	0,746	115	55	1	-0,4	1
13:00	27	25,2	0,746	115	55	1,3	0,1	1
14:00	27,4	26,4	0,746	115	55	1,5	0,5	1
15:00	27,8	27,4	0,697	115	55	1,6	0,8	1
16:00	28,1	28	0,697	115	55	1,7	0,9	2
17:00	27,1	28,4	0,697	115	55	1,9	1,3	2
18:00	25,7	26,6	0,697	115	55	1,7	0,9	2
19:00	24,2	24,8	0,828	115	55	1,5	0,6	0
20:00	22,8	26,6	0,828	115	55	1,2	-0,1	-1
21:00	21,4	22,4	0,828	115	55	1,1	-0,2	0
<b>MÉDIA</b>						<b>1,24</b>	<b>0,02</b>	<b>0,69</b>

	n	Porcentagem
PMV Dentro	8	61,54
PMV Acima	3	23,08
PMV Abaixo	2	15,38
Soma	13	100,00

tn = 18,2 / 19,6 / 21,4 / 24,8 / 22,4 (em °C)



**FIGURA 3.47 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

TABELA 3.37 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 19/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	índice Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	26,3	27,8	0.254	200	95	2.9	1,1	2
10:00	27,4	28	0.254	200	95	3	1	2
11:00	26	28,8	0.254	200	95	3	1,4	2
12:00	21,7	27	0.254	200	95	2,9	1	1
13:00	22,9	26,3	0.254	200	95			
MÉDIA						2,95	1,13	1,75

	n	Porcentagem
PMV Dentro	4	100.00
PMV Acima	0	0.00
PMV Abaixo	0	0.00
Soma	4	100.00

tn = nenhuma

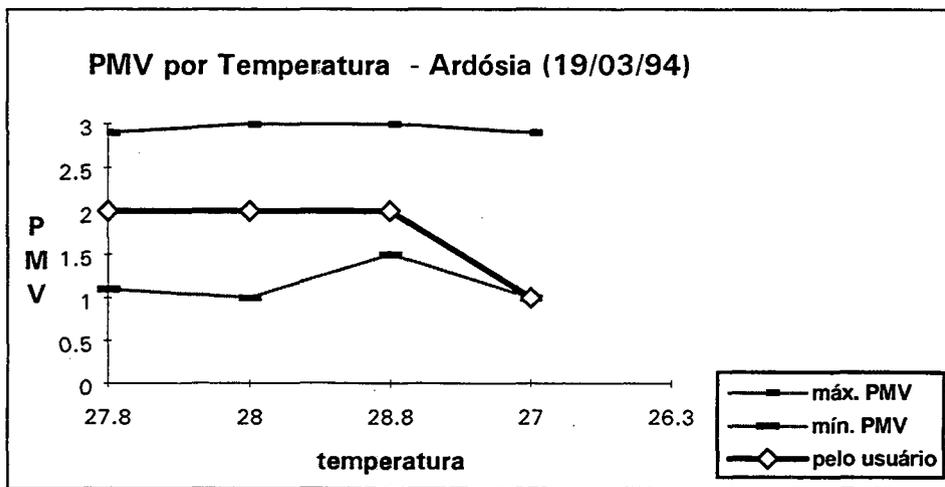


FIGURA 3.48 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO

TABELA 3.38 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 22/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	23	25,5	0,238	200	95	2,5	0,5	2
10:00	24,7	26	0,238	200	95	2,6	0,7	2
11:00	26,1	28	0,238	200	95	2,9	0,9	2
12:00	26,9	28,8	0,238	200	95	3	0,9	2
13:00	27,7	29,4	0,271	200	95	3	1,5	2
14:00	28	30,8	0,271	200	95	3	1,7	2
15:00	28,3	30,6	0,271	200	95	3	1,81	2
16:00	28,2	30	0,271	200	95	3	1,9	3
17:00	26,7	29,2	0,271	200	95	3	1,4	3
18:00	24,1	27,5	0,271	70	55	0,7	0,2	3
19:00	21,5	25,8	0,271	200	95	2,6	0,8	1
20:00	20,1	23,8	0,271	200	95	2,2	0,2	0
21:00	19	23	0,271	200	95	1,8	-0,4	0
<b>MÉDIA</b>						2,56	0,92	1,85

	n	Porcentagem
PMV Dentro	11	84,62
PMV Acima	1	7,69
PMV Abaixo	1	7,69
Soma	13	100.00

tn = 23 / 23,8 (em °C)

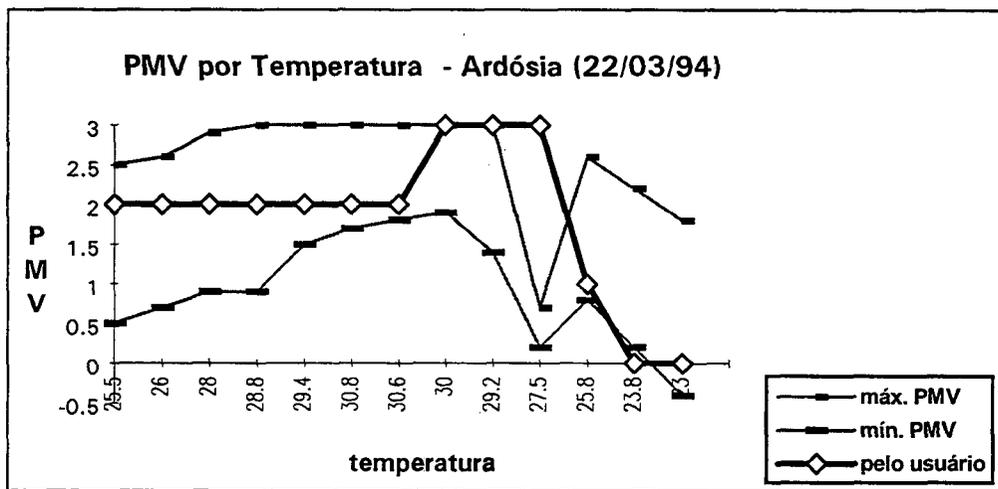


FIGURA 3. 49 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO

TABELA 3.39 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 04/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Max.	Metabol. Min.	PMV Max.	PMV Min.	Resposta do Usuário
9:00	18	18,2	0,754	115	55	0,4	-1,7	1
10:00	19,4	21	0,549	115	55	0,5	-1,6	0
11:00	21,1	23,8	0,549	115	55	1,1	-0,4	0
12:00	22,7	23,2	0,549	115	55	1,2	0	0
13:00	23,8	25,6	0,549	115	55	1,5	0,5	1
14:00	24,1	26,8	0,549	115	55	1,6	0,7	0
15:00	24,5	28,2	0,549	115	55	1,6	0,6	0
16:00	24,1	27,4	0,549	115	55	1,9	1,2	2
17:00	22,9	27,8	0,549	115	55	2	1,6	2
18:00	21,6	25	0,549	115	55	0,7	-1,5	2
19:00	20,4	23,8	0,549	115	55	1	-0,5	2
20:00	19,4	21,8	0,549	115	55	0,7	-1,1	0
21:00	18,5	21,8	0,549	115	55	0,7	-1,2	-1
<b>MÉDIA</b>						1,15	-0,3	0,69

	n	Porcentagem
PMV Dentro	7	53,85
PMV Acima	4	30,77
PMV Abaixo	2	15,38
Soma	13	100,00

$t_n = 21 / 23,2 / 23,8 / 26,8 / 28,2 / 21,8$  (em °C)

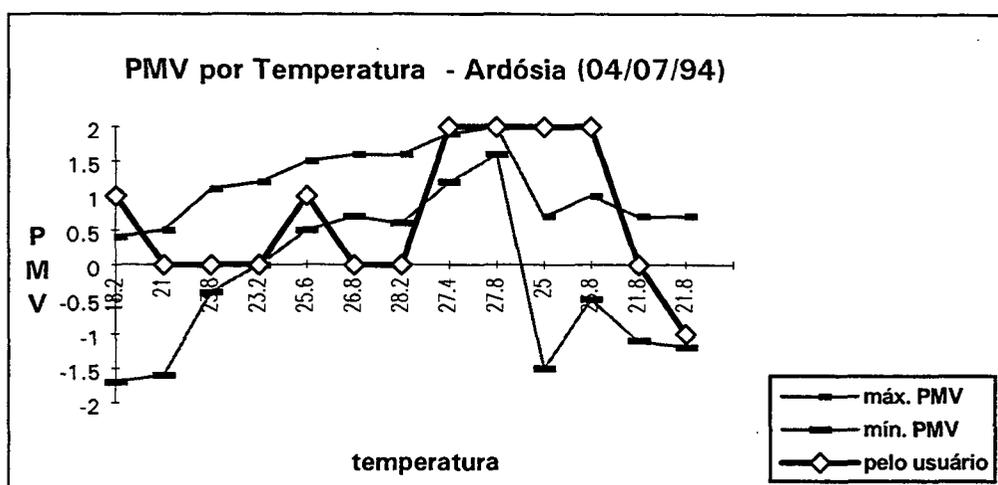


FIGURA 3.50 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO

TABELA 3.40 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARDÓSIA - 28/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	21,3	22,5	0,271	200	95	1,9	-0,1	1
10:00	23,6	23,4	0,271	200	95	2,1	0	1
11:00	25,6	25	0,271	200	95	2,4	0,4	1
12:00	28,1	26,4	0,271	200	95	2,6	0,5	2
13:00	28,8	29	0,271	200	95	3	1,4	2
14:00	29,4	30	0,271	200	95	3	1,5	2
15:00	29,7	30,5	0,271	200	95	3	1,61	2
16:00	29,9	31	0,271	200	95	3	2,07	1
17:00	28,5	30,4	0,279	70	55	1,8	1,62	0
18:00	27,8	29	0,238	70	55	1,3	0,9	2
19:00	26,2	26	0,279	200	95	2,8	1	2
20:00	24,3	24,6	0,279	70	55	-0,2	-1	2
21:00	22,1	22,4	0,279	70	55	-0,7	-1,87	1
MÉDIA						2,11	0,67	0,67

	n	Porcentagem
PMV Dentro	8	61,54
PMV Acima	3	23,08
PMV Abaixo	2	15,38
Soma	13	100,00

$t_n = 30,4$  (em °C)

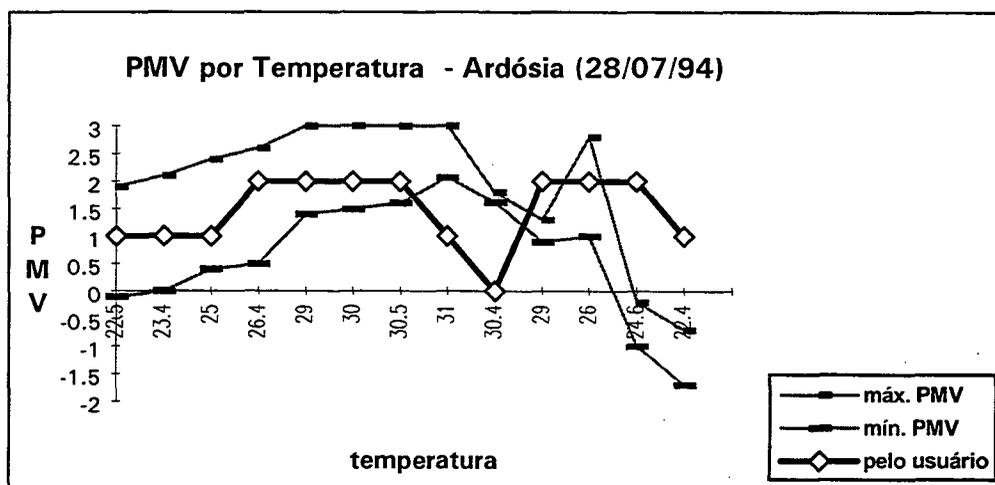


FIGURA 3.51 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO

TABELA 3.41 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA - 16/03/94 PARA CÁLCULO DE PMV

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Min.	PMV Máx.	PMV Min.	Resposta do Usuário
9:00	25,5							
10:00	27,3	28	0,238	200	95	2,6	0,6	2
11:00	27,9	28,5	0,238	70	55	0,2	-0,4	1
12:00	28,5	30	0,238	200	95	3	1,4	2
13:00	29,4	29,8	0,238	200	95	3	1,8	1
14:00	29,9	30,5	0,238	200	95	3	2	3
15:00	29,8	32,5	0,238	70	55	2,5	2,5	3
16:00	30	31,8	0,238	70	55	2,3	2,31	3
17:00	29,8	31	0,238	200	95	3	2,25	3
18:00	28,5	30,4	0,238	70	55	1,8	1,66	3
19:00	25,9	29,8	0,238	200	95	3	1,7	3
20:00	24,8	28,6	0,238	115	95	1,7	1,5	2
21:00	23,6	28	0,238	200	95	3	1,3	2
MÉDIA						2,62	1,58	2,33

	n	Porcentagem
PMV Dentro	6	50
PMV Acima	5	41,66
PMV Abaixo	1	8,33
Soma	12	100.00

tn = nenhuma

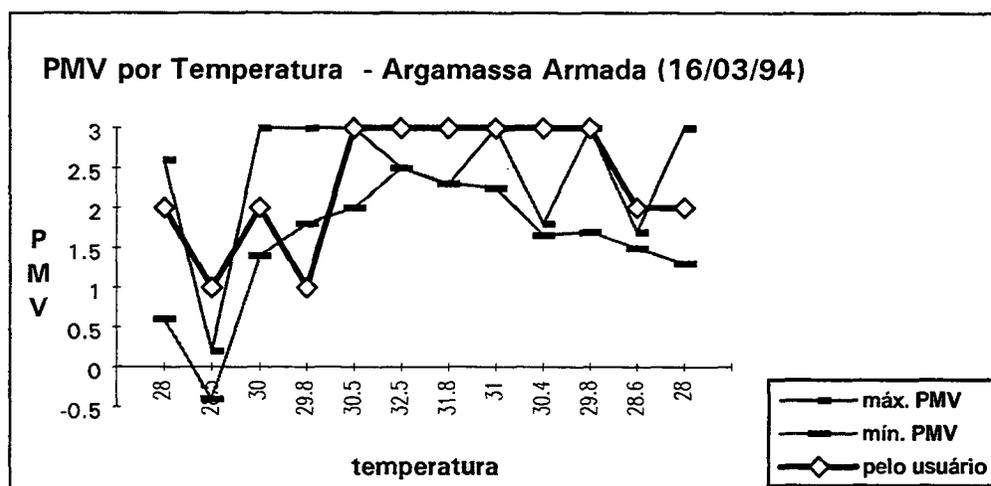


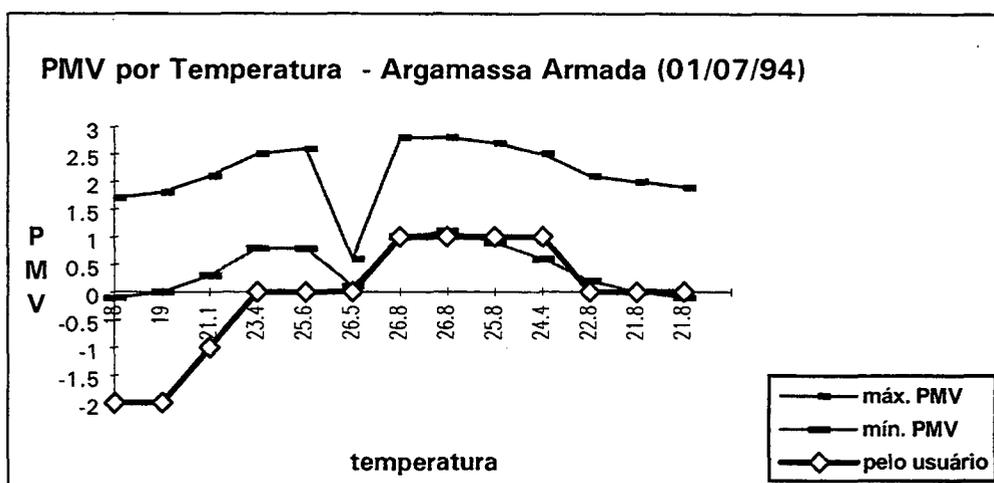
FIGURA 3.52 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO

**TABELA 3.42 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA - 01/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	19,8	18	0,845	200	95	1,7	-0,1	-2
10:00	21,4	19	0,845	200	95	1,8	0	-2
11:00	24,8	20,1	0,845	200	95	2,1	0,3	-1
12:00	25,4	23,4	0,845	200	95	2,5	0,8	0
13:00	26,2	25,6	0,549	200	95	2,6	0,8	0
14:00	27,1	26,5	0,549	70	55	0,6	0,1	0
15:00	27,4	26,8	0,369	200	95	2,8	1	1
16:00	26,6	26,8	0,369	200	95	2,8	1,1	1
17:00	25,4	25,8	0,369	200	95	2,7	0,9	1
18:00	24,5	24,4	0,369	200	95	2,5	0,6	1
19:00	24	22,8	0,369	200	95	2,1	0,2	0
20:00	22,9	21,8	0,369	200	95	2	0	0
21:00	21,8	21,8	0,369	200	95	1,9	-0,1	0
<b>MÉDIA</b>						<b>2,16</b>	<b>0,44</b>	<b>-0,08</b>

	n	Porcentagem
PMV Dentro	6	46,15
PMV Acima	0	0,00
PMV Abaixo	7	53,85
Soma	13	100,00

$t_n = 23,4 / 25,6 / 26,5 / 22,8 / 21,8 / 21,8$  (em °C)



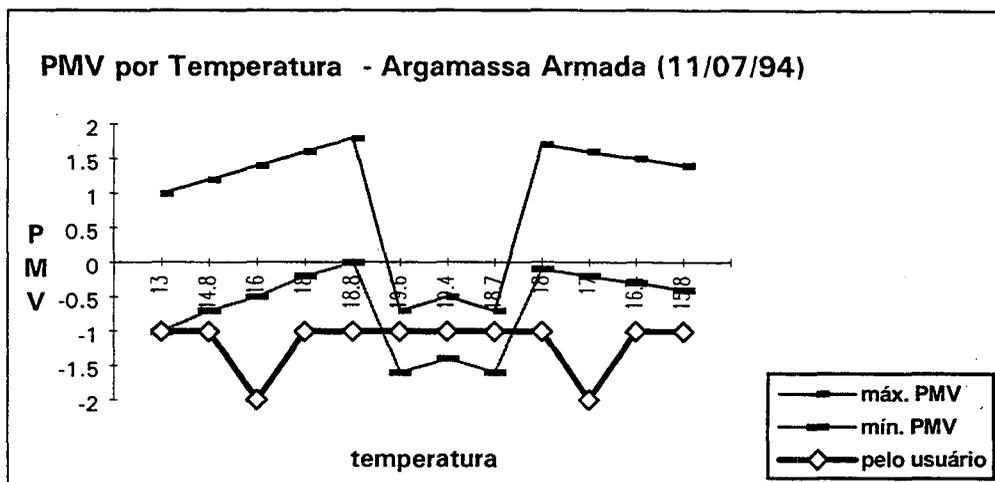
**FIGURA 3.53 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

**TABELA 3.43 - DADOS COLETADOS NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA - 11/07/94 PARA CÁLCULO DE PMV**

Hora	Temp. Ext.	Temp. Int.	clo Total	Metabol. Máx.	Metabol. Mín.	PMV Máx.	PMV Mín.	Resposta do Usuário
9:00	12,1							
10:00	13,8	13	0,828	200	95	1	-1	-1
11:00	15,1	14,8	0,828	200	95	1,2	-0,7	-1
12:00	16,3	16	0,828	200	95	1,4	-0,5	-2
13:00	17,6	18	0,828	200	95	1,6	-0,2	-1
14:00	18,3	18,8	0,828	200	95	1,8	0	-1
15:00	17,9	19,6	0,828	70	55	-0,7	-1,6	-1
16:00	17,1	19,4	0,828	70	55	-0,5	-1,4	-1
17:00	16,3	18,7	0,828	70	55	-0,7	-1,6	-1
18:00	15,4	18	0,828	200	95	1,7	-0,1	-1
19:00	14,7	17	0,828	200	95	1,6	-0,2	-2
20:00	13,5	16,4	0,828	200	95	1,5	-0,3	-1
21:00	12,8	15,8	0,828	200	95	1,4	-0,4	-1
MÉDIA						0,93	-0,7	-1,17

	n	Porcentagem
PMV Dentro	4	33,33
PMV Acima	0	0,00
PMV Abaixo	8	66,67
Soma	12	100,00

tn = nenhuma



**FIGURA 3.54 - VALORES DE PMV PARA METABOLISMO MÁXIMO, MÍNIMO E RESPOSTA DO USUÁRIO PARA A ATIVIDADE REGISTRADA POR HORA DE MEDIÇÃO**

Analisando-se os gráficos das curvas de respostas do usuário e PMV calculados, a partir da utilização dos valores de parâmetros térmicos e pessoais coletados e calculados, percebe-se que a faixa de PMV calculado, em sua maioria, localiza-se acima da linha de conforto, e que as curvas de respostas dos usuários aproxima-se mais da linha de conforto que as curvas de PMV calculado.

Um resumo dos valores médios de PMV por dia de medição e por tipo de casa estudada é apresentado na Tabela 3.44.

**TABELA 3.44 - RESUMO DOS VALORES MÉDIOS DE PMV CALCULADOS E A RESPOSTA DO USUÁRIO POR DIA DE MEDIÇÃO E POR TIPO DE CASA**

Data	Local	PMV Médio por Dia de Medição		
		Ativ. Máx.	Ativ. Min.	Resposta do Usuário
17/02/94	concreto monolítico	1.69	0.69	0.46
03/03/94	concreto monolítico	1.16	0.13	0.77
27/06/94	concreto monolítico	0.56	-1.53	-1.23
01/03/94	tijolo cerâmico	2.75	0.77	2.00
24/06/94	tijolo cerâmico	1.05	-1.05	-0.23
15/07/94	tijolo cerâmico	0.68	-1	0.00
15/03/94	tijolo cerâmico	2.93	1.51	2.77
22/02/94	blocos de concreto	2.98	1.71	1.46
08/03/94	blocos de concreto	1.88	0.23	0.31
22/06/94	blocos de concreto	0.51	-1.6	-0.61
18/07/94	blocos de concreto	1.24	0.02	0.69
19/03/94	ardósia	2.95	1.12	1.75
22/03/94	ardósia	2.56	0.93	1.85
04/07/94	ardósia	1.15	-0.3	0.69
28/07/94	ardósia	2.13	0.62	1.46
16/03/94	argamassa armada	2.42	1.55	2.33
01/07/94	argamassa armada	2.16	0.43	-0.08
11/07/94	argamassa armada	0.93	-0.66	-1.17

Observando-se a Tabela 3.44, percebe-se que a casa de blocos de concreto apresenta uma média de resposta do usuário dentro do intervalo -0,5 a +0,5, com um desvio padrão menor em relação as outras casas, porém, não se pode concluir que esta

seja a casa mais confortável, uma vez que o levantamento foi realizado em dias diferentes e aleatório para cada casa.

Um resumo geral do estudo e as percentagens que caíram dentro acima e abaixo da faixa de PMV, calculados com o intervalo de metabolismo adotado (máximo e mínimo para cada atividade registrada), são apresentados na Tabela 3.45.

**TABELA 3.45** - RESUMO GERAL DAS PORCENTAGENS DE RESPOSTAS DO USUÁRIO QUE SE ENCAIXARAM DENTRO, ACIMA E ABAIXO DO INTERVALO DE PMV CALCULADO VARIANDO O VALOR DO METABOLISMO

	Nº	%
<b>Total</b>	223	100
<b>Dentro</b>	137	61
<b>Acima</b>	31	14
<b>Abaixo</b>	55	25

Os resumos parciais por período (verão e inverno) e as percentagens que caíram dentro acima e abaixo da faixa de PMV calculado, são apresentados nas Tabelas 3.46 e 3.47.

**TABELA 3.46** - RESUMO DE VERÃO DAS PORCENTAGENS DE RESPOSTAS DOS USUÁRIOS QUE SE ENCAIXARAM DENTRO, ACIMA E ABAIXO DO INTERVALO DE PMV CALCULADO VARIANDO O VALOR DO METABOLISMO

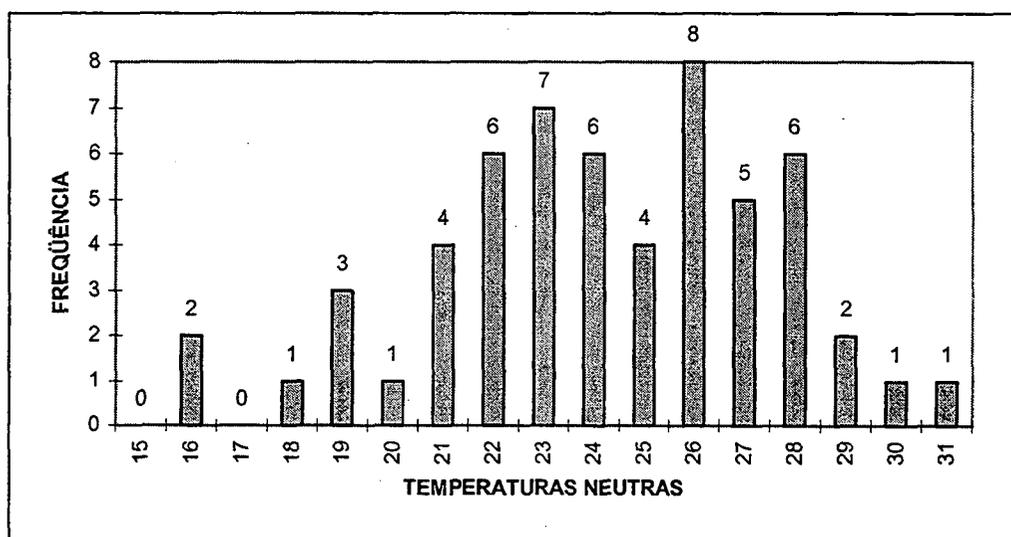
	Nº	%
<b>Total</b>	107	100
<b>Dentro</b>	67	63
<b>Acima</b>	17	16
<b>Abaixo</b>	23	21

**TABELA 3.47 - RESUMO DE INVERNO DAS PORCENTAGENS DE RESPOSTAS DO USUÁRIO QUE SE ENCAIXARAM DENTRO, ACIMA E ABAIXO DO INTERVALO DE PMV CALCULADO VARIANDO O VALOR DO METABOLISMO**

	Nº	%
<b>Total</b>	116	100
<b>Dentro</b>	70	60
<b>Acima</b>	14	12
<b>Abaixo</b>	32	28

Analisando-se o resumo geral e os parciais de verão e inverno, nota-se que 60% a 63% das respostas do usuário caíram dentro da faixa de PMV calculado e a porcentagem que saiu fora desta faixa, a maior parte foi abaixo da faixa de PMV calculado.

A Figura 3.55 mostra o gráfico de frequência das temperaturas neutras para as 223 horas de levantamento de dados nas cinco unidades habitacionais, nos períodos de verão e inverno.



**FIGURA 3.55 - FREQUÊNCIA DE TEMPERATURAS NEUTRAS**

Observa-se que, apesar da maior frequência de temperaturas neutras estar em 26°C, as temperaturas neutras foram encontradas desde 15,8°C até 30,4°C.

O fato das respostas dos usuários que caíram fora da faixa de PMV calculado, ter sido maior para baixo que para cima da faixa, indica que existe um deslocamento de sensação térmica para conforto dos usuários questionados, ou seja, os

usuários que responderam nas condições dos ambientes em estudo têm uma sensação mais para conforto em relação à sensação calculada pela equação de Fanger, confirmando a aclimatação. Em outras palavras, esses usuários estão mais adaptados ao clima tropical que a base de cálculo da equação de Fanger.

Usando-se este método de análise de PMV calculado, sua aproximação com resposta do usuário e a relação dos dois com a linha de conforto, pode-se concluir que a edificação para a região de Londrina deve ser projetada para uma zona de conforto dilatada como a zona de conforto de Givoni para países em desenvolvimento e de clima quentes. Essa decisão fica também respaldada pela faixa de temperaturas neutras encontradas entre 15,8°C e 30,4°C, onde apenas três votos de pessoas corresponderam a temperaturas neutras fora da zona de conforto de Givoni como pode ser visto na figura 3.55. Em consequência disto pode-se adotar a zona de conforto de Givoni com os seus limites entre 18°C e 29°C.

## **4. ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS E PROPOSTA DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO**

### **4.1 - VERIFICAÇÃO DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO CONSIDERANDO O LEVANTAMENTO DE DADOS DE SENSACÃO TÉRMICA COLETADOS NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO**

#### **4.1.1 - INTRODUÇÃO**

O objetivo desse item do trabalho foi a elaboração da zona de conforto, como critério básico para o estabelecimento dos limites dos parâmetros térmicos. Na verificação da zona de conforto foram considerados, a zona de conforto de GIVONI (1992) para países em desenvolvimento e de clima quente, o levantamento de dados de sensação térmica coletado nas cinco unidades habitacionais em estudo e as frequências de temperaturas para o ano de coleta de dados 1994 e para o ano climático de referência de Londrina-1986.

#### **4.1.2 - ZONA DE CONFORTO BÁSICA CONSIDERADA**

A zona de conforto GIVONI (1992) para países e em desenvolvimento e de clima quente, foi tomada como base para esta verificação. Em sua zona de conforto Givoni recomenda para o interior, temperaturas variando de 18 a 29°C, podendo-se admitir até 32°C para velocidades do ar de 2 m/s, em ambientes onde não haja trabalhos de escritório. A umidade pode variar de 4 g/kg a 80% de UR no inverno e de 4 g/kg a 17 g/kg no verão.

#### **4.1.3 - REGISTROS DE SENSACÃO TÉRMICA NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO**

As respostas de sensação térmica dos usuários das cinco unidades

habitacionais em estudo foram plotadas na carta psicrométrica para Londrina junto com a zona de conforto de Givoni para países em desenvolvimento e de clima quente.

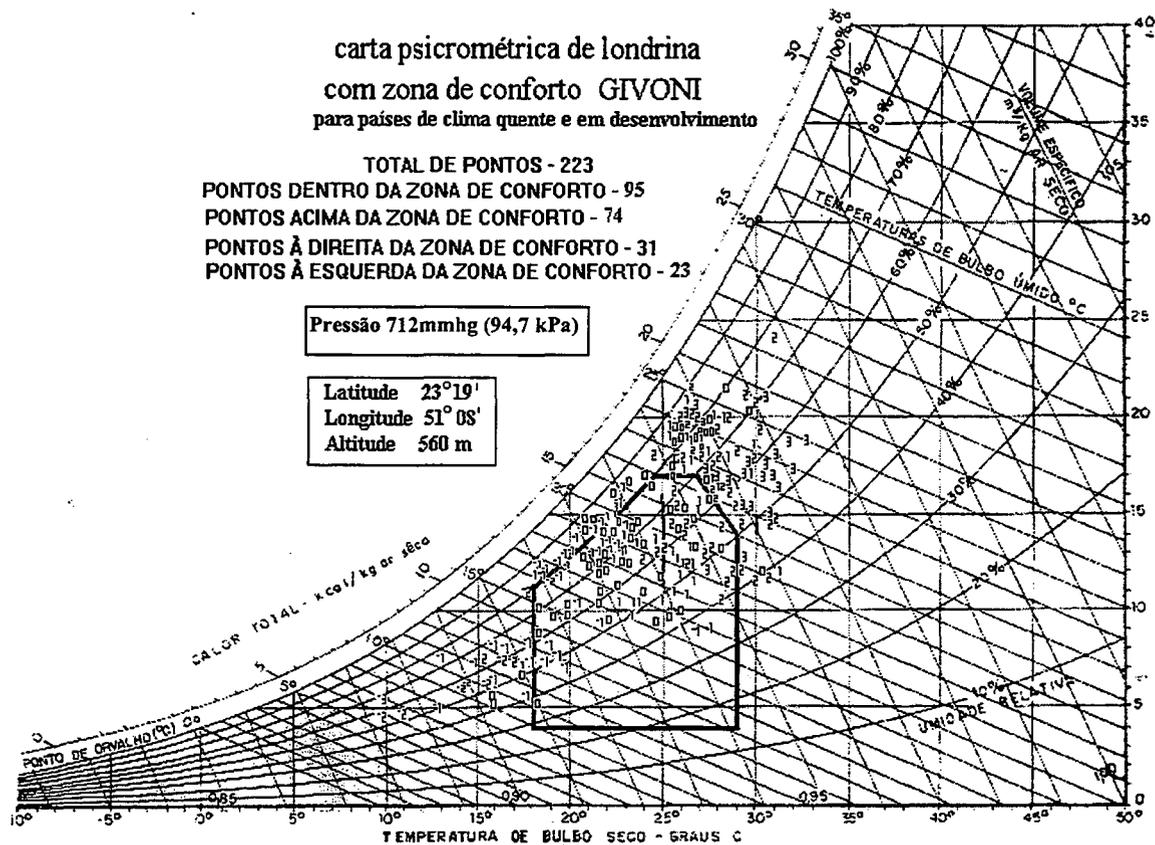
Tendo em vista a pouca diferença entre as altitudes e pressões atmosféricas das cidades de Maringá (550m) 713,8 mmHg (94,9 kPa) e Londrina (560m) 712 mmHg (94,69kPa), a mesma carta psicrométrica de Maringá-PR, elaborada por PIETROBON (1990), foi utilizada para Londrina neste trabalho.

Os pontos plotados na carta psicrométrica tiveram como entrada para o eixo horizontal, os valores de TBS, combinados com os valores da umidade relativa correspondentes, ambos medidos nos locais de medição, para cada hora, sendo os valores de umidade localizados nas curvas de umidade relativa da carta psicrométrica.

Nos pontos encontrados foram registrados os valores correspondentes à resposta do usuário sobre a sensação térmica. Os valores plotados foram: -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, da escala de sete pontos da ASHRAE, que correspondem, respectivamente, às seguintes respostas verbais dos usuários de Londrina: Muito frio, Frio, Pouco frio, Bom, Pouco quente, Quente, Muito quente, conforme especificado no item 3.4.7.3.

A Figura 4.1 mostra a carta psicrométrica para Londrina com a zona de conforto de GIVONI (1992) para países em desenvolvimento e de clima quente, e os pontos de respostas de sensação térmica, coletados no levantamento de dados, realizado nas cinco unidades habitacionais em estudo.

No total, foram coletadas 223 horas de dados, sendo 107 horas no verão e 116 horas no inverno. A distribuição dos pontos de registros de sensação térmica coincide com o perfil do clima coletado no interior das habitações em estudo. Esta distribuição de temperaturas internas medidas se encontra dentro do intervalo de 9,6°C a 32,5°C e o intervalo de umidades relativas medidas no interior foi de 36% a 94%.



**FIGURA 4.1 -** CARTA PSICROMÉTRICA DE LONDRINA COM A ZONA DE CONFORTO DE GIVONI PARA PAÍSES DE CLIMA QUENTE E EM DESENVOLVIMENTO, PLOTADOS OS REGISTROS DE SENSÇÃO TÉRMICA COLETADOS NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO

A Figura 4.2 mostra uma ampliação dos pontos plotados e demarca os campos onde estão os pontos à direita da zona de conforto de Givoni com a letra D e à esquerda da zona de conforto de Givoni com a letra E. Os demais pontos localizados fora da zona de conforto foram considerados acima da zona de conforto.

Os pontos localizados à direita da linha vertical que passa pela TBS de 29°C, foram considerados à direita da zona de conforto somando 31 pontos. Os pontos localizados à esquerda da linha vertical que passa pela TBS de 18°C, foram considerados à esquerda da zona de conforto e somaram 23 pontos. Os pontos localizados acima da zona de conforto somaram 74 pontos.

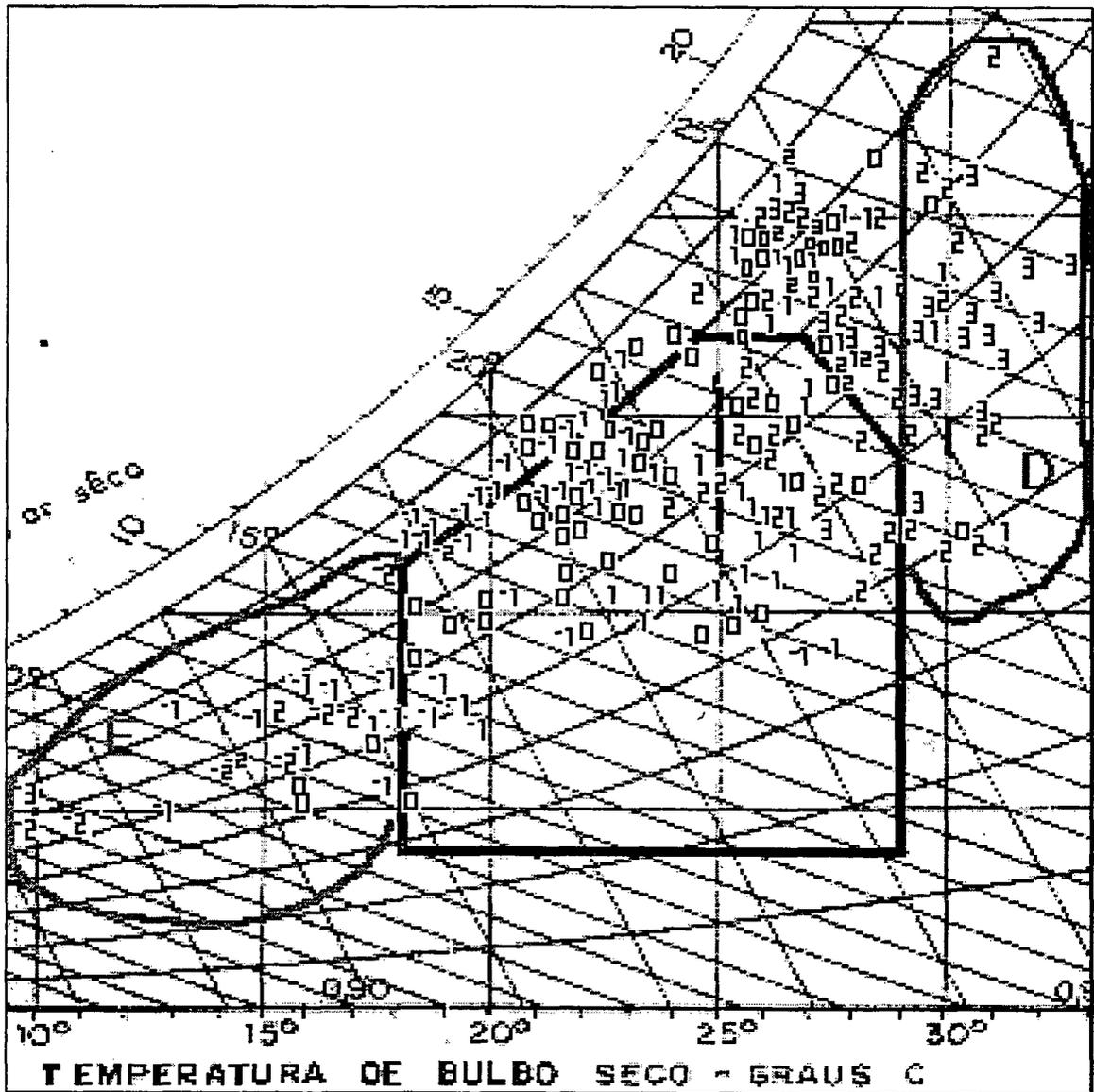


FIGURA 4.2 - AMPLIAÇÃO DOS PONTOS DENTRO E FORA DA ZONA DE CONFORTO DE GIVONI

A quantidade de registros de sensação térmica plotados na carta psicrométrica, e a sua porcentagem de distribuição com relação à zona de conforto de Givoni estão resumidos na Tabela 4.1.

**TABELA 4.1 - DISTRIBUIÇÃO DOS REGISTROS DE SENSAÇÃO TÉRMICA COLETADOS NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO, COM RELAÇÃO À ZONA DE CONFORTO DE GIVONI**

tipo de respostas dos usuários	total	porcentagem	dentro da zona	porcentagem	acima da zona	porcentagem	à da zona	porcentagem	à esquer. da zona	porcentagem
0	64	29%	39	41%	20	27%	2		3	
1	44	20%	23	24%	18	24%	3	10%	0	0%
-1	37	17%	16	17%	11	15%	0	0%	10	43%
2	45	20%	15	16%	19	26%	11	35%	0	0%
-2	10	4%	1	1%	0	0%	0	0%	9	39%
3	22	10%	1	1%	6	8%	15	48%	0	0%
-3	1	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	4%
soma	223		95		74		31		23	
percent.	100%		43%		33%		14%		10%	

Observa-se que o total de respostas de conforto (valor igual a zero) foi de 64 pontos. Deste total, 60% caíram dentro da zona de conforto e 30 % caíram acima da zona de conforto de Givoni, o que indica a existência de boa aceitação das condições de umidade entre 80 e 90%, combinados com valores de TBS de 18 a 29°C. Considerando a boa aceitação acima da zona de conforto de Givoni pode-se concluir que 92% das respostas de conforto no levantamento de campo em Londrina caíram dentro ou acima da zona de conforto de Givoni . Isto confirma a adoção desta zona de conforto para a região estudada

#### 4.1.4 - FREQUÊNCIAS DE TEMPERATURAS HORÁRIAS PARA O ANO DE 1994 E PARA O ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA 1986

A Figura 3.2 no item 3.3.7 apresenta a frequência de temperaturas horárias correspondente ao ano de 1994 no qual foram coletados os dados para esta pesquisa. No gráfico, percebe-se uma baixa frequência de temperaturas acima de 29°C, exatamente 557 horas, e uma alta frequência de temperaturas abaixo de 18°C (2144 horas). Isto também ocorre para o ano climático de referência de Londrina representado na Figura 3.1 no item 3.3.7, pelas frequências de suas temperaturas horárias, com 576 horas acima de 29°C e 1953 horas baixo de 18°C.

Assim, no ano de 1994, as temperaturas externas apresentaram um total de

2701 horas fora do intervalo de conforto de Givoni e, no ano de 1986, ocorreram 2529 horas fora do intervalo de conforto de Givoni, o que equivale a 30,8% de horas de desconforto em 1994 e 28,8% de horas de desconforto em 1986.

#### 4.1.5 - DISCUSSÃO

Conforme a tabela 4.1 a quantidade de resposta +3 e +2 é seis vezes maior que a quantidade de respostas -3 e -2, indicando que, apesar da frequência de temperaturas ter sido maior para as temperaturas abaixo de 24°C, tanto do ano de estudo como do ano climático de referência, as pessoas consultadas demonstraram mais sensação de muito quente do que de muito frio, se mostrando mais incomodadas com as altas temperaturas do que com as baixas.

O gráfico da Figura 4.3 mostra a frequência de valores de velocidade do ar interno nas cinco unidades habitacionais medidas.

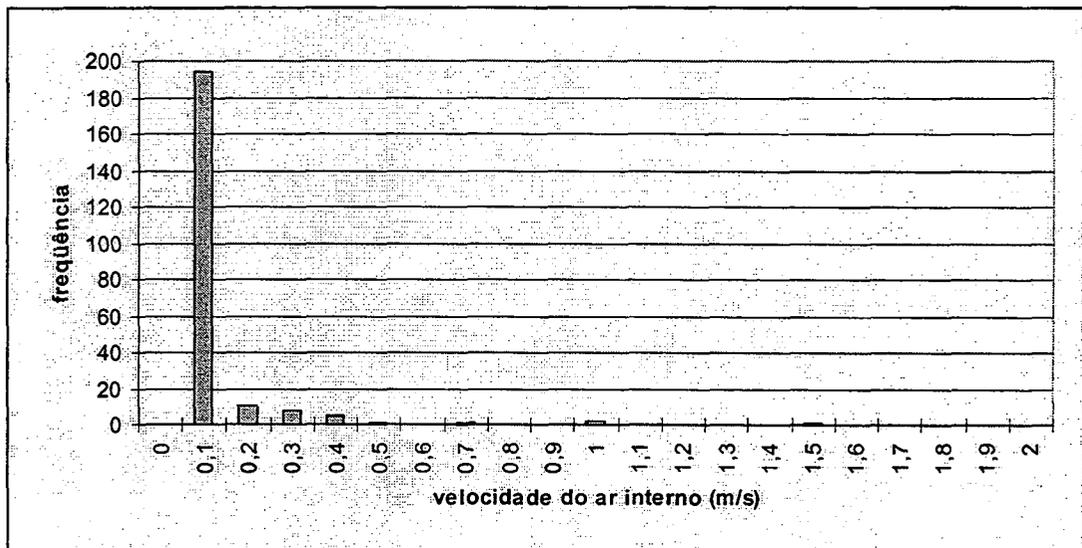


FIGURA 4.3 - FREQUÊNCIA DOS VALORES DE VELOCIDADE DO AR INTERNO MEDIDO NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS

De acordo com o gráfico, os valores medidos de velocidade do ar interno foram em sua maioria em torno de 0,1 m/s enquanto que Givoni recomenda para o interior até 2,0 m/s. Com estratégias simples de melhorar o dimensionamento das

aberturas pode-se conseguir velocidades do ar interno maiores, o que pode ser confirmado no gráfico da Figura 4.4 onde aparecem as curvas de velocidades do ar interno nas casas estudadas.

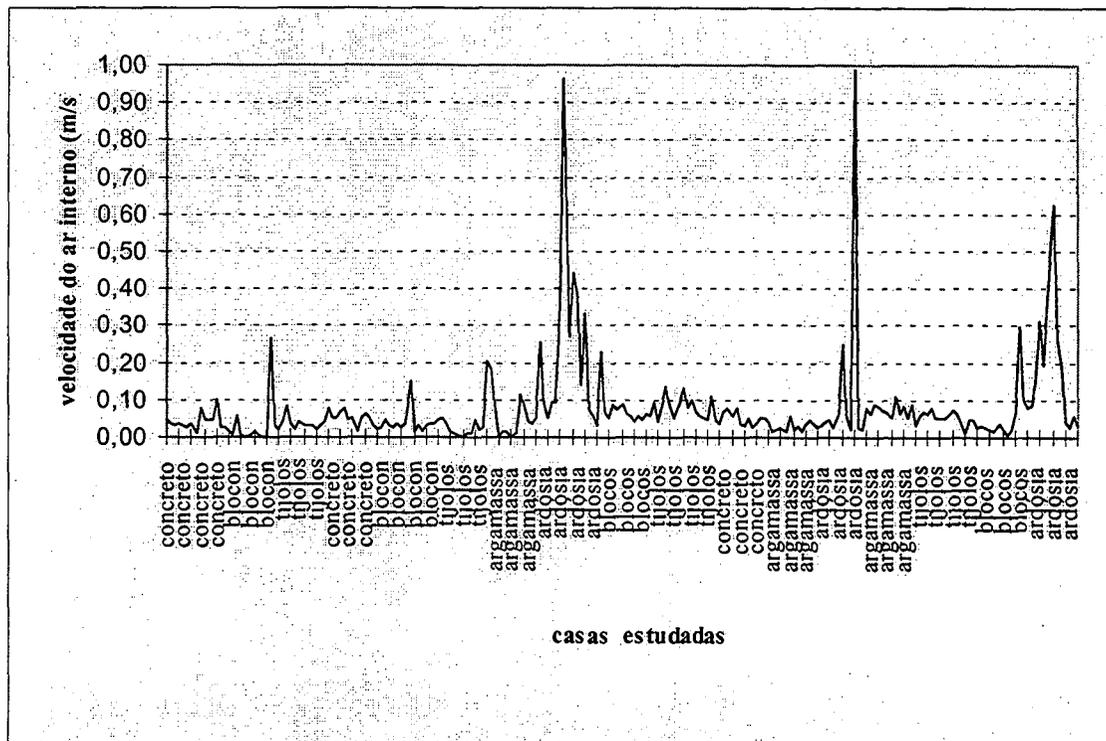


FIGURA 4.4 - VALORES DE VELOCIDADE DO AR INTERNO MEDIDO NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS

O gráfico da figura 4.4 apresenta os valores medidos de velocidade do ar no interior das casa estudadas. A medição foi feita de hora em hora medindo-se o tempo da queda de temperatura no Kata termômetro, conforme descrito no item 3.4.6.6 e os valores de velocidades do ar foi calculado conforme descrito no item 3.4.7.2. Nota-se, no gráfico acima, que a velocidade do ar interno na casa de ardósia é maior que nas demais. Isto é explicado porque enquanto a casa de ardósia tem uma relação entre a área útil total de ventilação e a área útil de construção de 18,93%, as demais casas têm este valor variando de 6,96% e 9,90 conforme o resumo de ventos nas Tabelas 3.16 e 3.17.

#### 4.1.6 - CONCLUSÃO

Com base no exposto anteriormente, propõe-se adotar para Londrina a zona de conforto de GIVONI (1992) para países em desenvolvimento e de clima quente, com limites de temperaturas entre 18°C e 29°C. Considerando a boa aceitação verificada através da resposta do usuário para as altas umidades, propõe-se dilatar o limite máximo de umidade relativa de 80% para 90%. Isto permite embasar a metodologia para avaliar o desempenho térmico apenas na faixa de temperaturas da carta de Givoni (18°C a 29°C) tendo em vista que a faixa aceitável de umidades foi dilatada.

A Figura 4.5 apresenta a zona de conforto proposta para ser adotada como critério básico para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares em Londrina.

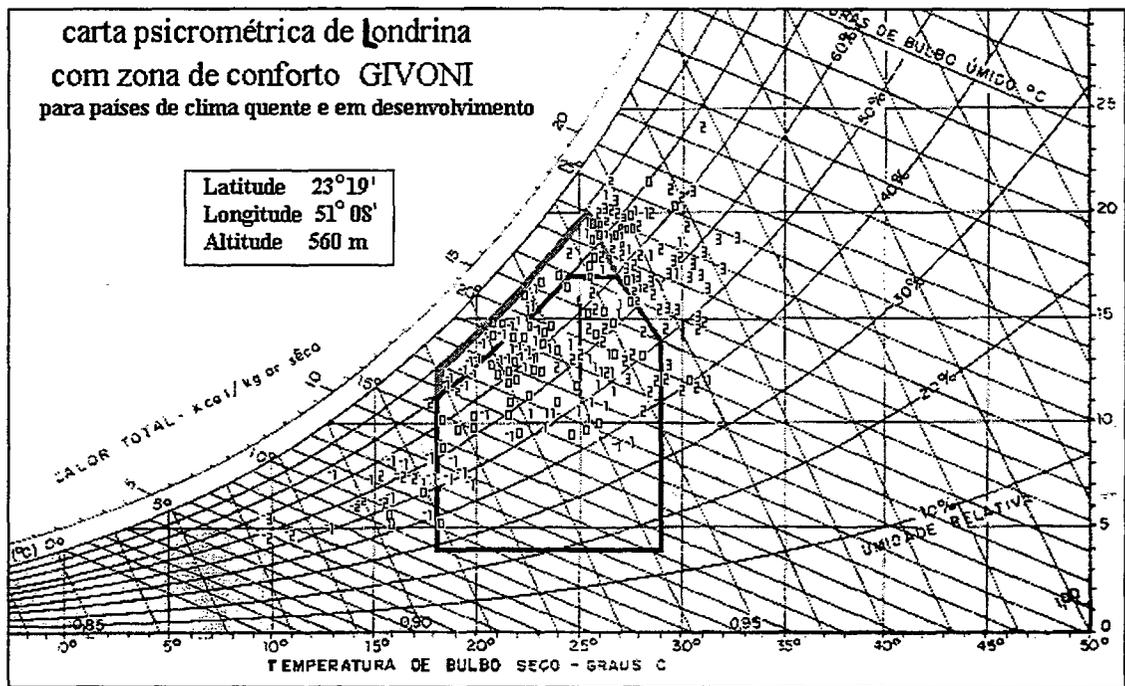


FIGURA 4.5 - PROPOSTA DE ZONA DE CONFORTO PARA LONDRINA

O levantamento realizado e a análise feita dentro da carta psicrométrica com a zona de conforto de Givoni, mostram que para as variações de umidade, são desnecessárias as preocupações com o limite superior, podendo a zona de conforto se estender naturalmente até a 90% de umidade relativa, como demonstra a Figura 4.5. Entretanto para a metodologia proposta neste trabalho o parâmetro considerado para avaliação terá por base somente os limites de temperaturas internas. Os limites de

umidade não serão considerados na avaliação.

Assim, o critério básico para avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares pode ficar restrito aos limites de temperaturas entre 18°C e 29°C, sendo que na avaliação, a verificação pode ser efetivada pela quantidade de horas por ano em que o ambiente interno apresenta temperaturas fora do intervalo de 18°C a 29°C. Uma vez que no exterior a quantidade de horas de desconforto foi de 30% em 1994 e 28,8% em 1986, a avaliação preliminar é que o interior não deve apresentar uma porcentagem de horas de desconforto superior a 30%. As estratégias de ventilação devem ser adotadas conforme recomenda GIVONI (1992), para casos de temperaturas internas até 32°C.

## 4.2 SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO NAS CINCO UNIDADES HABITACIONAIS EM ESTUDO

### 4.2.1 INTRODUÇÃO

As simulações realizadas nas cinco unidades habitacionais tiveram como objetivos, a verificação da confiabilidade dos dados coletados e o ajuste do programa COMFIE para uso na etapa de elaboração dos limites, a serem adotados em relação aos parâmetros térmicos dos elementos construtivos dentro da zona de conforto estabelecida.

O procedimento adotado foi a realização de duas etapas de simulação, tendo como dados de entrada: o arquivo de dados climáticos do ano de 1994, elaborado conforme exposto no item 3.3, as características físicas das cinco unidades habitacionais; e as características térmicas dos materiais, conforme demanda o programa COMFIE.

As simulações foram feitas para os dezoito dias, nos quais foram coletados os dados nas cinco casas. Os resultados da primeira simulação foram analisados e serviram de base para ajustar a entrada de dados para a segunda simulação.

O ajuste do programa COMFIE foi efetuado no decorrer das simulações, através da acomodação dos dados de entrada, no intuito de aproximar as curvas medidas das curvas simuladas. Esta acomodação foi feita variando-se o valor da

temperatura do solo, o valor da inércia térmica do mobiliário e o valor da absorvidade, da cobertura, das paredes e do piso. A análise baseou-se na comparação das curvas de temperaturas medidas e curvas de temperaturas simuladas.

Dessa forma, neste item encontram-se descritos os dados de entrada já ajustados, aqueles que resultaram em uma maior aproximação entre a curva de temperaturas internas simulada e medida. Os resultados das simulações e a análise dos resultados.

#### 4.2.2 - PREPARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA PARA AS SIMULAÇÕES COM O PROGRAMA COMFIE

Os dados inicialmente solicitados pelo programa COMFIE, são os de referências geográficas do local e temperatura média do solo. O manual do COMFIE recomenda adotar o valor de 10°C para a temperatura média do solo quando não se conhece este valor. No caso de Londrina foi adotado o valor de 20 °C para a temperatura média do solo. Este valor foi determinado com base no trabalho GODOY (1985), onde as temperaturas do solo foram medidas a 2, 5 e 10 cm de profundidade, nos horários das 7, 14, e 21 horas, no período de 6 a 26 de outubro de 1976. As médias obtidas foram de 23,2° a 2 cm, 22, 4°C a 5 cm e 22, 1°C a 10 cm. Tendo em vista que os dados de GODOY (1985) foram obtidos no período de primavera, resolveu-se então adotar o valor de 20°C para a temperatura média anual do solo em Londrina. Outros valores foram testados por simulação mas não se percebeu alterações entre as curvas de temperaturas internas simuladas e medidas. Então o valor adotado para a temperatura do solo foi de 20 °C. Na Tabela 4.2 estão os dados iniciais para Londrina.

TABELA 4.2 - DADOS INICIAIS DO COMFIE

Local	Londrina
Latitude	(-23,38) S
Longitude	( 51,16) L
Altitude	560 m
Temperatura média do solo	20° C

#### 4.2.2.1 - Biblioteca de materiais e paredes equivalentes

O manual do COMFIE recomenda que, antes de introduzir dados de um projeto específico, deve-se começar pela montagem das bibliotecas de materiais, composição de paredes e acabamentos. Assim, a biblioteca de materiais para a simulação das cinco casas estudadas foi montada como mostra a Tabela 4.3, onde consta a lista dos materiais utilizados e as respectivas características térmicas solicitadas pelo programa como: condutividade térmica (W/m K), densidade ( $\text{kg/m}^3$ ) e calor específico (Wh/kg. K).

Os valores na Tabela 4.3, para condutividade térmica, densidade, calor específico, absorvidade solar e emissividade foram extraídos dos trabalhos de LAMBERTS (1996)b e RIVERO (1986). O programa COMFIE usa o calor específico em (Wh/kg K), mas na última coluna da tabela 4.3, constam os valores de calor específico em unidades do SI (kJ/kg K).

TABELA 4.3 - BIBLIOTECA DE MATERIAIS DAS CINCO CASAS ESTUDADAS PARA ENTRADA DE DADOS NO PROGRAMA COMFIE

	Lista de materiais	$\lambda$ (W/m.K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (Wh/kg K) (COMFIE)	$C_p$ (kJ/kg K) (SI)
1	ardósia	2,20	2700	0,23	0,84
2	argamassa armada	1,15	2100	0,28	1,00
3	argamassa de revestimento	1,15	1600	0,28	1,00
4	camada de ar	$R_{ar}^*$	1,2	0,34	1,24
5	concreto para laje pré	1,75	2400	0,28	1,00
6	concreto para bloco	1,75	2400	0,28	1,00
7	concreto armado	1,75	2400	0,28	1,00
8	concreto piso	1,40	1800	0,28	1,00
9	madeira pinus	0,15	500	0,37	1,34
10	piso cimentado	1,40	2100	0,28	1,00
11	porta metálica	55,00	7800	0,13	0,46
12	telha cimento amianto	0,65	1700	0,23	0,84
13	tijolo maciço	0,90	1600	0,26	0,92
14	vidro janela 3mm	1,10	2700	0,23	0,84

\* variável com a espessura, posição e emissividade relativa.

A composição das paredes foi feita alimentando o programa primeiramente com o número de camadas de materiais componentes de uma dada parede ou cobertura e, em seguida, com a espessura e o tipo de material de cada camada e respectivas características (condutividade, densidade e calor específico), que o próprio programa busca na biblioteca de materiais. No caso de uma camada de ar, fornece-se a espessura e a resistência térmica da camada de ar. Os valores de resistências térmicas das camadas de ar foram extraídos do texto proposto para norma, LAMBERTS (1996b).

Como o programa não permite a entrada de dados de um componente pela sua transmitância térmica global, no caso de paredes com tijolos ou blocos furados e lajes pré moldadas com elementos cerâmicos vazados, fez-se a entrada de dados a partir de um elemento construtivo equivalente formado por camadas de materiais homogêneos com respectivas espessuras, condutividade, densidade e calor específico.

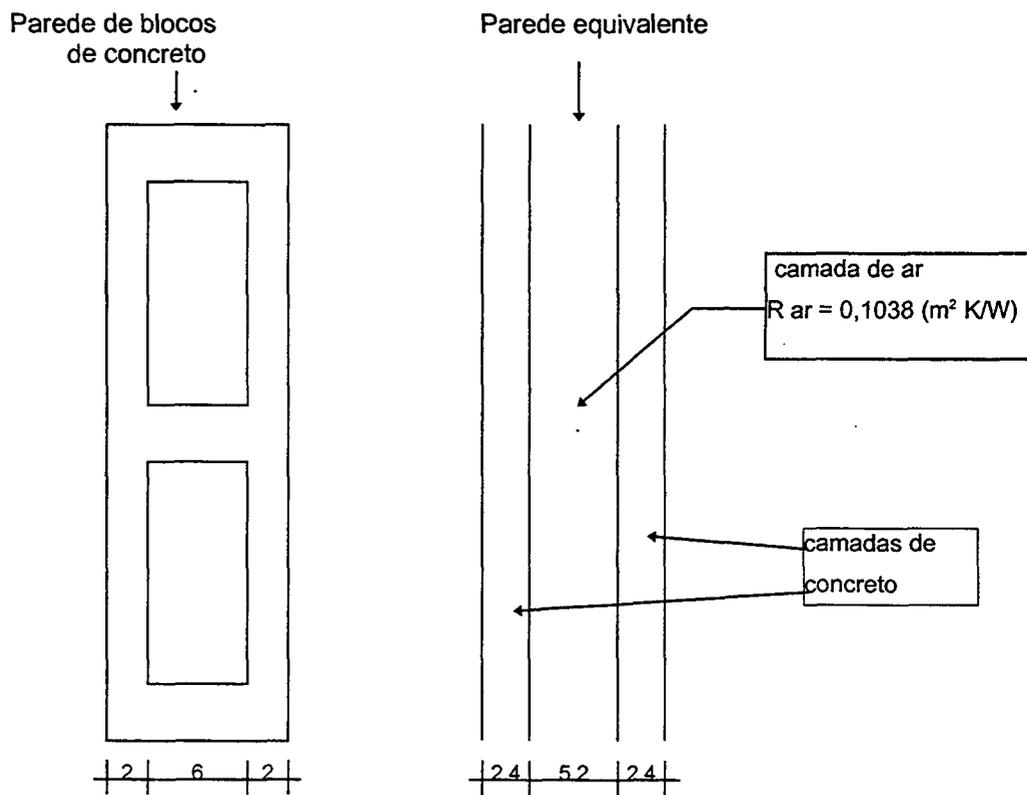
O critério adotado para estabelecer a equivalência foi pela compensação de

massa. Assim, para a camada de tijolos ou blocos vazados, foi considerada na altura das células vazias, uma camada de ar com espessura e resistência equivalentes, definida com base no resultado de transmitância térmica calculado pelo método, sugerido no texto proposta para norma, LAMBERTS (1996b).

Para a parede de blocos de concreto, com espessura de 0,10 m e transmitância de  $3,32 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , calculada conforme LAMBERTS (1996b), considerou-se uma parede equivalente com três camadas, sendo duas de concreto com 0,024 m de espessura cada uma, separadas pela camada de ar com 0,052m de espessura e resistência térmica equivalente de  $0,1038 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ .

A determinação das espessuras consideradas, foi feita respeitando-se a equivalência de massa.

A Figura 4.6 mostra o esquema da parede equivalente à parede de blocos de concreto, de acordo com as considerações adotadas para compatibilizar as entrada de dados no COMFIE.



**FIGURA 4.6 -** ESQUEMA DA PAREDE EQUIVALENTE À PAREDE DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ENTRADA DE DADOS NO COMFIE

No caso da parede de tijolos furados, considerou-se uma parede equivalente com sete camadas, sendo as duas camadas externas de argamassa de revestimento com 0,02 m de espessura e três camadas internas de tijolo maciço de 0,012 m cada uma, separadas por duas camadas de ar de 0,027 m de espessura com resistência térmica equivalente de 0,0940  $\text{m}^2 \text{ K/W}$  cada uma, como mostra a Figura 4.7.

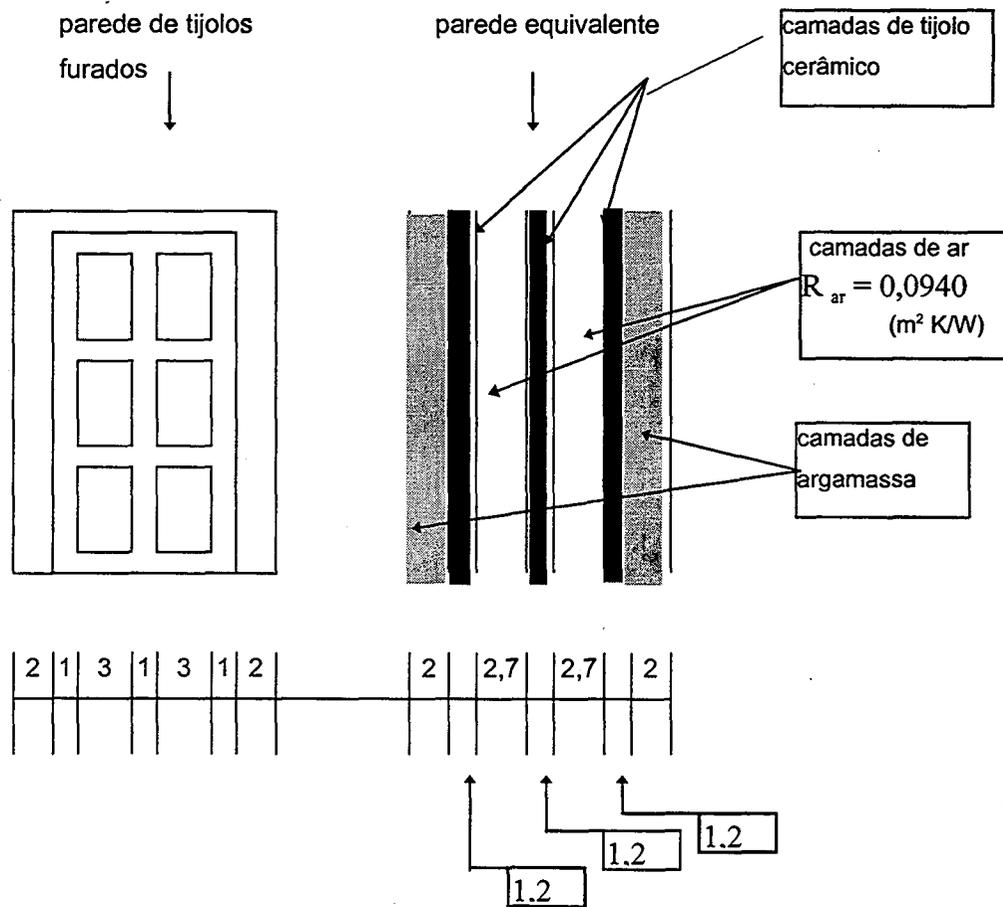
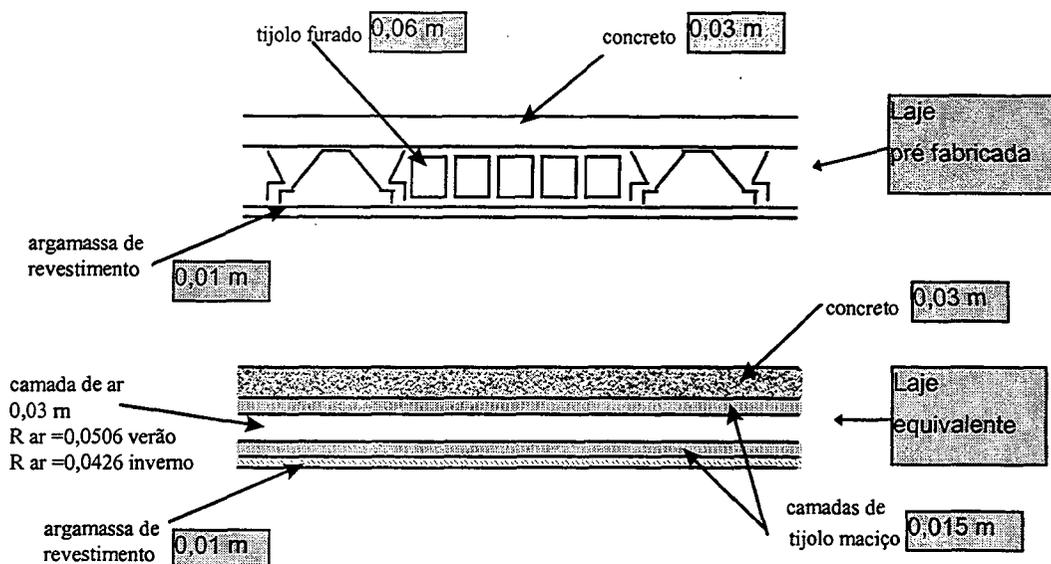


FIGURA 4.7 - ESQUEMA DA PAREDE EQUIVALENTE À PAREDE DE TIJOLOS CERÂMICOS PARA ENTRADA DE DADOS NO COMFIE

No caso das coberturas das casas de blocos de concreto e tijolos cerâmicos furados, na figura 4.9, onde a laje é do tipo pré fabricada, foi feita a equivalência por uma laje com cinco camadas de materiais, sendo a camada superior de concreto com 0,03 m de espessura, seguido de duas camadas de tijolo maciço de 0,015 m de espessura cada uma, separadas por uma camada de ar de 0,03 m de espessura, com resistência térmica equivalente de 0,0506 m<sup>2</sup> K/W no verão e 0,0426 m<sup>2</sup> K/W no inverno.



**FIGURA 4.8 -** ESQUEMA DA LAJE EQUIVALENTE À LAJE PRÉ MOLDADA PARA ENTRADA DE DADOS NO COMFIE

A biblioteca de materiais para as paredes equivalentes e a laje equivalente encontra-se representada na tabela 4.4. O calor específico é usado no COMFIE com a unidade em (Wh/kg K), mas na última coluna da tabela 4.4, constam estes valores com unidade no sistema internacional

**TABELA 4.4 -** BIBLIOTECA DE MATERIAIS PARA AS PAREDES E LAJE EQUIVALENTES

N	Lista de materiais	R ar (m <sup>2</sup> K / W)	espessura (m)	λ (W/m.K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	c <sub>p</sub> (Wh/kg K) (COMFIE)	c <sub>p</sub> (kJ/kg K) (SI)
1	argamassa de revestimento	-	-	1,15	1600	0,28	1,00
2	concreto para laje pré	-	-	1,75	2400	0,28	1,00
3	concreto para bloco	-	-	1,75	2400	0,28	1,00
4	concreto armado	-	-	1,75	2400	0,28	1,00
5	tijolo maciço	-	-	0,9	1600	0,26	0,92
6	lã de vidro	-	-	0,045	50	0,19	0,69
7	camada de ar na parede de blocos de concreto	0,1038	0,052	0,5	1,2	0,34	1,24
8	camada de ar na parede de tijolos maciços	0,0940	0,027	0,287	1,2	0,34	1,24
9	camada de ar na laje para o verão	0,0506	0,03	0,59	1,2	0,34	1,24
10	camada de ar na laje para o Inverno	0,0426	0,03	0,70	1,2	0,34	1,24
11	camada de ar entre a telha e a laje no verão	0,21	0,70	3,3	1,2	0,34	1,24
12	camada de ar entre a telha e a laje no inverno	0,14	0,70	5	1,2	0,34	1,24

O programa COMFIE calcula a transmitância global dos elementos construtivos, utilizando os dados de entrada da biblioteca de materiais, adotando os valores da Tabela 4.5 para resistência superficial interna e externa ( $R_{se}$  e  $R_{si}$ ).

**TABELA 4.5 - RESISTÊNCIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS INTERNA E EXTERNA**

posição da parede	emissividade	$R_{si}$ ( $m^2 \cdot K / W$ ) Resistência térmica superficial interna	$R_{se}$ ( $m^2 \cdot K / W$ ) Resistência térmica superficial externa para exposição a ventos:		
			normal	protegido	severa
vertical	0,9	0,1230	0,0549	0,08	0,0303
	0,2	0,3039	0,0671	0,1098	0,0303
cobertura externa	0,9	0,1060	0,0450	0,0699	0,02
	0,2	0,2178	0,0529	0,0901	0,02
piso externo	0,9	0,1003	0,05	0,05	0,05
	0,2	0,5617	0,05	0,05	0,05
horizontal interna	0,9	0,125	-	-	-
	0,2	0,333	-	-	-

Fonte: PEUPORTIER (1992)

OBS: no original PEUPORTIER (1992) a emissividade baixa é igual a zero entretanto resolveu-se aqui considerar igual a 0,20

Os valores médios recomendados para resistência térmica superficial conforme LAMBERTS (1996b) são demonstrados na Tabela 4.6.

**TABELA 4.6 - RESISTÊNCIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS INTERNA E EXTERNA**

$R_{si}$ ( $m^2 \cdot K / W$ )			$R_{se}$ ( $m^2 \cdot K / W$ )		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte - LAMBERTS (1996b)

Observa-se, nas Tabelas 4.5 e 4.6, que os valores das resistências superficiais do programa COMFIE não são muito diferentes dos valores estabelecidos na proposta LAMBERTS (1996b). Dessa forma, assegura-se uma base de cálculo semelhante entre a simulação e a preparação dos dados de entrada.

O espaço irregular entre o forro e a cobertura em duas águas foi considerado como um só elemento construtivo, com uma camada de ar interna de espessura igual à altura média entre o forro e a cobertura. Assim para o programa COMFIE, a cobertura (incluindo o forro, as telhas e o espaço de ar entre eles), foi considerada igual a uma parede horizontal equivalente, como mostra a Figura 4.9. Neste caso o programa COMFIE considera a cobertura como uma parede horizontal e a insolação que incide é igual à incidência em uma superfície horizontal na latitude do local considerado.

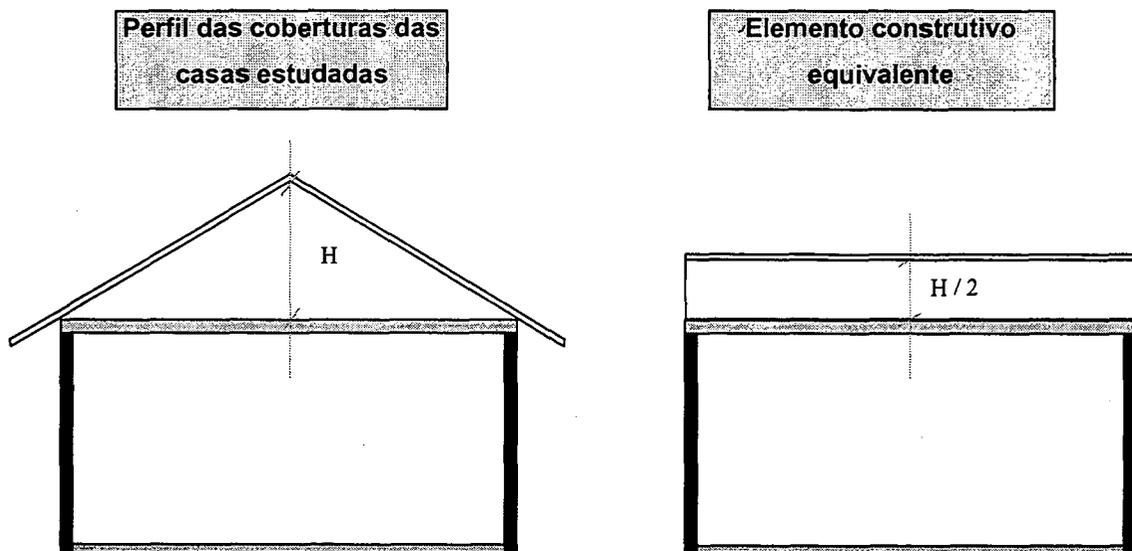


FIGURA 4.9 - COBERTURA CONSIDERADA COMO UM ÚNICO ELEMENTO CONSTRUTIVO INCORPORANDO UMA CAMADA DE AR PARA ENTRADA DE DADOS NO PROGRAMA COMFIE

#### 4.2.2.2 - Acabamentos

Os valores de absorvidade e emissividade, fornecidos para o programa COMFIE como dados de entrada, foram determinados associando-se a cor dos materiais ou a cor dos acabamentos internos e externos das casas aos coeficientes constantes na bibliografia LAMBERTS (1996b) e RIVERO (1986). No caso das telhas de cimento amianto foram adotados valores iniciais conforme a bibliografia e após a primeira

simulação a curva de temperaturas internas simuladas, foi comparada com a curva de temperaturas internas medidas no local. A diferença entre as curvas foi reduzida variando-se o valor da absortividade solar nas telhas de cimento amianto. Assim inicialmente a cobertura de cimento amianto foi considerada com absortividade igual a 0,8 e foram testados os valores 0,6 e 0,4. Após as simulações variando o valor da absortividade, verificou-se que a curva de temperaturas internas simuladas ficou mais próxima da curva de temperaturas internas medidas quando o valor da absortividade da cobertura de cimento amianto foi igual a 0,4. Da mesma forma os valores de absortividade adotados para o acabamento externo do piso foram ajustados e a curva de temperaturas internas simulada e medida se aproximaram mais quando estes valores foram se aproximando de 0,4. Entretanto para a casa de ardósia os valores adotados para a absortividade das paredes e coberturas foram de 0,8 e para este valor as curvas de temperaturas internas simuladas e medidas ficaram bem próximas. Para o albedo externo usou-se o valor padrão do COMFIE que é de 0,2. Os valores de absortividade adotados para simulação estão resumidos na tabela 4.7.

**TABELA 4.7-** VALORES DE ABSORTIVIDADE ADOTADOS PARA SIMULAÇÃO APÓS O AJUSTAMENTO DAS CURVAS DE TEMPERTATURAS INTERNAS SIMULADAS E MEDIDAS

CASA	ELEMENTO CONSTRUTIVO	ABSORTIVIDADE $\alpha$	
		interna	externa
concreto	cobertura	0,6	0,4
	paredes	0,3	0,3
	piso	0,4	0,4
tijolos cerâmicos	cobertura	0,4	0,4
	paredes	0,4	0,3
	piso	0,65	0,4
blocos de concreto	cobertura	0,3	0,4
	paredes	0,3	0,3
	piso	0,4	0,4
ardósia	cobertura	0,45	0,8
	paredes	0,8	0,8
	piso	0,6	0,4
argamassa armada	cobertura	0,3	0,4
	paredes	0,4	0,3
	piso	0,4	0,4

### 4.2.2.3 - Zonas Consideradas

O volume das zonas consideradas na simulação é um dado de entrada solicitado pelo programa COMFIE. Para as simulações nas cinco casas em estudo, considerou-se toda a edificação como uma única zona e as paredes divisórias internas como paredes capacitivas internas.

A mobília no interior da casa é considerada pelo COMFIE e representada pela sua inércia térmica, que pode ser de uma a seis vezes o valor da área interna da zona. Para ajustar as curva de temperaturas internas simuladas e medidas, variou-se o valor da inércia térmica dos móveis de 1 a 6 vezes o valor da área de cada zona simulada e os melhores resultados foram obtidos com o valor da inércia térmica dos móveis igual a 1 vez a área interna da zona.

### 4.2.2.4 - Ventilação

Os dados relativos à ventilação devem ser fornecidos para o programa COMFIE através do esquema de ocupação (occupancy schedule). O esquema de ocupação deve ser montado para cada dia da semana e por hora. A ventilação é representada pela taxa de ventilação natural máxima do dia, dada em volumes/hora, calculada em função da ventilação externa, volume interno e altura e área de aberturas. A planilha de dados horários para toda a semana é preenchida e representada por uma porcentagem da taxa máxima de ventilação interna, que varia com a ventilação externa por hora.

Nas casas estudadas, a entrada de dados de ventilação foi montada para uma semana padrão, em função dos dados coletados no trabalho de campo nos dias de medição. O cálculo da taxa de ventilação natural máxima do dia foi feito, conforme LAMBERTS (1990), em função de: a) velocidade do ar, máxima externa obtida da estação meteorológica, para as horas de medição; b) o volume interno; e c) a altura e área de aberturas. A planilha de dados horários de deslocamento do ar interno foi calculada em função da variação de ventos externos, com relação à taxa máxima das horas de medição. Como os dados foram coletados para treze horas, ( entre as nove da manhã e as nove da noite), para os demais horários repetiu-se o valor da última hora do

dia de medição. Os demais dias da semana foram considerados iguais ao dia da medição, para cada simulação.

O Anexo 3 apresenta o algoritmo de cálculo, conforme LAMBERTS (1990), para determinação da taxa de ventilação interna a partir da velocidade de ventos externos, e os cálculos da taxa máxima de ventilação calculada para verão, inverno, primavera e outono, que foram considerada na montagem dos esquemas de ocupação para as simulações. Quanto à estanqueidade das paredes e aberturas foi considerada uma infiltração no inverno de uma renovação por hora.

#### 4.2.2.5 - Ganhos Internos

O calor produzido no interior da zona a ser simulada deve ser fornecido ao programa COMFIE, dentro do esquema de ocupação (occupancy schedule), por hora e por dias da semana. Para as casas estudadas, o esquema de ocupação foi montado para uma semana padrão, na qual os valores de calor produzido (em W) para cada hora, foram calculados para o dia da medição e repetido para os demais dias. Como os dados foram coletados para treze horas entre (as nove da manhã e as nove horas da noite), as potências (em W) dos equipamentos internos em funcionamento (lâmpadas, ferro, chuveiro, geladeira TV, rádio etc.), nesses horários, foram somados e registrados nas horas de medição. Para os demais horários, ficou somente a potência da geladeira ou zero para as casas sem geladeira.

#### 4.2.2.6 - Pessoas Presentes

A presença de pessoas é informada ao programa COMFIE, também, por meio do esquema de ocupação, por horas e por dias da semana. Pode ser fornecido o valor absoluto de pessoas presentes por hora ou um valor correspondente a um volume de 100 m<sup>3</sup> por hora. Os valores correspondentes às casas em estudo, foram dados em valor absoluto para as horas de medição e, para as demais horas, foram estimados os valores óbvios para os costumes da família ocupante da casa. Os demais dias ficaram

iguais ao dia da medição. No Anexo 4, um exemplo do esquema de ocupação para a simulação pelo COMFIE.

#### 4.2.2.7 - Paredes da Zona

O programa COMFIE considera cada painel, que compõe o volume de uma zona, como uma parede vertical ou horizontal. Assim, normalmente, uma zona é composta por seis paredes, sendo quatro verticais e duas horizontais. Para cada parede, devem ser fornecidas sua área, orientação, posição em relação as demais zonas, tipo de exposição a ventos, tipo de albedo e as aberturas existentes com respectivas áreas, transmitância em  $W/m^2 K$ , fator solar e dispositivo para sombreamento próximo, como beirais ou brises e sombreamento distantes, tais como árvores ou outro obstáculos. Esses dados foram fornecidos normalmente ao programa para cada simulação. Os valores da transmitância térmica e fator solar das janelas ( $U = 5,79$  e  $S = 0,86$ ), foram considerados iguais para todas as casas, por serem todas do tipo basculante com vidro de 3mm, inclusive para as janelas da casa de ardósia que, embora sendo do tipo pivotante, o material empregado foi o mesmo, ou seja, esquadria metálica e vidro de 3mm.

#### 4.2.3 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Os resultados das simulações estão apresentados nas Figuras 4.10 a 4.27, onde aparecem as curvas de temperaturas externas e internas simuladas e medidas, sendo as internas coletadas nos respectivos dias de medição.

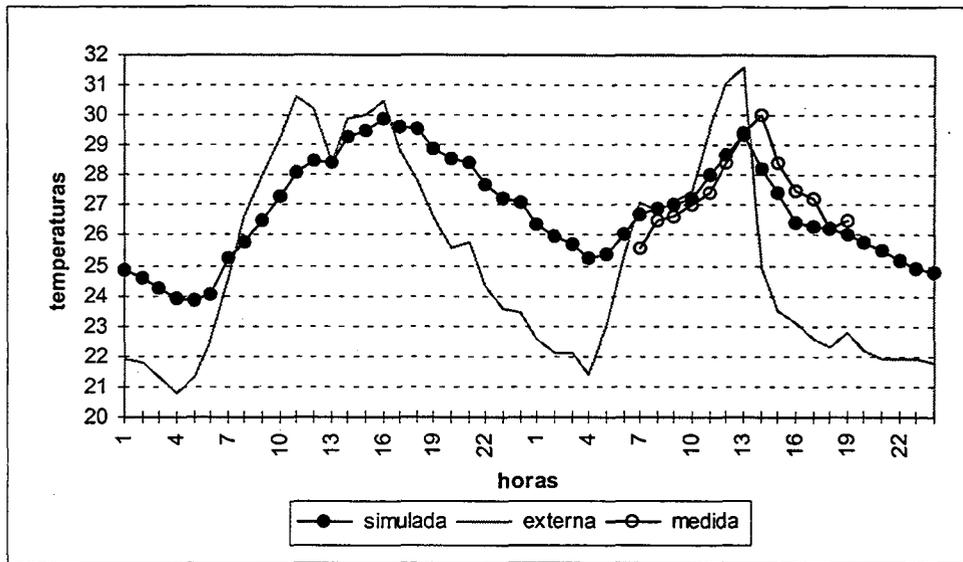


FIGURA 4.10 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 17 DE FEVEREIRO DE 1994, NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO

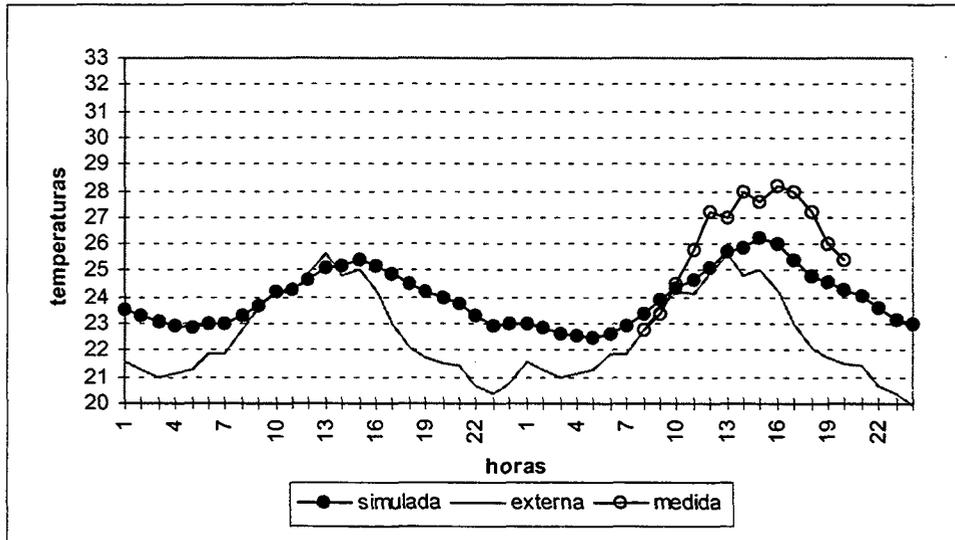


FIGURA 4.11 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS( SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 03 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO

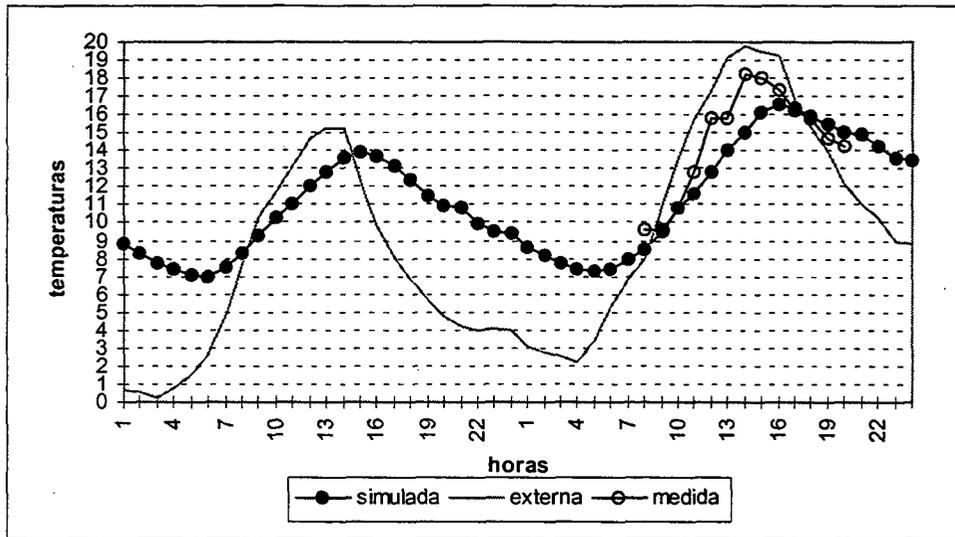


FIGURA 4.12 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 27 DE JUNHO DE 1994, NA CASA DE CONCRETO MONOLÍTICO

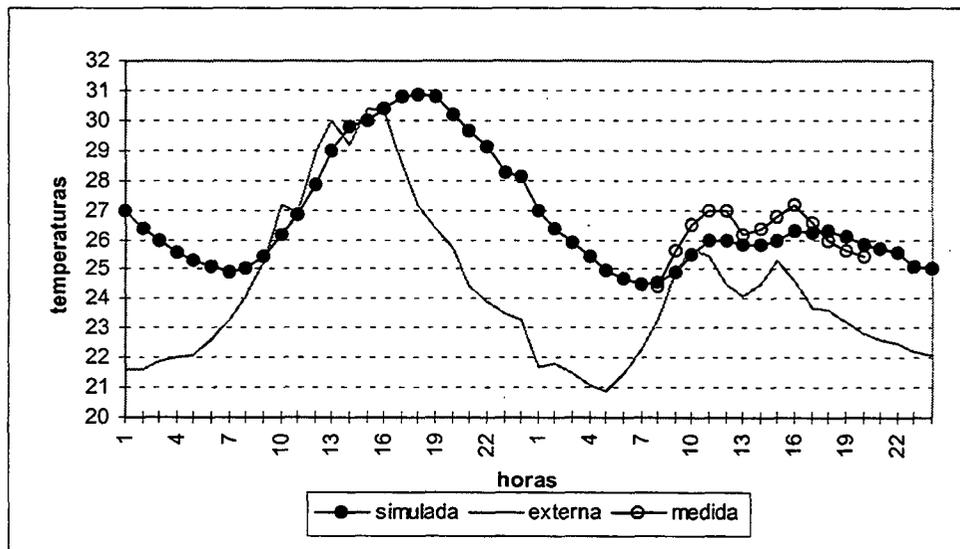


FIGURA 4.13 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 01 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS

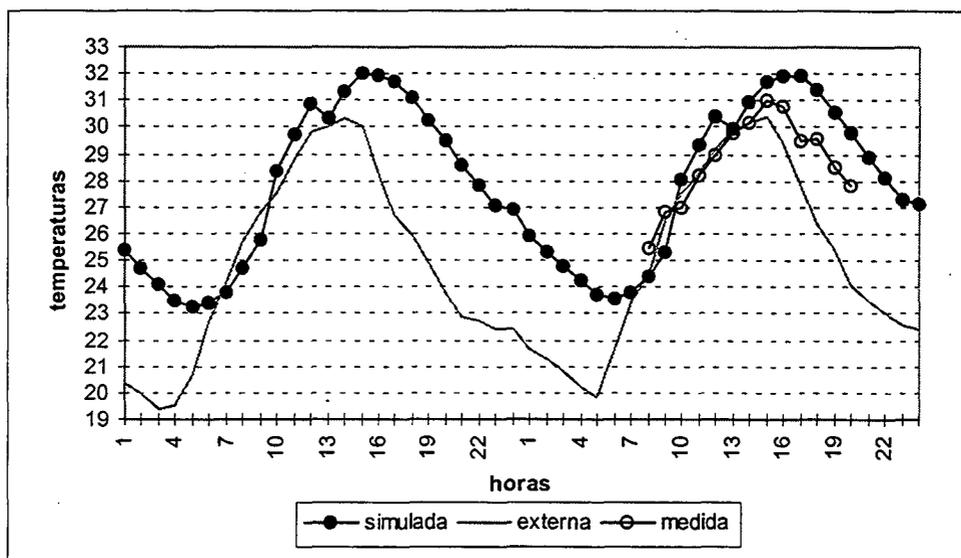


FIGURA 4.14 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 15 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS

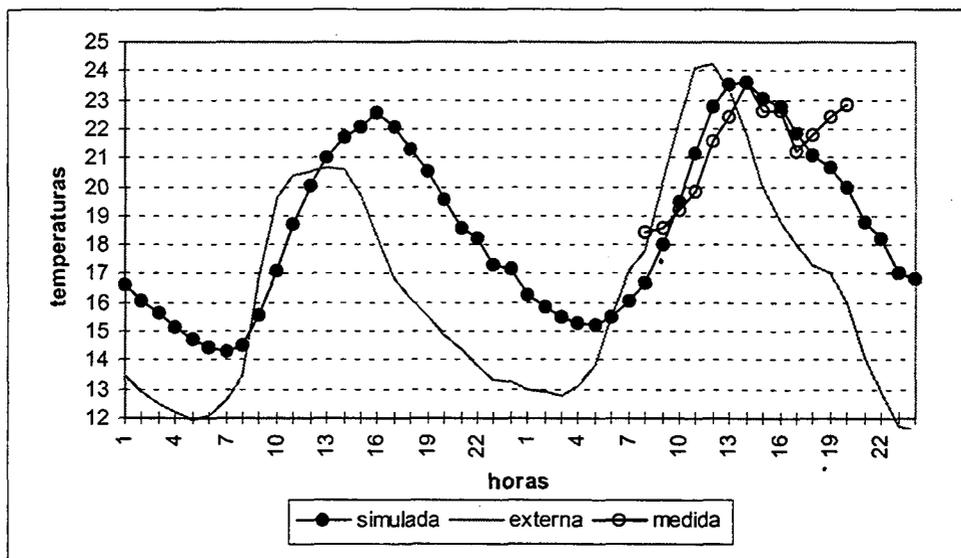


FIGURA 4.15 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 24 DE JUNHO DE 1994, NA CASA DE TIJOLO CERÂMICOS

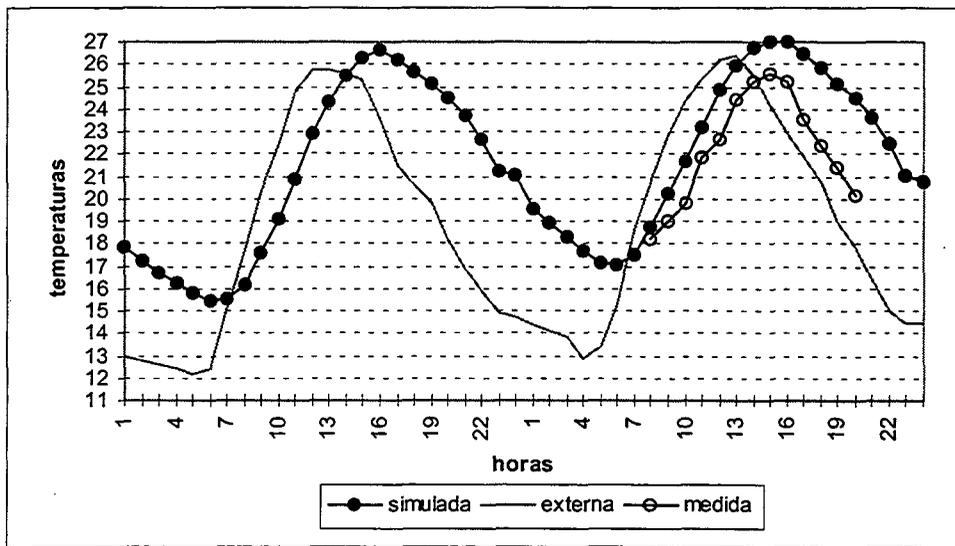


FIGURA 4.16 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 15 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE TIJOLOS CERÂMICOS

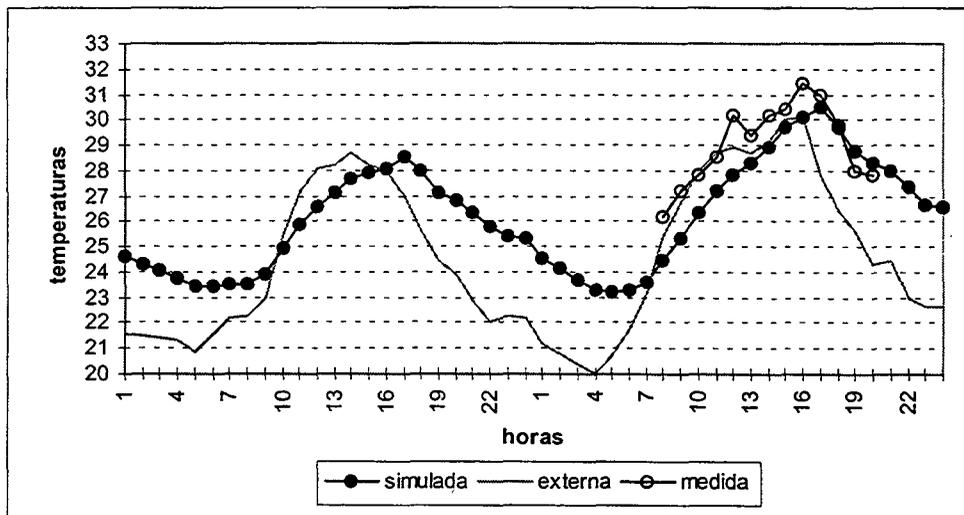
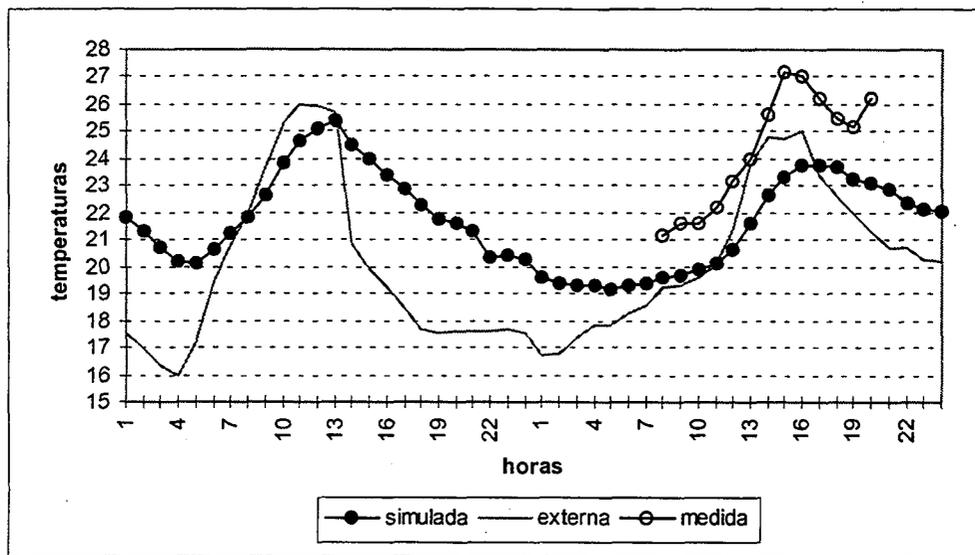
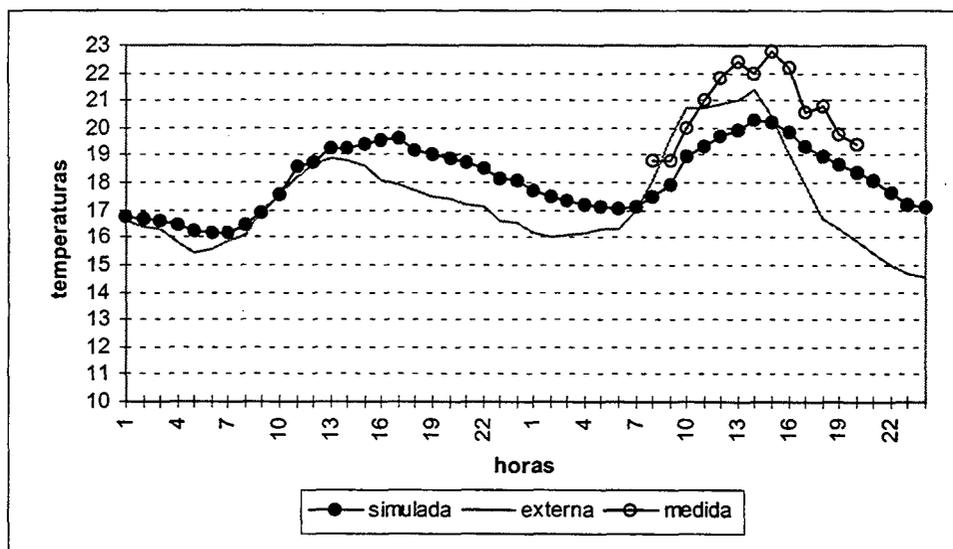


FIGURA 4.17 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 22 DE FEVEREIRO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO



**FIGURA 4.18** - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 08 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO



**FIGURA 4.19** - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 22 DE JUNHO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO

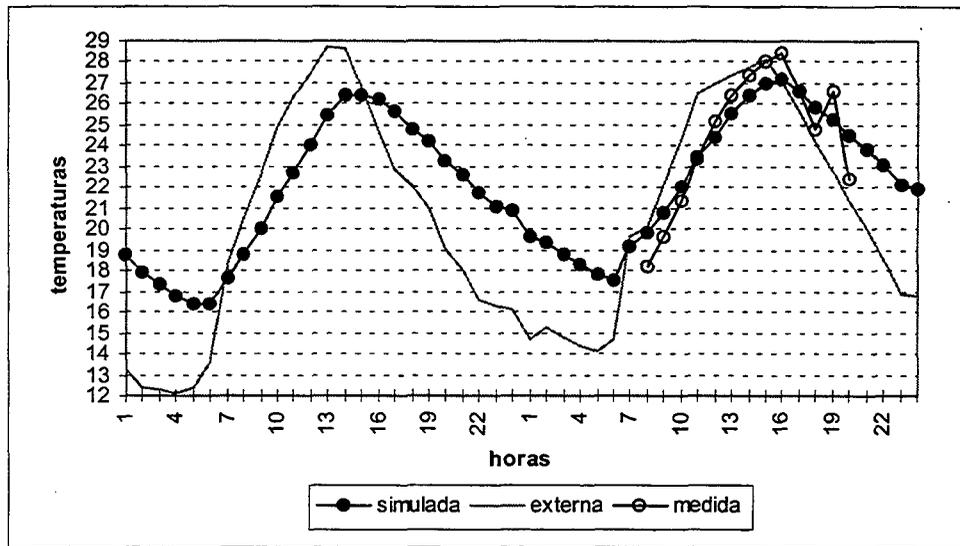


FIGURA 4.20 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 18 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE BLOCOS DE CONCRETO

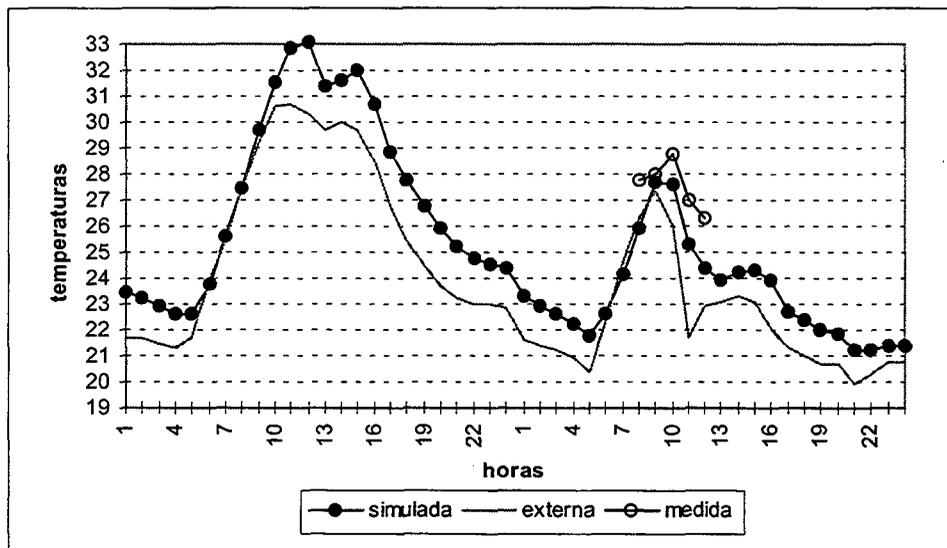


FIGURA 4.21 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 19 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA

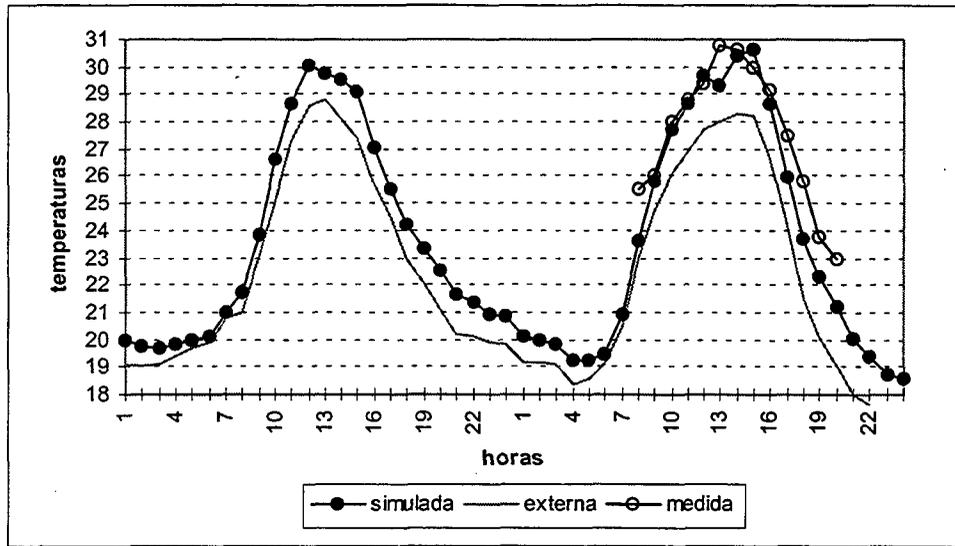


FIGURA 4.22 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 22 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA

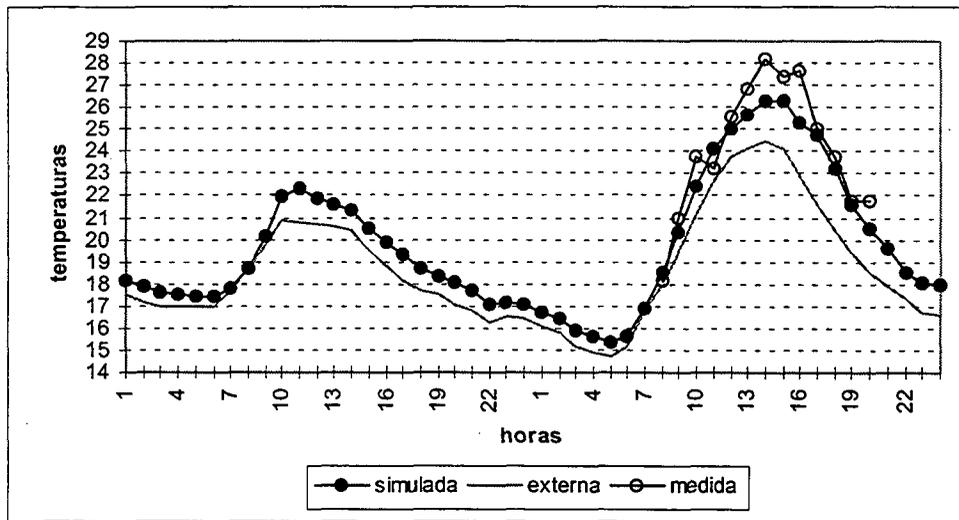
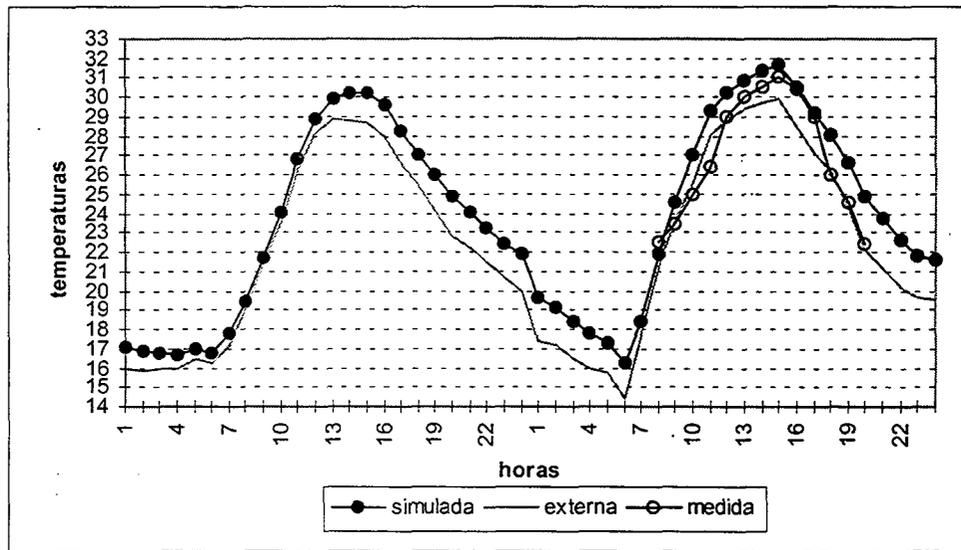
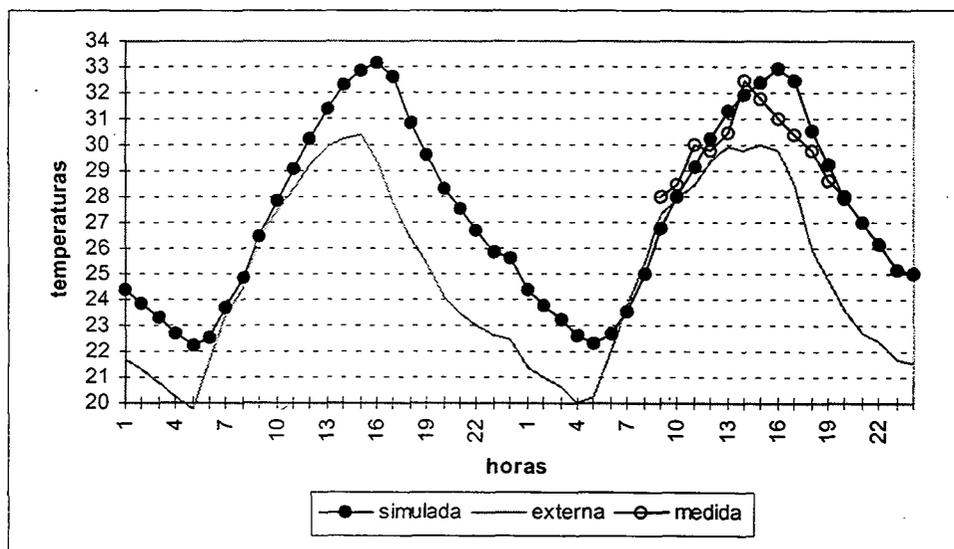


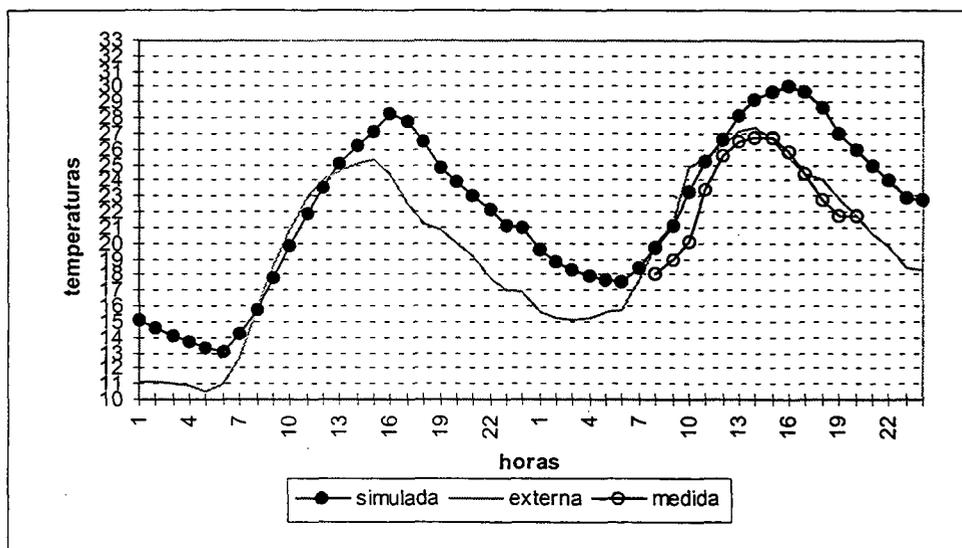
FIGURA 4.23 - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 04 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA



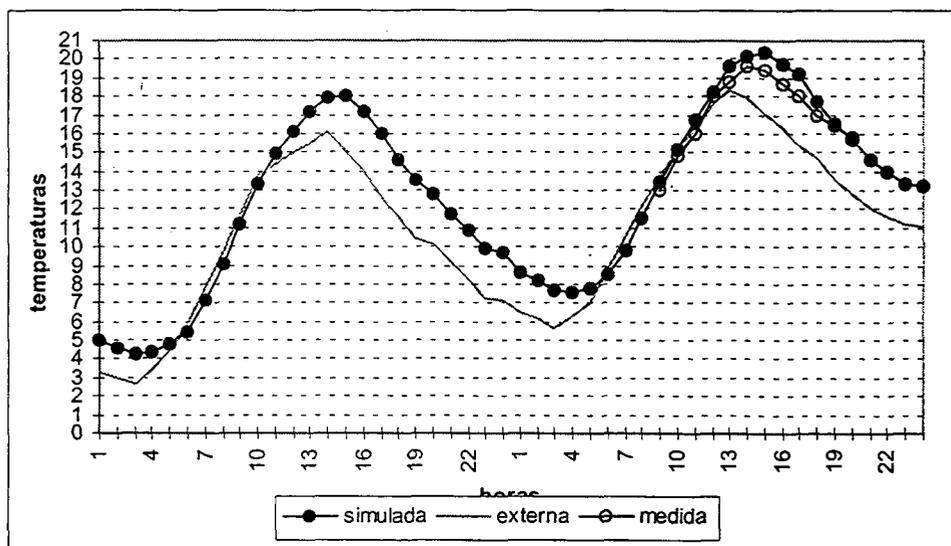
**FIGURA 4.24** - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 28 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE ARDÓSIA



**FIGURA 4.25** - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 16 DE MARÇO DE 1994, NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA



**FIGURA 4.26** - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 01 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA



**FIGURA 4.27** - CURVAS DE TEMPERATURAS EXTERNAS E INTERNAS (SIMULADAS E MEDIDAS), NO DIA 11 DE JULHO DE 1994, NA CASA DE ARGAMASSA ARMADA

Nota-se que as curvas simuladas acompanham as curvas medidas, ora acima e ora abaixo destas. Percebe-se, também, que nas casas de concreto, tijolos cerâmicos e blocos de concreto, as curvas simuladas apresentam uma diferença maior que nas casas de argamassa armada e ardósia. A diferença na casa de ardósia é a menor de todas e as

curvas simuladas de temperaturas internas quase se confunde com as curvas de temperaturas externas.

#### 4.2.4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados de simulação e medição foi realizada comparando-se as diferenças entre as curvas de temperaturas medida e simulada. A Tabela 4.8 mostra um resumo geral do resultado desta comparação. A quinta coluna da tabela apresenta o somatório das diferenças entre as temperaturas medidas e simuladas por dia de medição, dividida pelo número de horas de medições realizadas naquele dia.

**TABELA 4.8 - RESULTADOS OBTIDOS NAS SIMULAÇÕES COMFIE COMPARADOS COM OS RESULTADOS MEDIDOS**

CASA	DATA	Número de horas medidas	somatoria das diferenças entre as temperaturas medida e simulada	Diferenças médias (°C)	Diferenças máximas (°C)
concreto monolítico	17/02/94	13	2,11	0,16	1,80
concreto monolítico	03/03/94	13	16,84	1,30	2,62
concreto monolítico	27/06/94	13	10,97	0,84	3,15
tijolos cerâmicos	01/03/94	13	4,67	0,36	1,19
tijolos cerâmicos	15/03/94	13	12,11	0,93	2,46
tijolos cerâmicos	24/06/24	13	2,36	0,18	2,86
tijolos cerâmicos	15/07/94	13	28,06	2,16	4,32
blocos de concreto	22/02/94	13	12,26	0,94	2,36
blocos de concreto	08/03/94	13	31,57	2,43	3,86
blocos de concreto	22/06/94	13	21,42	1,65	2,51
blocos de concreto	18/07/94	13	0,49	0,04	2,11
ardósia	19/03/94	5	6,95	1,39	1,85
ardósia	22/03/94	13	10,63	0,82	2,07
ardósia	04/07/94	13	10,31	0,79	2,33
ardósia	28/07/94	13	16,04	1,23	2,91
argamassa armada	16/03/94	12	4,01	0,33	2,09
argamassa armada	01/07/94	13	41,5	3,19	5,88
argamassa armada	11/07/94	12	6,88	0,57	1,19
<b>SOMA</b>		<b>224</b>	<b>239,18</b>	<b>19,32</b>	<b>47,56</b>
<b>MÉDIA</b>		<b>12,44</b>	<b>13,29</b>	<b>1,07</b>	<b>2,64</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>		<b>1,88</b>	<b>11,13</b>	<b>0,85</b>	<b>1,13</b>

Pode-se observar que nas casas de tijolos cerâmicos e de blocos de concreto, onde as paredes e a laje de forro são constituídas de camadas de diferentes materiais e com a presença de vazios, a diferença entre as curvas de temperaturas medidas e simuladas é maior que nas demais casas, onde as paredes e o forro são constituídos de materiais homogêneos. Entretanto, a diferença absoluta máxima entre as temperaturas medidas e simuladas ocorreu na casa de argamassa armada, onde a média de diferenças no período de medição é a menor. Fazendo-se uma verificação geral para todas as casas, obtém-se uma média de diferença de 1,07 °C entre as temperaturas medidas e simuladas, com um desvio padrão de 0,85.

#### 4.2.5 - CONCLUSÃO

A diferença entre as curvas medidas e simuladas foi resultado de vários fatores de erros e incertezas que podem ser subdivididos em três grupos: fatores decorrentes dos dados climáticos, fatores decorrentes da medição, e os fatores decorrentes das características da edificação. Quanto aos dados climáticos, erros e incertezas podem ser decorrentes dos dados considerados da estação meteorológica, que se encontra a uma distância de mais de 8 km do local de medições, e das decisões tomadas na montagem do arquivo climático, principalmente com relação aos valores de umidade relativa e radiação direta e difusa, conforme descrito no item 3.3.6. No grupo de erros e incertezas decorrentes das medições, pode-se apontar a incerteza relativa entre as medições realizadas com os equipamentos utilizados e a imprecisão do registro manual dos valores medidos no local, representado pela resolução de cada equipamento, conforme descrito no item 3.4.6.5. E com relação às características e propriedades da edificação, os erros podem ser decorrentes de: 1) a dificuldade em adotar-se valores que representem o fenômeno real, devido à faixa de variabilidade em torno dos valores tabelados de condutividade térmica, densidade e absorvidade, conforme descrito nos itens 4.2.2.1 e 4.2.2.2. 2) as equivalências adotadas para paredes e coberturas compostas de materiais heterogêneos para entrada de dados no programa, conforme descrito no item 4.2.2.1. 3) a equivalência das coberturas de duas águas para uma cobertura horizontal (item 4.2.2.1). 4) a adoção de uma única zona com paredes capacitivas para a simulação (item 4.2.2.3). 5) a montagem do esquema de ocupação: quanto ao número de pessoas ocupantes por hora, os valores adotados de potência por equipamentos por hora e os valores de ventilação por períodos horários. Todos estes fatores contribuíram para diferenças entre os valores simulados e medidos, resultando em uma diferença máxima de 5,9° C, e média de  $\pm 1,0^\circ$  C, com desvio padrão de 0,85.

No próximo item são detalhadas as simulações para delimitação dos parâmetros térmicos a serem adotados na proposta de especificação e avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares.

### 4.3 - DETERMINAÇÃO DE LIMITES PARA ESPECIFICAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO COM BASE NA TIPOLOGIA CONSTRUTIVA DA COHAB

#### 4.3.1 - INTRODUÇÃO

A tipologia construtiva da COHAB foi usada como base na determinação dos limites para especificação de desempenho térmico do tipo de edificação abordado neste trabalho. Optou-se por este balizamento, por se tratar do sistema construtivo mais freqüentemente utilizado, conforme a pesquisa realizada e detalhada no item 3.1. Essa tipologia construtiva da COHAB foi também utilizada como ponto de partida e referencial para esta etapa do trabalho, por retratar a realidade da prática construtiva da edificação residencial de nível popular e de interesse social.

Objetivou-se, trabalhando com esta realidade, lidar com uma tecnologia dominada pela maioria das regiões pesquisadas e, tornar viável economicamente, na medida em que os materiais empregados são os mais conhecidos e acessíveis. Pretendeu-se, também, não impor limites ou parâmetros à margem da realidade.

Para o procedimento de simulações nesta etapa do trabalho, a cobertura da casa COHAB padrão foi simulada com telhas de cimento amianto e não com telhas cerâmicas. Isto porque em Londrina a tipologia mais construída ainda é com cobertura de cimento amianto. Entretanto, como esta situação é mais desfavorável, permitiu-se proceder assim a esta etapa de simulações sem riscos de minimizar o problema.

Em todas as simulações feitas nesta etapa do trabalho, adotou-se o arquivo do ano climático de referência de Londrina (ano de 1986).

Os procedimentos utilizados na determinação dos limites e os resultados obtidos serão descritos a seguir.

#### 4.3.2 - PROCEDIMENTOS ADOTADOS NA DETERMINAÇÃO DOS LIMITES PARA ESPECIFICAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO

Inicialmente, a casa COHAB padrão, definida a partir da pesquisa realizada e detalhada no item 3.2 (Tab. 3.1), foi simulada para os períodos de verão, inverno, outono e primavera, com o clima do ano climático de referência de Londrina.

Cada estação climática considerada, foi representada por um conjunto de três meses, sendo:

- período de verão: dezembro, janeiro e fevereiro;
- período de outono: março, abril e maio;
- período de inverno: junho, julho e agosto; e
- período de primavera: setembro, outubro e novembro.

Para cada período do ano foi preparado um esquema de ocupação, com base nos esquemas de ocupação das unidades habitacionais estudadas e medidas *in loco* no ano de 1994 (conforme detalhado no item 3.4.6.4),

Para cada esquema de ocupação foram feitos os cálculos de ventilação. Calculou-se a taxa máxima de ventilação interna tendo como base a velocidade média do ar externo para os meses considerados em cada estação. Os dados da casa padrão COHAB também foram utilizados no cálculo da taxa máxima de ventilação interna. A porcentagem da taxa máxima de ventilação interna foi considerada de 100% das 8 às 21 horas. Nos horários de 22 às 7 horas considerou-se uma porcentagem de 12 a 15%, tendo em vista o levantamento feito em 1994 nas cinco unidades habitacionais estudadas.

No Anexo 3 apresenta-se o algoritmo usado para o cálculo da taxa de ventilação e o cálculo das taxas de ventilação para os períodos de verão, inverno, primavera e outono, usados nas simulações deste item.

A cada resultado de simulação foram feitos o cálculo da quantidade de horas do período simulado nas quais as temperaturas internas ficaram fora da zona de conforto de Givoni para países em desenvolvimento e de clima quente, cujo intervalo de temperaturas que delimitam a zona de conforto considerada é de 18 a 29° C.

As temperaturas externas de cada estação foram também calculadas com respeito à zona de conforto Givoni (ver item 14 da tabela 4.9).

O número de horas em que as temperaturas internas e/ou externas se

apresentaram com valor menor que 18°C, foram denominadas de horas de frio e o número de horas em que as temperaturas se apresentaram com valores acima de 29°C, foram denominadas de horas de calor.

O procedimento seguinte foi o de simular a casa COHAB padrão nos quatro períodos integrais de cada estação, com algumas modificações, verificando-se a quantidade de horas de frio e de calor.

As modificações adotadas nas simulações foram as seguintes:

1. variação da ventilação - obtida aumentando-se a área de aberturas para o dobro da área de aberturas da casa COHAB padrão;
2. variação no valor da absorvidade na cobertura - obtida considerando-se a cobertura com pintura branca;
3. variação na quantidade de sombreamento nas aberturas - obtida considerando-se todas as janelas totalmente sombreadas por venezianas externas, mas permitindo a ventilação quando necessário;
4. variação na transmitância térmica da cobertura - obtida com a adição de uma camada de lã de vidro de 2cm e 50 kg/m<sup>2</sup>, sobre a laje;
5. variação na transmitância térmica das paredes - obtida com a adição de uma camada de lã de vidro entre a alvenaria de tijolos furados e o revestimento externo;
6. variação na capacidade térmica - obtida considerando-se, inicialmente, as paredes externas e internas em placas de poliestireno expandido de um centímetro de espessura e capacidade térmica de 0,076 Wh/m<sup>2</sup>K [0,28 KJ/(m<sup>2</sup>K)]. Em seguida considerando-se as paredes internas e externas com 9 cm de tijolos maciços e revestida com 2 cm de argamassa de cada lado, com capacidade térmica de 55,36 Wh/m<sup>2</sup>K [204,5 KJ/(m<sup>2</sup>K)]. Dessa forma, manteve-se o mesmo valor de resistência térmica, e variou-se a capacidade térmica de 0,076 Wh/m<sup>2</sup>K [0,28 KJ/(m<sup>2</sup>K)] a 55,36 Wh/m<sup>2</sup>K [204,5 KJ/(m<sup>2</sup>K)].

Complementando a etapa de simulação e análise, a casa padrão COHAB foi simulada para as quatro estações, mantendo-se as suas dimensões e esquemas de ocupação, e variando-se o sistema construtivo (material das paredes e coberturas), conforme a variabilidade encontrada e estudada em Londrina.

Finalmente, fez-se uma simulação, considerando todas as variações que apresentaram reduções nas quantidades de horas de calor e de frio. Essas variações foram de quatro tipos: pintura branca na cobertura, aumento da área de aberturas, sombreamento nas aberturas e a adição de uma camada de 2 cm de lã de vidro sobre a laje. Em razão da obtenção de uma boa quantidade de redução nas horas de calor e de frio, e por tratar-se de benefícios de custo moderado, este conjunto de variações foi denominado de benefícios térmicos mínimos viáveis na casa COHAB padrão.

Em resumo, para cada estação foram feitas simulações com as condições de projeto listadas na Tabela 4. 9.

**TABELA 4.9 - VARIACIONES NAS SIMULACIONES COM A CASA PADRÃO COHAB PARA ESPECIFICAÇÃO DOS LIMITES DE DESEMPENHO TÉRMICO**

Nº	TIPO DE VARIACIONES PARA SIMULAÇÃO	abreviação
1	casa padrão COHAB	padrão
2	casa padrão COHAB com o dobro das aberturas	abert. x2
3	casa padrão COHAB com a cobertura pintada de branco $\alpha = 0,30$	cob. blanc.
4	casa padrão COHAB com sombreamento total nas aberturas	sombra
5	casa padrão COHAB com 2 cm de lâ de vidro sobre a laje	lã laje
6	casa padrão COHAB com 2 cm de lâ de vidro na parte externa da parede, entre a alvenaria e o revestimento	lã parede
7	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas em alvenaria de tijolos maciços 9 cm revestidos com argamassa 2 cm de cada lado. Espessura total 13 cm	tij. maciço
8	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas e forro de poliestireno expandido 1 cm de espessura	isopor
9	casa padrão COHAB com as paredes em concreto monolítico de 10 cm	conc. arm.
10	casa padrão COHAB com as paredes em alvenaria de blocos de concreto 10 cm	blocos
11	casa padrão COHAB com as paredes de placas de ardósia 4 cm, o forro em madeira 0,5 cm e a cobertura em ardósia 1 cm	ardósia
12	casa padrão COHAB com as paredes e o forro em painéis de argamassa armada de 2 cm	arg. arm.
13	casa padrão COHAB beneficiada com o dobro da área de aberturas para ventilação, com a cobertura pintada de branco, sombreamento total nas aberturas e 2 cm de lâ de vidro sobre a laje.	benefici.
14	condições de temperaturas externas do ano climático de referência. Obviamente não foi simulada mas foram quantificadas as horas de desconforto para o clima externo.	exterior

O elenco de simulações descrito foi repetido para cada estação. No inverno considerou-se que os usuários cuidariam para que os dispositivos de sombreamento não estivessem acionados e assim permitiriam a penetração de alguma incidência de radiação solar, e estando as partes de vidro das janelas fechadas, a ventilação seria menor e compatível com a situação de inverno. Por esta razão, não foram feitas as simulações com o dobro das aberturas e com o sombreamento total, porque resultaria em um desempenho térmico desfavorável, e não seria uma situação representativa da realidade para este período anual. Neste caso para o período de inverno a simulação foi feita para a quantificação das horas de desconforto da casa COHAB padrão, em lugar da

casa com o dobro de aberturas e com o sombreamento total

As abreviações que aparecem ao final de cada descrição de variações na Tabela 4.9, representam estas variações nos gráficos de colunas, que foram elaborados para visualizar as quantidades de horas de calor e horas de frio por variação de simulações em cada estação.

O arquivo climático TRY de Londrina do ano de 1986 foi fornecido ao programa COMFIE para proceder estas simulações. Os elementos construtivos foram transformados em dados de entrada para o programa, da mesma forma como foram montados para as simulações com as cinco casas estudadas em Londrina, conforme descrito no item 4.2. Foram adotadas também as mesmas considerações de especificação de espaço e esquemas de ocupação adotados conforme descritos no item 4.2.

No Anexo 5 são apresentados, como exemplo, os relatórios que saem do COMFIE após as simulações do projeto da Casa COHAB padrão, sem benefícios e com os benefícios térmicos mínimos viáveis. Os demais relatórios de simulação não se encontram em anexo, porque não acrescentam maiores informações, a não ser as próprias modificações sofridas e já discriminadas no texto.

#### 4.3.3 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

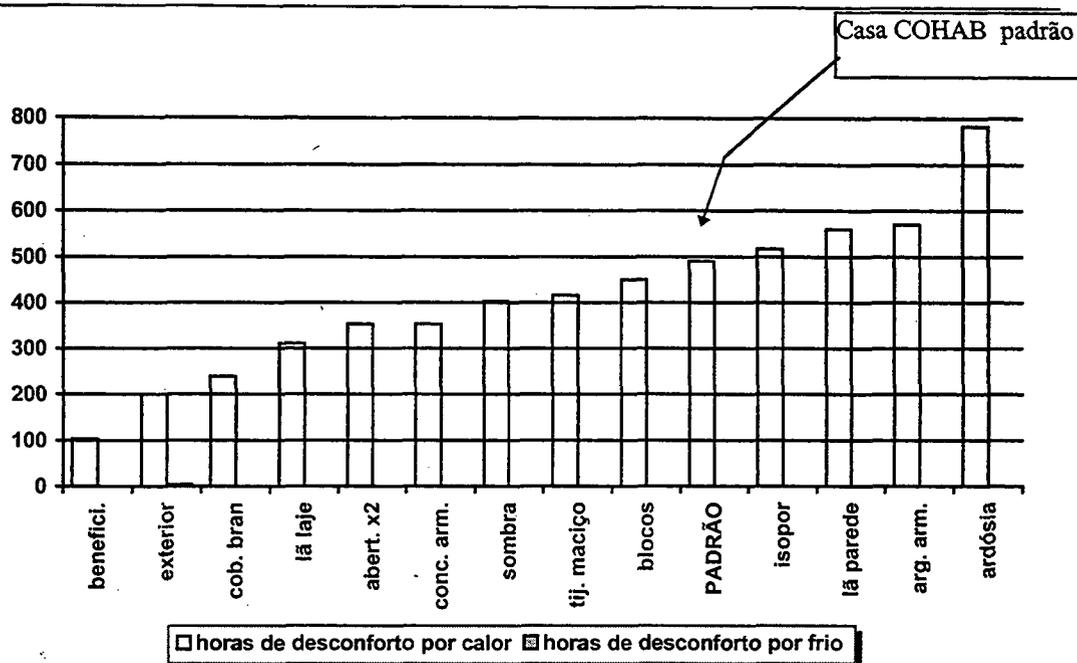
As Tabelas 4.10 a 4.13, apresentam as quantidades de horas de calor e horas de frio no interior, resultantes das simulações realizadas com as variações consideradas para cada estação. Em cada tabela foram consideradas também as horas de calor e de frio do clima externo, (ano climático de referência - 1986), no intuito de servir de parâmetro de comparação com os valores obtidos para o interior através das simulações. As Figuras 4.28 a 4.31 mostram os gráficos de colunas em seqüência crescente de horas de calor e horas de frio no interior, para cada estação, para uma melhor visualização comparativa entre as variações adotadas para simulação. A Tabela 4.14 e a Figura 4.32 mostram os resultados somados de cada estação, compondo o total de horas de desconforto por calor e por frio para todo o ano climático de referência de

Londrina, e por cada variação considerada.

**TABELA 4.10** - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA MODIFICAÇÃO CONSIDERADA E SIMULADA NO PERÍODO DE VERÃO (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR)

Nº	SIMULAÇÕES DE VERÃO	horas de calor	horas de frio
13	casa padrão COHAB beneficiada com o dobro da área de aberturas para ventilação, com a cobertura pintada de branco, sombreamento total nas aberturas e 2 cm de lã de vidro sobre a laje. (benefici.)	103	0
14	exterior (exterior)	200	4
3	casa padrão COHAB com a cobertura pintada de branco $\alpha = 0,30$ (cob. Blanc.)	239	0
5	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro sobre a laje (lã laje)	310	0
2	casa padrão COHAB com o dobro das aberturas (abert. x2)	353	0
9	casa padrão COHAB com as paredes em concreto monolítico de 10 cm (conc. arm.)	353	0
4	casa padrão COHAB com sombreamento total nas aberturas (sombra)	403	0
7	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas em alvenaria de tijolos maciços 9 cm revestidos com argamassa 2 cm de cada lado. Espessura total 13 cm (tij. maciço)	416	0
10	casa padrão COHAB com as paredes em blocos de concreto 10 cm (blocos)	450	0
1	casa padrão COHAB (padrão)	491	0
8	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas e forro de poliestireno expandido 1cm de espessura (isopor)	517	0
6	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro na parte externa da parede, entre a alvenaria e o revestimento (lã parede)	560	0
12	casa padrão COHAB com as paredes e o forro em painéis de argamassa armada de 2 cm (arg. arm.)	570	0
11	casa padrão COHAB com as paredes de placas de ardósia 4 cm, o forro em madeira 0,5 cm e a cobertura em ardósia 1 cm (ardósia)	783	0

\* Esta numeração é fixa por tipo de modificação para simulação conforme a tabela 4.9. Entretanto nesta tabela a ordem de classificação é decrescente conforme o valor obtido de horas de desconforto por calor no período de verão.



**FIGURA 4.28** - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE VERÃO

Percebe-se que, quando a casa COHAB padrão é beneficiada com uma pintura branca na cobertura de cimento amianto, a quantidade de horas de desconforto por calor é reduzida significativamente. Acumulando-se este benefício com uma camada de lã de vidro sobre a laje e com o aumento da área de aberturas e mais o sombreamento das aberturas, as horas de desconforto por calor são ainda mais reduzidas, conforme mostram a Tabela 4.10 e a Figura 4.28.

Pode-se observar, ainda, na Figura 4.28, que a casa de ardósia é a que apresenta maior quantidade de horas de desconforto por calor, sendo que o exterior é mais confortável que a maioria das opções construtivas, menos a casa COHAB padrão beneficiada com pintura branca na cobertura, uma camada de lã de vidro sobre a laje, aumento da área de aberturas e sombreamento das aberturas.

**TABELA 4.11 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE OUTONO (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR)**

Nº	SIMULAÇÃO DE OUTONO	horas de calor	horas de frio
13	casa padrão COHAB beneficiada com o dobro da área de aberturas para ventilação, com a cobertura pintada de branco, sombreamento total nas aberturas e 2 cm de lã de vidro sobre a laje. (benefici.)	110	32
14	exterior (exterior)	139	303
3	casa padrão COHAB com a cobertura pintada de branco $\alpha = 0,30$ (cob. Branc.)	194	15
9	casa padrão COHAB com as paredes em concreto monolítico de 10 cm (conc. arm.)	209	10
2	casa padrão COHAB com o dobro das aberturas (abert. x2)	219	32
5	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro sobre a laje (lã laje)	233	8
4	casa padrão COHAB com sombreamento total nas aberturas (sombra)	238	13
7	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas em alvenaria de tijolos maciços 9 cm revestidos com argamassa 2 cm de cada lado. Espessura total 13 cm (tij. maciço)	249	10
10	casa padrão COHAB com as paredes em blocos de concreto 10 cm (blocos)	281	16
1	casa padrão COHAB (padrão)	306	9
6	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro na parte externa da parede, entre a alvenaria e o revestimento (lã parede)	355	1
12	casa padrão COHAB com as paredes e o forro em painéis de argamassa armada de 2 cm (arg. arm.)	411	91
8	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas e forro de poliestireno expandido 1cm de espessura (isopor)	486	64
11	casa padrão COHAB com as paredes de placas de ardósia 4 cm, o forro em madeira 0,5 cm e a cobertura em ardósia 1 cm (ardósia)	564	52

\* Esta numeração é fixa por tipo de modificação para simulação conforme a tabela 4.9. Entretanto nesta tabela a ordem de classificação é decrescente conforme o valor obtido de horas de desconforto por calor no período de outono.

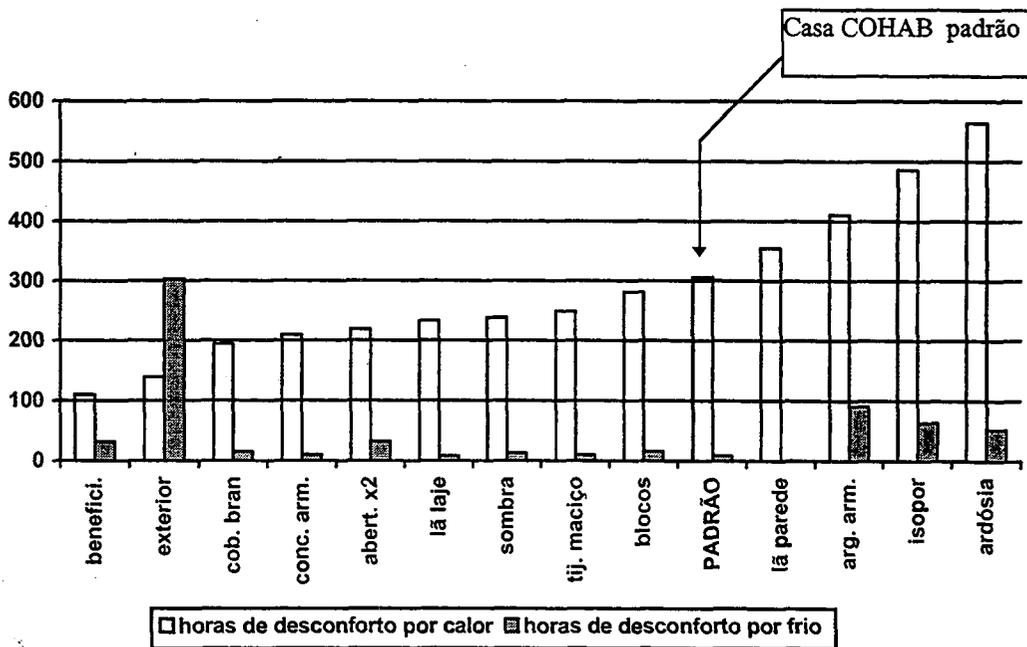


FIGURA 4.29 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE OUTONO

Percebe-se que a casa COHAB padrão, beneficiada com a pintura branca na cobertura de cimento amianto, continua no outono, apresentando uma boa redução nas horas de calor e de frio, e os benefícios acumulados são responsáveis pela máxima redução na quantidade de horas de desconforto por calor e por frio. Semelhantemente ao período de verão, no outono o clima externo é mais confortável que a maioria das opções construtivas, a não ser a casa COHAB padrão beneficiada.

No outono também a casa de ardósia é a que apresenta maior quantidade de horas de calor, seguida pela casa de isopor que representa uma baixa capacidade térmica. A casa de argamassa armada também aparece no outono com uma alta quantidade de horas de desconforto por calor e por frio.

**TABELA 4.12 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE INVERNO (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR)**

Nº	SIMULAÇÃO DE INVERNO	horas de calor	horas de frio
14	exterior (exterior)	15	1180
13	casa padrão COHAB beneficiada com o dobro da área de aberturas para ventilação, com a cobertura pintada de branco, sombreamento total nas aberturas e 2 cm de lã de vidro sobre a laje. (benefici.)	19	110
3	casa padrão COHAB com a cobertura pintada de branco $\alpha = 0,30$ (cob. branc.)	21	196
9	casa padrão COHAB com as parede em concreto monolítico de 10 cm (conc. arm.)	21	225
5	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro sobre a laje (lã laje)	35	90
7	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas em alvenaria de tijolos maciços 9 cm revestidos com argamassa 2 cm de cada lado. Espessura total 13 cm (tij. maciço)	46	179
10	casa padrão COHAB com as paredes em blocos de concreto 10 cm (blocos)	69	219
2	casa padrão COHAB com o dobro das aberturas (abert. x2)	91	143
4	casa padrão COHAB com sombreamento total nas aberturas (sombra)	91	143
1	casa padrão COHAB (padrão)	91	143
6	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro na parte externa da parede, entre a alvenaria e o revestimento (lã parede)	129	17
12	casa padrão COHAB com as paredes e o forro em painéis de argamassa armada de 2 cm (arg. arm.)	201	550
8	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas e forro de poliestireno expandido 1cm de espessura (isopor)	292	315
11	casa padrão COHAB com as paredes de placas de ardósia 4 cm, o forro em madeira 0,5 cm e a cobertura em ardósia 1 cm (ardósia)	341	368

\* Esta numeração é fixa por tipo de modificação para simulação conforme a tabela 4.9. Entretanto nesta tabela a ordem de classificação é decrescente conforme o valor obtido de horas de desconforto por calor no período de inverno.

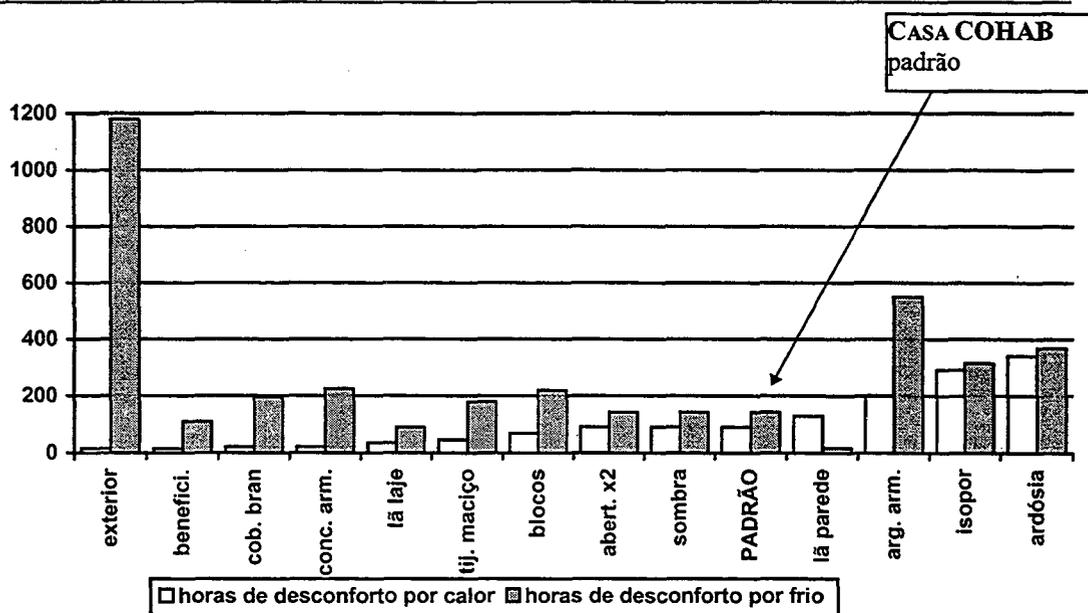


FIGURA 4.30 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE INVERNO

No período de inverno não foram feitas as simulações com o dobro da área de aberturas e nem com o sombreamento, devido a possibilidade de aumentar a quantidade de horas de frio, e visto que os próprios usuários costumam nesta época naturalmente deixar as aberturas vedadas pelo vidro e as cortinas abertas para captarem alguma radiação solar. Neste caso a taxa de ventilação considerada para a simulação foi aquela correspondente ao esquema de ocupação de inverno. Os dados para cálculo da taxa de ventilação foram extraídos do levantamento de dados realizado *in loco*. Os cálculos para estas determinações constam no anexo 3.

Quanto ao calor a casa COHAB padrão beneficiada, continua a ser a que apresenta o menor número de horas de calor, somente sendo superada pelo clima externo. A cobertura branca também apresenta um bom desempenho no inverno, sendo superada pela lã de vidro na laje.

A casa de ardósia continua sendo a que apresenta o maior número de horas de calor e de frio no inverno sendo acompanhada pela casa de argamassa armada.

A casa de concreto armado com alta capacidade térmica, fica entre as que apresentam menor quantidade de horas de calor e de frio, enquanto que a casa de isopor, representando os sistemas construtivos de baixa capacidade térmica, se encontra entre as casas que apresentam as maiores quantidades de horas de calor e de frio.

**TABELA 4.13 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E HORAS DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE PRIMAVERA (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE CALOR)**

* N°	SIMULAÇÃO DE PRIMAVERA	horas de calor	horas de frio
13	casa padrão COHAB beneficiada com o dobro da área de aberturas para ventilação, com a cobertura pintada de branco, sombreamento total nas aberturas e 2 cm de lâ de vidro sobre a laje. (benefici.)	180	74
14	exterior (exterior)	222	466
3	casa padrão COHAB com a cobertura pintada de branco $\alpha = 0,30$ (cob. Branc.)	253	82
5	casa padrão COHAB com 2 cm de lâ de vidro sobre a laje (lâ laje)	290	54
9	casa padrão COHAB com as parede em concreto monolítico de 10 cm (conc. arm.)	306	58
2	casa padrão COHAB com o dobro das aberturas (abert. x2)	311	133
4	casa padrão COHAB com sombreamento total nas aberturas (sombra)	327	65
7	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas em alvenaria de tijolos maciços 9 cm revestidos com argamassa 2 cm de cada lado. Espessura total 13 cm (tij. maciço)	335	58
10	casa padrão COHAB com as paredes em blocos de concreto 10 cm (blocos)	358	80
1	casa padrão COHAB (padrão)	380	58
6	casa padrão COHAB com 2 cm de lâ de vidro na parte externa da parede, entre a alvenaria e o revestimento (lâ parede)	392	24
12	casa padrão COHAB com as paredes e o forro em painéis de argamassa armada de 2 cm (arg. arm.)	481	205
8	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas e forro de poliestireno expandido 1cm de espessura (isopor)	488	171
11	casa padrão COHAB com as paredes de placas de ardósia 4 cm, o forro em madeira 0,5 cm e a cobertura em ardósia 1 cm (ardósia)	637	124

\* Esta numeração é fixa por tipo de modificação para simulação conforme a tabela 4.9. Entretanto nesta tabela a ordem de classificação é decrescente conforme o valor obtido de horas de desconforto por calor no período de primavera.

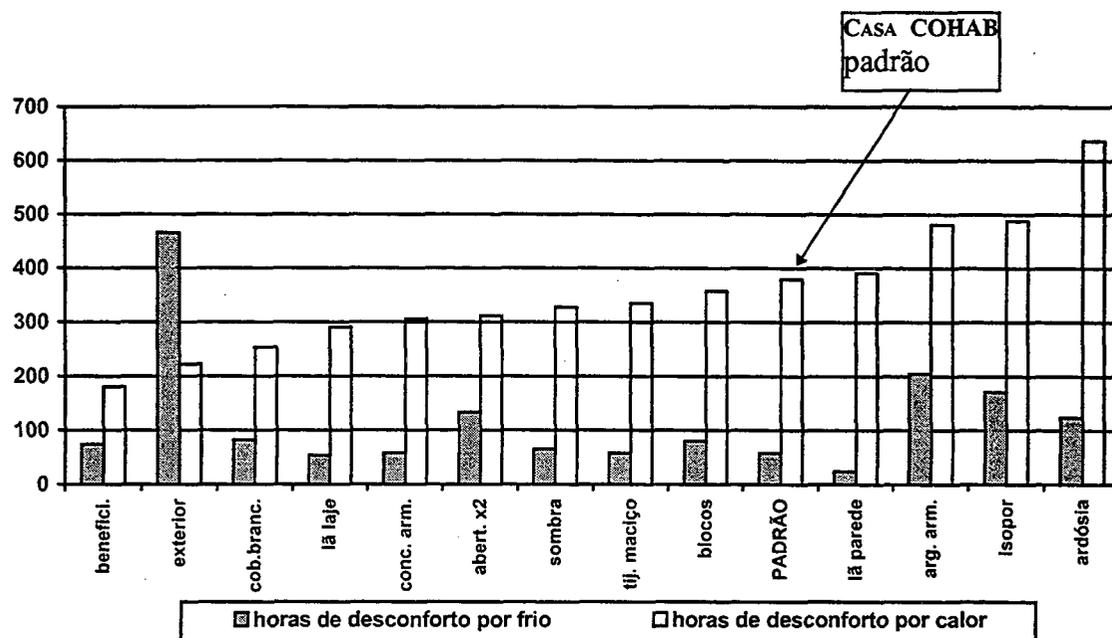


FIGURA 4.31 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO PARA CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO NO PERÍODO DE PRIMAVERA

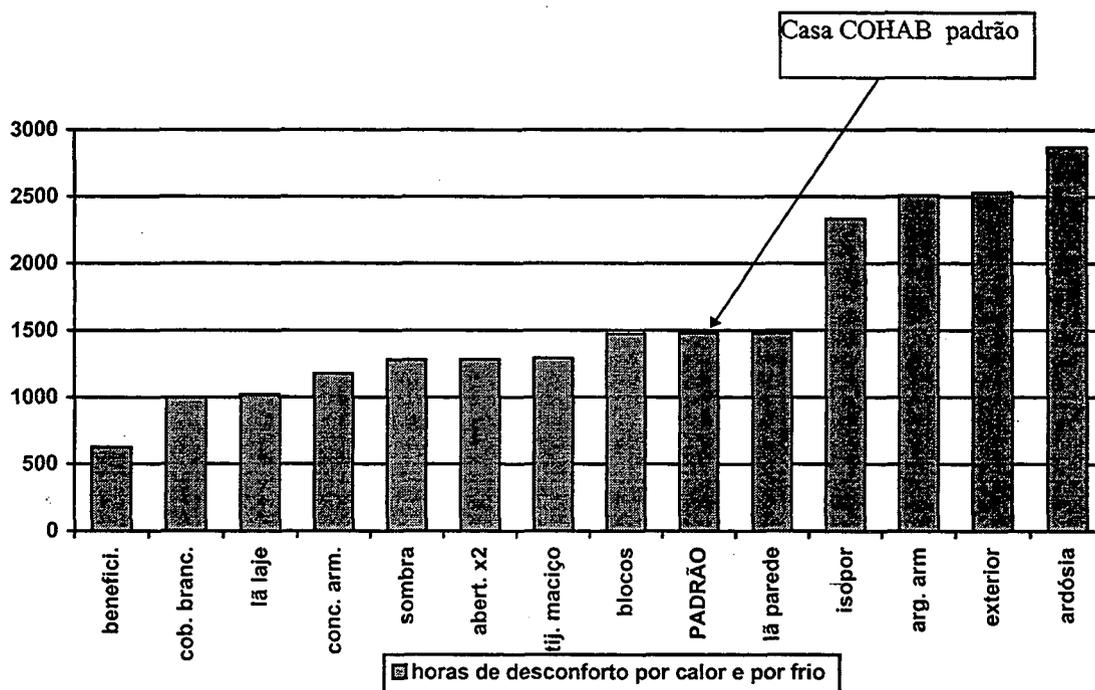
Na primavera praticamente repete-se o que acontece no outono, onde as casas de ardósia, isopor e argamassa são as que apresentam maiores quantidades de horas de desconforto por calor e por frio. A casa beneficiada é a que apresenta menores horas de desconforto por calor.

A casa de concreto armado em relação às outras opções construtivas, apresenta menor quantidade de horas de calor e de frio sendo superada somente pelos benefícios feitos individualmente na casa COHAB padrão, pelo clima externo e pela casa COHAB padrão beneficiada.

**TABELA 4.14 - QUANTIDADE DE HORAS DE CALOR E DE FRIO, E DE DESCONFORTO TOTAL, PARA O ANO INTEIRO DE 1986, CONSIDERADO COMO O ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA DE LONDRINA. (POR ORDEM CRESCENTE DE HORAS DE DESCONFORTO ANUAL)**

Nº	RESULTADOS TOTAIS PARA O ANO DE 1986 COM AS SOMAS DAS HORAS DE DESCONFORTO POR CALOR E POR FRIO	horas de calor	horas de frio	horas de desconforto anual	% de horas de desconforto anual
13	casa padrão COHAB beneficiada com o dobro da área de aberturas para ventilação, com a cobertura pintada de branco, sombreamento total nas aberturas e 2 cm de lã de vidro sobre a laje. (benefici.)	412	216	628	7,2
3	casa padrão COHAB com a cobertura pintada de branco $\alpha = 0,30$ (cob. blanc.)	707	293	1000	11,44
5	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro sobre a laje (lã laje)	868	152	1020	11,67
9	casa padrão COHAB com as paredes em concreto monolítico de 10 cm (conc. arm.)	889	287	1176	13,46
4	casa padrão COHAB com sombreamento total nas aberturas (sombra)	1059	221	1280	14,61
2	casa padrão COHAB com o dobro das aberturas (abert. x2)	974	308	1282	14,63
7	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas em alvenaria de tijolos maciços 9 cm revestidos com argamassa 2 cm de cada lado. Espessura total 13 cm (tij. maciço)	1046	247	1293	14,80
10	casa padrão COHAB com as paredes em blocos de concreto 10 cm (blocos)	1158	315	1473	16,86
1	casa padrão COHAB (padrão)	1268	210	1478	16,92
6	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro na parte externa da parede, entre a alvenaria e o revestimento (lã parede)	1436	42	1478	16,92
8	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas e forro de poliestireno expandido 1cm de espessura (isopor)	1783	550	2333	26,70
12	casa padrão COHAB com as paredes e o forro em painéis de argamassa armada de 2 cm (arg. arm.)	1663	846	2509	28,72
14	exterior (exterior)	576	1953	2529	28,94
11	casa padrão COHAB com as paredes de placas de ardósia 4 cm, o forro em madeira 0,5 cm e a cobertura em ardósia 1 cm (ardósia)	2325	544	2869	32,84

\* Esta numeração é fixa por tipo de modificação para simulação conforme a tabela 4.9. Entretanto nesta tabela a ordem de classificação é decrescente conforme o valor obtido de horas de desconforto por calor e por frio no ano inteiro.



**FIGURA 4.32** - QUANTIDADE DE HORAS DE DESCONFORTO TOTAL, (SOMA DE HORAS DE CALOR MAIS HORAS DE FRIO) POR CADA VARIAÇÃO DE SIMULAÇÃO PARA O ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA INTEIRO

O resultado global de horas de desconforto (somadas as horas de calor e de frio) para o ano climático de referência de Londrina, revela que a casa de ardósia é a mais desconfortável termicamente entre as casas estudadas, sendo seguida pela casa de argamassa armada e casa de isopor.

O isolamento das paredes não contribui significativamente para a redução das horas de frio e de calor, entretanto, o isolamento da cobertura é significativo na redução dessas horas.

As casas de blocos, tijolos maciços e concreto armado, apresentam desempenho térmico melhor que a casa COHAB padrão, denotando que a capacidade térmica é significativa na redução das horas de desconforto por calor e por frio.

O aumento na área de aberturas e o sombreamento que são os benefícios de maior custo entre os quatro adotados, não são mais importante que o isolamento na cobertura e a pintura branca na face externa da cobertura. O isolamento e a cobertura referidos são os mais viáveis economicamente e mais eficientes, conforme mostra a

Figura 4.32.

A casa COHAB padrão beneficiada é a que apresenta menor quantidade de horas de desconforto.

Percebe-se, no gráfico, que os benefícios podem ser adotados por parte e a partir do mais eficiente e mais barato: pintura branca na cobertura; lâ de vidro na laje; aumento de área de aberturas; e sombreamento das aberturas; sendo que estes dois últimos não são eficientes para reduzir as horas de desconforto por frio.

#### 4.3.4 CRITÉRIO PARA O ESTABELECIMENTO DE LIMITES PARA ESPECIFICAÇÃO DE PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO.

##### 4.3.4.1 Referencial cultural conhecido

Considerando o estudo realizado por meio de simulações, percebe-se na figura 4.32, que um grupo de tipologias construtivas simuladas apresentam um total de horas de desconforto abaixo de 1000 horas por ano. Outro grupo apresenta um total de horas de desconforto entre 1000 e 1500 horas por ano. E um terceiro grupo apresenta um total de horas de desconforto acima de 1500 horas por ano. Observa-se que dentro do grupo de tipologias que apresentam um total de horas de desconforto acima de 1500 horas por ano, estão exatamente aquelas edificações mais leves com espessura de parede, abaixo de 0,05 m, e com transmitância de paredes acima de 5,00 ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ). São estas as tipologias mais criticadas pelos usuários segundo a COHAB. O segundo grupo é das tipologias que apresentam espessura da paredes acima de 0,10m com transmitância de paredes abaixo de 5,00 ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) neste grupo se encaixam os sistemas em alvenaria de tijolos cerâmicos maciços, tijolos cerâmicos furados, blocos de concreto e o sistema em concreto monolítico. No grupo de tipologias construtivas que apresentam um total de horas de desconforto abaixo de 1000 horas por ano está a tipologia adotada como padrão, simulada com benefícios térmicos.

O critério para o estabelecimento dos limites mínimos de habitabilidade pode ser adotado com base nas opções que se apresentam na figura 4.32. Uma discussão com as partes interessadas (Prefeituras, mutuários e setores técnicos), deve ser realizada, visando o estabelecimento do limite mínimo a partir das condições de

investimento. Conforme AROZTEGUI (1991), a metodologia para estabelecer uma exigência mínima deve fundamentar-se no conhecimento do máximo que é possível de se obter com a tecnologia disponível e o esforço social que as partes estejam dispostas a acordar.

Na figura 4.32 observa-se que o referencial cultural (casa COHAB padrão) com uma pintura branca na cobertura, passa de 1500 para 1000 horas de desconforto, sendo este um benefício de baixo custo, que não compromete a viabilidade econômica. O risco de desgaste rápido desta pintura, pode ser contornado através de uma prática de renovação periódica desta pintura por parte dos usuários. Este limite poderia ser inicialmente considerado como mínimo. Existem, entretanto, outras soluções construtivas que virão atender este limite de 1000 horas de desconforto anuais, um exemplo é o isolamento com uma camada de 2 cm de lã de vidro sobre a laje.

A decisão de tomar a casa COHAB padrão ou referencial cultural com um benefício mínimo viável, para limite de desempenho térmico, justifica-se por representar a realidade da prática construtiva a nível popular e de interesse social em todo o país, conforme a pesquisa realizada e detalhada no item 3.2 deste trabalho.

A situação da construção de habitação popular em Londrina, reforça a justificativa porque em um total de 24.025 unidades construídas, 23.305, são em sistema tradicional com alvenaria de tijolos cerâmicos de 6 furos, rebocado dos dois lados, cobertura com duas águas, telhas de cimento amianto e janelas do tipo basculante ou seja tipo casa COHAB padrão. Os sistemas não convencionais somam 720 unidades do total de casas construídas pela COHAB de Londrina. Com a medida de pintar o telhado de branco reduz-se em um terço as horas de desconforto destas unidades. Entretanto a opção de pintura branca na superfície externa da cobertura pode ser substituída pela camada de lã de vidro sobre a laje que resulta na mesma quantidade de horas de desconforto.

Outra justificativa para propor o referencial cultural como limite é que partindo-se da construção existente, sem se desviar do viável, evita-se dificultar a adoção das recomendações estabelecidas. Essas dificuldades são comuns de acontecer quando se procede mesmo a partir de estudos corretos, mas desvinculados da realidade prática, Conforme AROZTEGUI (1991).

A Tabela 4.15 apresenta os parâmetros de desempenho térmico do

referencial cultural beneficiado com uma pintura branca na cobertura, e ou com uma camada de 2 cm de lã de vidro sobre a laje.

**TABELA 4.15 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DO REFERENCIAL CULTURAL (CASA COHAB PADRÃO) BENEFICIADA COM UMA PINTURA BRANCA NA FACE EXTERNA DA COBERTURA, E OU COM UMA CAMADA DE 2 CM DE LÃ DE VIDRO SOBRE A LAJE.**

PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO	$\alpha$	DIREÇÃO DO FLUXO	VALOR	UNIDADE
transmitância térmica das paredes externas	$\leq 0,3$	horizontal	2,31	W/m <sup>2</sup> K
transmitância térmica da cobertura	$\leq 0,3$	vertical ascendente	2,51	W/m <sup>2</sup> K
	$\leq 0,3$	vertical descendente	1,83	W/m <sup>2</sup> K
	$0,3 < 0,8$	vertical ascendente	1,19	W/m <sup>2</sup> K
	$0,3 < 0,8$	vertical descendente	1,01	W/m <sup>2</sup> K
capacidade térmica das paredes		-	156,24	kJ/ m <sup>2</sup> K
capacidade térmica das coberturas		-	143,46	kJ/ m <sup>2</sup> K
absortividade das paredes		-	0,3	-
aberturas para ventilação		-	10 %	Av/Ac *
sombreamento das aberturas		-	beiral - 50	cm

\* Av/Ac = área efetiva de ventilação/área útil de construção x 100

A Figura 4.33 mostra o limite proposto com base no referencial cultural conhecido e beneficiado com uma pintura branca na cobertura e ou com uma camada de 2 cm de lã de vidro sobre a laje.

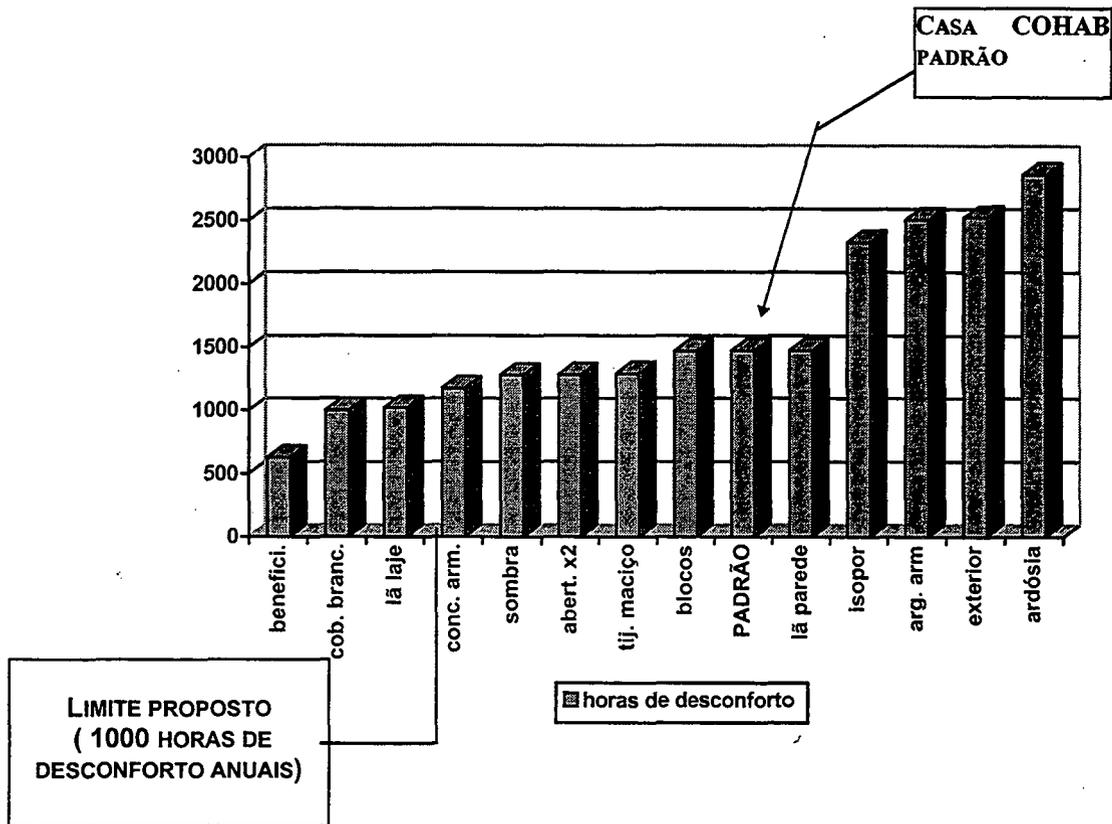


FIGURA 4.33 - INDICAÇÃO DO LIMITE PROPOSTO DE HORAS DE DESCONFORTO ANUAL ACEITÁVEL

#### 4.3.5 - CONCLUSÃO

O critério adotado para o estabelecimento dos limites em Londrina, foi formulado a partir de duas considerações básicas: a zona de conforto de Givoni para países em desenvolvimento e de clima quente e, a viabilidade técnica e econômica para facilitar a adoção das recomendações fundamentadas nos limites (casa mais construída).

A análise sobre a zona de conforto de Givoni foi efetivada, considerando a quantidade de horas em que as temperaturas internas se apresentam fora da zona de conforto (horas de desconforto por calor e/ou por frio).

A questão da viabilidade técnica e econômica ficou equacionada quando tomou-se por base a casa COHAB padrão.

Percebe-se, neste estudo, que os limites não se introduziram integralmente dentro da zona de conforto de Givoni. Entretanto, essas soluções adotadas são viáveis técnica e economicamente.

No estudo realizado, as casas de ardósia e de argamassa armada, ficaram bem acima do limite estabelecido, ou seja, apresentam uma quantidade de horas de

desconforto térmico anual acima de 2000 horas de desconforto. As casas de concreto monolítico e blocos de concreto ficaram dentro da faixa entre 1500 , que é a casa de alvenaria de tijolos cerâmicos furados (casa COHAB padrão), e 1000 que é o limite térmico aceitável, que é a casa COHAB padrão beneficiada com uma pintura na cobertura.

A casa de concreto monolítico, com transmitância de paredes maior que a casa COHAB padrão, apresenta um total de horas de desconforto menor que o referencial cultural. Isto indica que o aumento de massa pode compensar o aumento na transmitância. Este é um problema que deve ser analisado futuramente com uma parametrização por simulação para verificar até que ponto a massa compensa o aumento na transmitância de parede.

Concluindo, é possível estabelecer o limite aceitável de desempenho térmico, em 1000 horas de desconforto anual o que corresponde ao referencial cultural com um pequeno benefício de baixo custo. Isto significa pouco mais de 10% de horas anuais de desconforto no interior da habitação.

#### 4.4 - PROPOSTA DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES

Propõe-se com base no estudo realizado, uma metodologia para avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares em Londrina. A avaliação poderá ser feita por desempenho ou por prescrição.

##### 4.4.1 - AVALIAÇÃO POR DESEMPENHO

Na avaliação por desempenho, a edificação deve ser simulada e estabelecidas as horas de desconforto anuais. Para o caso específico da região de Londrina, adota-se os seguintes critérios: se a quantidade de horas anuais fora da zona de conforto, for menor que 1000 horas, a edificação será considerada dentro do limite aceitável para desempenho térmico. Se a quantidade de horas fora da zona de conforto for maior que 1000 horas, a edificação avaliada será considerada fora do limite aceitável de desempenho térmico.

Para aplicação genérica deste método serão necessários:

1. Temperaturas de conforto entre 18 e 29 °C .

2. Arquivo climático do Ano Climático de Referência da região de estudo (TRY).
3. Ferramenta para simulação de desempenho térmico de edificações com base horária COMFIE, ESP ou outras ajustada às tipologias mais usadas.
4. Montagem do esquema de utilização básico por estação climática, para os usuários de habitação popular na região.

A simulação deve ser aplicada com o arquivo do Ano Climático de Referência da região e para o ano inteiro, com o esquema de utilização básico, considerando as variações sazonais.

#### 4.4.2- AVALIAÇÃO POR PRESCRIÇÃO

A avaliação por prescrição deve ser realizada calculando-se, na edificação que se quer avaliar os valores de transmitância ( $W/m^2K$ ), absorvidade ( $\alpha$ ), a massa ( $kg/m^2$ ) das paredes e coberturas, a área efetiva de aberturas para ventilação e o seu sombreamento. O valor da massa em  $kg/m^2$  será adotado em substituição ao valor da capacidade térmica, para facilitar ao usuário leigo

Alguns critérios devem ser observados, tais como:

- transmitâncias*: calculadas conforme LAMBERTS (1996b);
- valores de absorvidade*: observados conforme RIVERO (1986), considerando para as pinturas brancas novas um valor de absorvidade igual a 0,3;
- área efetiva útil das aberturas para ventilação ( $A_v$ )*: calculadas conforme detalhado no item 3.4.5.4 deste trabalho ou STRAATEN (1967);
- relação  $A_v/A_c$  %*: é área total efetiva útil de ventilação ( $A_v$ ), dividida pela área efetiva útil ou de construção ( $A_c$ ) (área de piso interno menos as áreas de paredes), multiplicando este valor por 100, que será a porcentagem de aberturas de ventilação em relação à área útil ( $A_v/A_c$ )%;
- sombreamento mínimo*: será correspondente a beirais laterais de 0,50 m de largura, que é o usual nas habitações padrão COHAB;

Feitos os cálculos e definida a absorvidade e sombreamento, a avaliação por prescrição será feita verificando-se o enquadramento da edificação nas

especificações da tabelas 4.16.

A edificação deve apresentar valores de transmitância e absorvidade menores ou iguais aos especificados nas tabelas 4.16; os valores de massa devem ser maiores ou iguais aos limites especificados nas tabelas 4.16; e os valores de  $(A_v/A_c)\%$  devem ser maiores aos especificados nas Tabelas 4.16.

A verificação feita na tabela 4.16, enquadrará a edificação dentro dos limites de desempenho térmico aceitável com base no referencial cultural para a região de Londrina.

**TABELA 4.16 - LIMITES PRESCRITOS DO DESEMPENHO TÉRMICO ACEITÁVEL PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES EM LONDRINA**

PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO	$\alpha$	DIREÇÃO DO FLUXO	VALOR LIMITE	UNIDADE
transmitância térmica das paredes externas	$\leq 0,3$	horizontal	$\leq 2,31$	W/m <sup>2</sup> K
transmitância térmica da cobertura	$\leq 0,3$	vertical ascendente	$\leq 2,51$	W/m <sup>2</sup> K
	$\leq 0,3$	vertical descendente	$\leq 1,83$	W/m <sup>2</sup> K
	$0,3 < 0,8$	vertical ascendente	$\leq 1,19$	W/m <sup>2</sup> K
	$0,3 < 0,8$	vertical descendente	$\leq 1,01$	W/m <sup>2</sup> K
massa das paredes		-	$\geq 165$	kg/ m <sup>2</sup> *
massa das coberturas		-	$\geq 191$	kg/ m <sup>2</sup> *
absortividade das paredes		-	$\leq 0,3$	-
aberturas para ventilação		-	$\geq 10 \%$	$A_v/A_c$
sombreamento das aberturas		-	beiral - 50	cm

\* O valor da massa ou densidade em kg/m<sup>2</sup> será adotado em substituição ao valor da capacidade térmica, para facilitar ao usuário leigo

#### 4.4.3- CONCLUSÃO

O método proposto apresenta duas formas de avaliar o desempenho térmico de habitações unifamiliares. A forma por prescrição é mais rápida e mecânica sendo necessário observar no projeto do edifício se os valores de transmitância e absorvidade de paredes, aberturas para ventilação e sombreamento estão sendo cumpridos conforme os limites estabelecidos.

---

A forma de avaliar por desempenho exige mais esforço para ser aplicada uma vez que é necessário fazer a simulação da edificação. Mas a verificação é feita comparando as horas de desconforto quantificadas após a simulação. Sendo entendido como horas de desconforto aquelas que estão fora dos limites de temperaturas da zona de conforto de Givoni (18 ° C a 29° C). Esta forma de avaliar é mais precisa e permite uma maior flexibilidade de opções para o projeto, podendo ser alcançada com opções mais viáveis técnica e economicamente.

## 5. CONCLUSÃO

### 5.1 - SÍNTESE CONCLUSIVA

A pesquisa realizada com as Companhias Habitacionais mostrou que a tipologia construtiva mais frequentemente utilizada no Brasil é a tradicional de alvenaria de tijolos cerâmicos 6 furos, rebocada dos dois lados, com cobertura em duas águas, com telhas cerâmicas e janelas do tipo basculante, sendo a área média de construção de 34,00m<sup>2</sup>. Em Londrina em um total de 24.025 casas construídas pela COHAB, 23.305 unidades são construídas em sistema convencional como as descritas acima, diferindo apenas na cobertura que é feita com telhas de cimento amianto. Os sistemas construtivos não convencionais somam 720 unidades, ou seja, 3% do total de casas populares construídas pela COHAB de Londrina.

A etapa de coleta de dados de campo foi realizada em cinco unidades habitacionais selecionadas em Londrina. Uma das cinco casas selecionadas foi em sistema construtivo convencional e, as demais casas selecionadas foram entre os 3% das construídas em sistemas construtivos não convencionais contemplando desta forma um amplo espectro de transmitância e capacidade térmica de paredes.

As casas selecionadas foram monitoradas no verão e no inverno de 1994 e os dados de temperaturas coletados no interior de cada casa, não foram suficientes para quantificar de forma exata o desempenho térmico individual ou relativo entre as cinco casas monitoradas, devido a dinâmica climática externa. Isto reforça o propósito de análise horária anual tanto para simulação como para medição no local.

Com os dados climáticos fornecidos pela estação agrometeorológica de Londrina e tratados pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), foi possível montar os arquivos climáticos dos anos de 1986 e 1994. O ano de 1986 foi identificado como o ano climático de referência para Londrina no período de 1979 a 1990. O ano de 1994 foi usado para o ajuste da ferramenta de simulação.

O clima externo na região de Londrina, analisado através do seu ano climático de referência e pelo intervalo de temperaturas da zona de conforto de Givoni, apresenta 2144 (24,5%) horas de desconforto por frio e 557 (6,4%) horas de desconforto por calor. Isto significa que no exterior são 2701 horas de desconforto ou seja 30,8 % das horas do ano. Portanto, uma edificação não deve apresentar mais que

30,8% de horas de desconforto, caso contrário não se percebe a função de abrigo do rigor climático esperado.

O programa COMFIE foi ajustado por meio de simulações feitas nas cinco casas com o arquivo climático preparado para o ano de 1994. O ajuste foi feito variando-se os valores adotados para a absorvidade das paredes, dos pisos e das coberturas, esta variação foi feita dentro da incerteza desta variável até que a curva de temperaturas internas simuladas se aproximou da curva de temperaturas internas medidas. Após o ajuste as temperaturas simuladas foram comparadas com as temperaturas medidas. Fazendo-se uma verificação geral para todas as casas, obteve-se uma média de diferença de 1,07°C com um desvio padrão de 0,85 entre as temperaturas medidas e simuladas.

Os limites de temperatura da zona de conforto de Givoni para países em desenvolvimento e de clima quente, foram selecionados como base para a avaliação de sensação de conforto porque: apresentam um intervalo de temperaturas mais largo que as zonas de conforto da ASHRAE, são mais fáceis de operar que a zona de conforto de Szokolay e por que 92% das respostas de conforto coletadas no levantamento de campo realizado, caíram neste intervalo.

Para o estabelecimento do limite aceitável de desempenho térmico para habitações unifamiliares, usou-se o referencial cultural estabelecido na pesquisa com as COHABs, com um benefício térmico de baixo custo, a pintura branca no telhado. Este benefício reduziu as horas de desconforto para 1000 horas anuais. E este ficou sendo o limite de horas aceitáveis para o desempenho térmico.

As casas de ardósia e de argamassa armada, avaliadas mostraram um quantidade de horas de desconforto anual, bem acima do limite estabelecido, ou seja, acima de 2000 horas de desconforto. As casas de concreto monolítico e blocos de concreto ficaram dentro da faixa entre 1500 e 1000 horas de desconforto, sendo 1500 horas o valor correspondente à casa de alvenaria de tijolos cerâmicos furados (casa COHAB padrão), e 1000 horas de desconforto, o valor correspondente ao limite térmico definido como aceitável, que é a casa COHAB padrão beneficiada com uma pintura na cobertura.

Com o limite de 1000 horas de desconforto foi possível traduzir do referencial cultural, os parâmetros de desempenho térmico, para facilitar a avaliação por prescrição. Esta forma de avaliação é mais rápida e é recomendada para quem não dispõe de ferramentas para simulação. No entanto esta forma não permite uma flexibilidade de solução. A avaliação por desempenho pode resultar em uma análise

mais precisa e permite uma maior flexibilidade de soluções construtivas e opções de projeto que atendem ao limite estabelecido. Esta forma de avaliação é feita simulando qualquer sistema construtivo e comparando a quantidade de horas anuais em que a temperatura interna fica fora do limite de temperaturas da zona de conforto de Givoni, e comparando com o limite estabelecido de 1000 horas.

A metodologia proposta pode ser aplicada a outras regiões climáticas. Para isto é necessário: definir o Ano Climático de Referência (TRY) da região. Estabelecer o valor limite de horas de desconforto na região, para aceitabilidade térmica, o que é conseguido simulando a casa COHAB padrão com um elenco de variações que melhorem seu desempenho e com o arquivo do Ano Climático de Referência da região para o ano inteiro. As horas anuais de desconforto são quantificadas para cada opção de simulação. E o limite deve ser escolhido entre os resultados com benefícios térmicos que correspondam a uma redução nas horas de desconforto em relação às demais opções simuladas.

O sistema construtivo escolhido como limite deve ser parametrizado em forma de valores de transmitâncias e absorvidade de paredes e coberturas, áreas de aberturas, massa e sombreamento. Estes parâmetros serão utilizados para a montagem de uma tabela de valores limites para avaliação por prescrição. A avaliação por desempenho é feita da mesma forma descrita anteriormente frente aos limites de horas de desconforto estabelecido.

## 5.2 - LIMITAÇÕES

As limitações que se apresentaram no decorrer do trabalho foram:

- A Falta de dados horários de radiação direta, difusa e umidade relativa, para a composição dos arquivos climáticos.
- A Utilização de equipamentos de medição simples e manual que também não permitiu mais que dois dias de coletas de dados em cada período de verão e inverno.
- A ferramenta de simulação é simplificada, usando-se um sistema mais potente como o ESP os resultados seriam mais precisos.
- Os dados do clima exterior não foram medidos, usou-se os dados da estação meteorológica local.

- Das seis variáveis de conforto consideradas atualmente (1 - temperatura do ar , 2 -temperatura radiante média, 3 - umidade relativa, 4- velocidade do ar, 5 - roupa e 6 - atividade) somente a temperatura do ar foi considerada para elaborar os critérios de avaliação. Mas esta limitação se deu por que o COMFIE não calcula estes dados por simulação.
- Finalmente pode-se registrar também como limitações todas as considerações adotadas no fornecimento de dados para a ferramenta de simulação, descritas no item 4.2.2

### 5.3 - CONCLUSÃO

Após o estudo realizado, foi possível elaborar e apresentar uma proposta de metodologia para especificação e avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, em um formato que pode ser discutido com a COHAB, visando permitir a adoção de medidas para implantação da mesma em futuros empreendimentos.

A metodologia proposta pode ser aplicada a outras regiões climáticas, sendo para isto necessário ajustar uma ferramenta de simulação horária anual, com relação aos sistemas construtivos existentes na região, verificar os limites de temperatura da zona de conforto e montar um arquivo climático do ano climático de referência.

Com este estudo foi possível demonstrar que o desempenho térmico das casas de ardósia e argamassa armada é substancialmente inferior ao das demais tipologias estudadas, indicando que a massa é importante para a redução das horas de desconforto no clima de Londrina.

A metodologia estabelecida neste trabalho, apresenta como inovação, o critério de quantificar as horas anuais de desconforto, podendo-se denominar de: O método das horas anuais de desconforto ou Método das horas de desconforto.

### 5.4 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em conseqüência deste trabalho sugere-se o desenvolvimento dos seguintes temas:

- ~~□~~ A aplicação da metodologia proposta para especificação e avaliação de desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares, para

outras regiões climáticas.



- A aplicação da metodologia proposta, utilizando outras ferramentas para simulação térmica, com base horária anual.
- Cálculo dos custos dos benefícios térmicos e a sua relação com o investimento atual das COHABs por unidade habitacional.
- Monitorar durante um ano inteiro, em Londrina, simultaneamente, duas casas COHAB padrão. Uma com todos os benefícios propostos para conforto e a outra sem os benefícios, com o objetivo de confirmar as horas de desconforto, estimadas através de simulações com o ano climático de referência da região
- Verificar a influência de massa nas paredes para compensar uma baixa transmitância térmica destas, através de simulações fixando as horas de desconforto.

## 6. ANEXOS

### ANEXO 1

**TABELA 1 -VALORES DAS ÁREAS MÉDIAS DE CONSTRUÇÃO, DOS TIPOS DE UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDOS POR COMPANHIA DE HABITAÇÃO, PARA OS PERÍODOS DE 60/70 E 80/90**

<b>COHABs</b>	<b>60/70 Área Média (m<sup>2</sup>)</b>	<b>80/90 Área Média (m<sup>2</sup>)</b>
ACRE	30,00	21,00
PARÁ	45,00	26,00
RONDÔNIA	-	40,23
PIAUI	45,00	30,00
R. G. NORTE	45,00	40,00
PARAÍBA	27,00	31,00
PERNAMBUCO	42,00	27,00
SERGIPE	27,00	27,00
M. GERAIS	37,00	37,00
V. REDONDA	45,00	25,00
RIO URBE	-	28,12
SÃO PAULO	35,00	24,00
CDHU SP	47,00	40,00
CAMPINAS	42,00	38,00
BANDEIRANTES	46,00	40,00
BAURU	41,37	39,43
RIB. PRETO	49,70	32,17
ARAÇATUBA	-	28,94
PARANÁ	39,50	48,30
CURITIBA	50,00	40,00
LONDRINA	38,00	31,00
S. CATARINA	39,40	36,30
P. ALEGRE	30,00	30,00
M. GROSSO DO SUL	40,00	40,00
C. GRANDE	-	36,00
GOIÂNIA	41,40	46,70
BRASÍLIA	40,00	30,00
<b>Média</b>	<b>40,10</b>	<b>33,82</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>50,00</b>	<b>48,30</b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>27,00</b>	<b>24,00</b>

**TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS DAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÃO NAS DÉCADAS DE 60/70**

COHABS	COBERTURA (60/70)					
	Tipo de Telha	Cor	Espessura (m)	Beiral (m)	Estrutura	Inclinação
ACRE	fibrocimento	cinza	0,006	0,50	madeira	duas águas
PARÁ	cerâmica	vermelha	-	0,60	madeira	duas águas
RONDÔNIA						
PIAUI	cerâmica	vermelha	0,01	0,40	madeira	duas águas
R. G. NORTE	cerâmica	vermelha	0,01	0,40	madeira	duas águas
PARAÍBA	cerâmica	vermelha	0,01	0,50	madeira	duas águas
PERNAMBUCO	cerâmica	ocre	0,008	0,50	laje	duas águas
SERGIPE	cerâmica	vermelha	0,008	0,50	madeira	duas águas
M. GERAIS	cerâmica	-	-	0,40	madeira	duas águas
V. REDONDA	cerâmica/ fibrocim.	-	0,004	0,50	madeira	duas águas
RIO URBE						
SÃO PAULO	fibrocimento	cinza	0,006	0,30	madeira	uma água
CDHU SP	cerâmica/ fibrocimento	normal	0,008	0,60	madeira	duas águas
CAMPINAS	cerâmica	vermelha	-	0,50	madeira	duas águas
BANDEIRANTES	cerâmica	vermelha	0,13	0,50	madeira	duas águas
BAURU	cerâmica	vermelha	0,014	0,55	madeira	duas águas
RIB. PRETO	cerâmica	vermelha	-	0,45	madeira	duas águas
ARAÇATUBA						
PARANÁ	fibrocimento	cinza	0,005	0,50	madeira	duas águas
CURITIBA	fibrocimento	cinza	0,005	0,60	madeira	duas águas
LONDRINA	cerâmica	vermelha	-	0,60	madeira	duas águas
S. CATARINA	cerâmica	vermelha	-	0,50	madeira	duas águas
P. ALEGRE	cerâmica	vermelha	0,02	0,60	madeira	duas águas
M.G. SUL	cerâmica	vermelha	-	0,50	alvenaria	duas águas
C. GRANDE						
GOIÂNIA	cerâmica	vermelha	0,008	0,30	mad. ou mad/ferro	duas águas
BRASÍLIA	fibrocimento	cinza	0,005	0,40	metálica	duas águas
<b>Média</b>			0,016	0,49		
<b>Valor Máximo ou de Maior Ocorrência</b>	18 cerâmica	15 vermelha	0,02	0,60	20 madeira	22 (duas águas)
<b>Valor Mínimo ou de Menor Ocorrência</b>	7 fibrocimento	6 cinza	0,004	0,30	4 outros	1 (uma água)
<b>% do Valor Máximo ou de Maior Ocorrência</b>	78,26%	71,43%			86,95%	95,65%

**TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS DAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÃO NO PERÍODO DE 80/90**

COHABs	COBERTURA (80/90)					
	Tipo de Telha	Cor	Espessura (m)	Beiral (m)	Estrutura	Inclinação
ACRE	fibrocimento	cinza	0,004			duas águas
PARÁ	cerâmica	vermelha	-	0,80	madeira	duas águas
RONDONIA	cer/fibrocim.	-	0,05	0,40	madeira	duas águas
PIAUI	cerâmica	vermelha	0,01	0,40	madeira	duas águas
R. G. NORTE	cerâmica	vermelha	0,01	0,40	madeira	duas águas
PARAIBA	cerâmica	vermelha	0,01	0,50	madeira	duas águas
PERNAMBUCO	cerâmica	vermelha	0,008	0,50	madeira	duas águas
SERGIPE	cerâmica	vermelha	0,008	0,50	madeira	duas águas
M. GERAIS	cerâmica	-	-	0,40	madeira	duas águas
V. REDONDA	cer/fibrocim.	-	0,004	0,50	madeira	duas águas
RIO URBE	cerâmica	vermelha	0,01	0,30	madeira	duas águas
SÃO PAULO	fibrocimento	cinza	0,006	0,30	madeira	uma água
CDHU SP	cerâmica	vermelha	0,008	0,60	madeira	duas águas
CAMPINAS	cer/fibrocim.	verm e cinza	0,008	0,50	madeira	1 e 2 águas
BANDEIRANT.	cerâmica	vermelha	0,13	0,50	madeira	duas águas
BAURU	cerâmica	vermelha	0,014	0,55	madeira	duas águas
RIB. PRETO	cerâmica	vermelha	-	0,45	madeira	duas águas
ARAÇATUBA	cerâmica	vermelha	0,01	0,50	madeira	duas águas
PARANÁ	cerâmica	amarelo	0,03	0,52	madeira	duas águas
CURITIBA	cerâmica	vermelha	0,015	0,60	madeira	duas águas
LONDRINA	fibrocimento	cinza	0,005	0,60	madeira	1 e 2 águas
S. CATARINA	fibrocimento	cinza	0,005	0,50	madeira	duas águas
P. ALEGRE	fibrocimento	cinza	0,006	0,40	madeira	duas águas
M.G. SUL	cerâmica	vermelha	-	0,60	madeira	duas águas
C. GRANDE	cerâmica	-	-	0,70	madeira	duas águas
GOIANIA	fibrocimento	cinza	0,006	0,30	mad/met.	duas águas
BRÁSILIA	fibrocimento	cinza	0,005	0,40	metática	duas águas
<b>Média</b>			0,011	0,49		
<b>Máximo ou de Maior Ocorrência</b>	20 cerâmica	15 vermelha	0,015	0,80	26 madeira	26 duas águas
<b>Mínimo ou de Menor Ocorrência</b>	10 fibrocimento	8 cinza	0,004	0,30	2 metática	3 uma água
<b>% Máximo ou de Maior Ocorrência</b>	74,07%	65,22%			86,95%	96,29%

**TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS DOS FORROS EXISTENTES NAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÃO NAS DÉCADAS DE 60/70**

COHABs	FORRO (60/70)			
	Existe	Material	Espessura (m)	Cor
ACRE	não			
PARÁ	não			
RONDÔNIA				
PIAUÍ	não			
R. G. NORTE	não			
PARAÍBA	não			
PERNAMBUCO	sim	gesso	0.02	branco
SERGIPE	não			
M. GERAIS	não			
V. REDONDA	sim	laie pré-moldada	0.08	cal branca
RIO URBE				
SÃO PAULO	sim	laie pré-moldada	0.07	cinza
CDHU SP.	não			
CAMPINAS	sim	laie	0.10	
BANDEIRANTES	sim	madeira	0.05	envernizado
BAURU	não			
RIB. PRETO	não			
ARAÇATUBA				
PARANÁ	não	laie	0.10	ocre
CURITIBA	sim	aglom. tino pacote	0.02	branco
LONDRINA	sim	placa eucatex	0.01	variada
S. CATARINA	sim	madeira	0.01	
P. ALEGRE	sim	madeira	0.01	natural
M.G. SUL	não			
C. GRANDE				
GOLÂNIA	não			
BRASÍLIA	não			
<b>Média</b>			0,05	
<b>Máximo ou de Maior Frequência</b>	14 não	4 laje	0,10	3 branco
<b>Mínimo ou de Menor Frequência</b>	9 sim	1 gesso	0,01	5 outras
<b>% Máximo ou de Maior Frequência</b>	60,86%			

**TABELA 5 - CARACTERÍSTICAS DOS FORROS EXISTENTES NAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÃO NO PERÍODO DE 80/90**

COHABs	FORRO (80/90)			
	Existe	Material	Espessura (m)	Cor
ACRE	não			
PARÁ	não			
RONDÔNIA	não			
PIAUI	não			
R. G. NORTE	não			
PARAÍBA	não			
PERNAMBUCO	não			
SERGIPE	não			
M. GERAIS	não			
V. REDONDA	não			
RIO URBE.	sim/não	laje pré-moldada	0,12	branca
SÃO PAULO	não			
CDHU SP.	não			
CAMPINAS	sim	laje	0,10	
BANDEIRANTES	sim	laje pré-moldada	0,08	revestida
BAURU	sim	laje só no BWC	0,10	branca
RIB. PRETO	sim	laje só na BWC	0,05	clara
ARAÇATUBA	não			
PARANÁ	sim	madeira	0,02	natural
CURITIBA	sim	lambri pinus	0,005	natural
LONDRINA	sim	laje pré-moldada	0,12	branca
S. CATARINA	não			
P. ALEGRE	não			
M.G. SUL	sim	laje	0,06	concreto
C. GRANDE	não			
GOIANIA	não			
BRASÍLIA	não			
<b>Média</b>			0,07	
<b>Máximo ou de Maior Frequência</b>	19 não	5 laje	0,12	3 branca
<b>Mínimo ou de Menor Frequência</b>	9 sim	2 madeira	0,01	4 outros
<b>% Máximo ou de Maior Frequência</b>	70,37%	55%		

**TABELA 6 - CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÃO NO PERÍODO DE 60/70**

COHABs	Paredes (60/70)							
			Acabamento Interno			Acabamento Externo		
	Material	Esp. (m)	Material	Esp. (m)	Cor	Material	Esp. (m)	Cor
ACRE	alv. tij. cer.	0,13	emboço	0,015	bca.	emboço	0,015	branca
PARÁ	alv. tij. cer.	0,10	reb. paulista		cinza	reb. paulista		cinza
RONDÔNIA								
PIAUI	alv. tij. cer.	0,10	reb. caiado	0,025	bco.	Reb. caiado	0,025	branco
R. G. NORTE	alv. tij. cer.	0,15	reboco	0,025	bca.	reboco	0,025	branca
PARAÍBA			reb. massa única	0,02	caiado bco.	Reb. massa única	0,02	caiado branco
PERNAMBUCO	alv. tij. cer.	0,10	chapisco/massa única	0,025	bca.	Chapisco/massa única	0,025	branca
SERGIPE	alv. tij. cer.	0,09	reb.-cim. areia barro	0,025	bca.	Reb.-cim. areia barro	0,025	branca
M. GERAIS	bl conc ou tij. cer.	0,10	reb paulist/barra lisa	0,025	caiação	reb. paulista /barra lisa	0,025	caiação
V. REDONDA	bl conc ou tij cer.	0,10	pintura ou emb.		cal bca.	Pintura ou emb.		cal branca
RIO URBE								
SÃO PAULO	bl concreto	0,14	caiação		bco.	Aparente		cinza
CDHU. SP.	bl concreto	0,10	emb paulist/barra lisa	0,015	clara	emb. paulista	0,02	
CAMPINAS	bl. concreto	0,10	chap./ emboço	0,01	clara	chap./ emboço	0,01	cor clara
BANDEIRAN.	alv. tij. cer.	0,10	arg mista e cal	0,01	bca.	Arg. mista e cal	0,01	branca
BAURU	alv. tij. cer.	0,10	reb. caiação	0,015	bca.	Reb. caiação	0,015	branca
RIB. PRETO	tij. baiano e bl conc	0,10	arg. mista	0,015	clara	arg. mista	0,015	clara
ARAÇATUBA								
PARANÁ	alv. tij. cer.	0,10	arg. c/ pint hidrax	0,01	bca./óleo	arg. c/ pint hidrax	0,01	branca
CURITIBA	alv. tij. cer.	0,10	emboço	0,02	bco.	emboço	0,02	branco
LONDRINA	alv. tij. cer.	0,15	emboço e cal	0,03	bca.	Emboço e cal	0,03	branca
S. CATARINA	alv. tij. cer.	0,10	reboco	0,015	bco.	reboco	0,015	branco
P. ALEGRE	alv. tij. cer.	0,15	tij. à vista		caiado	argamassa	0,025	branca
M.G. SUL	alv. tij. cer.	0,08	cim. saibro areia	0,02	marrom	cim. saibro areia	0,02	marrom
C. GRANDE								
GOIÂNIA	alv. tij. cer.	0,10	reb paulist. barr lisa	0,025	bco./gelo	reb. paulista	0,025	variada
BRASÍLIA	bl. concreto	0,10	reb. paulist	0,025	bca.	Reb. paulista	0,025	branca
<b>Média</b>		0,11		0,02			0,02	
<b>Máximo ou de Maior Frequência</b>	17 alv. tij. cer.	0,15		0,03	17 branco		0,03	16 branco
<b>Mínimo ou de Menor Frequência</b>	7 bl. conc.	0,08		0,01	5 outros		0,01	6 outros
<b>% Máximo ou de Maior Frequência</b>	77,27%				73,91%			

**TABELA 7 - CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÕES NAS DÉCADAS DE 80//90**

COHABS	PAREDES (80/90)							
			Acabamento Interno			Acabamento Externo		
	Material	Esp. (m)	Material	Esp. (m)	Cor	Material	Esp. (m)	Cor
ACRE	alv. tij. cer.	0,13	emboço	0,015	branca	emboço	0,015	branca
PARÁ	alv. tij. cer.	0,10	tij.ap. c/verniz		cerâm.	tij.ap. c/ verniz		cerâm.
RONDÔNIA	alv. tij. cer.	0,15	reboco	0,025	branca	reboco	0,025	branca
PIAUI	alv. tij. cer.	0,10	caiado		branco	chap.caiado	0,015	branco
R. G. NORTE	alv. tij. cer.	0,15	reboco	0,025	branca	reboco	0,025	branca
PARAÍBA			reb.massa única	0,02	cal bca.	reb.massa unica	0,02	cal bco.
PERNAMBUCO	alv. tij. cer.	0,10	chapisco/ massa única	0,025	branca	chapisco/ massa única	0,025	branca
SÉRGIPE	alv. tij. cer.	0,09	reb.-cim. areia barro	0,025	branca	reb.-cim. areia barro	0,025	branca
M. GERAIS	bl conc ou tij cer.	0,10	reb. paulista /barra lisa	0,025	caiação	reb.paulista/ barra lisa	0,025	caiação
VOLTA RED.	alv. tij. cer.	0,10	chapisco ou embpaul.	0,015	cal bca.	emb. paulista	0,015	cal bca.
RIO URBE	alv. tij. cer.	0,13	emboço	0,015	cal bca.	emboço	0,015	cal bca.
SÃO PAULO	bl. de conc.	0,14	tinta base témp.		branco	tinta acrílica		var.
CDHU SP	bl. conc. ou tij. cer.	0,09	emb. paulista barro óleo	0,015	areia	emb. paulista	0,02	
CAMPINAS	bl. de conc.	0,10	chap./emb.	0,01	clara	chap./emb.	0,01	clara
BANDEIRAN.	bl. conc. ou tij. cer.	0,10	arg. mista e cal	0,01	branca	arg. mista e cal	0,01	branca
BAURÚ	alv. tij. cer.	0,10	reb.caiação	0,015	branca	reb.caiação	0,015	branca
RIB. PRETO	bl. conc. ou tij. cer.	0,10	arg. mista	0,015	clara	arg. mista	0,015	clara
ARAÇATUBA	alv. tij. cer.	0,10	argamassa	0,015	branco	argamassa	0,015	branco
PARANÁ	alv. tij. cer.	0,10	arg. c/ pint hidrax	0,01	bca./ óleo	arg. c/ pint.	0,01	branca
CURITIBA	alv. tij. cer.	0,10	emboço	0,02	branco	emboço	0,02	branco
LONDRINA	alv. tij. cer.	0,15	emboço e cal	0,03	branca	emboço e cal	0,03	branca
S. CATARINA	alv. tij. cer.	0,10	reboco	0,015	branco	reboco	0,015	branco
P. ALEGRE	alv. tij. cer.	0,15	argamassa	0,025	branco	argamassa	0,025	branco
M.G. SUL	alv. tij. cer.	0,08	cim.saibro areia	0,02	marrom	cim.saibro areia	0,02	marrom
C. GRANDE	alv. tij. cer.	0,10	chap.reb. pint.	0,02	areia	reb.chap. pint	0,02	variável
GOIÂNIA	alv. tij. cer.	0,10	reb. paulist. barro lisa	0,025	bco.gelo	reb. paulista	0,025	variada
BRASÍLIA	alv. tij. cer.	0,10	reb. paulista	0,025	branca	reb. paulista	0,025	branca
<b>Média</b>		0,11		0,02			0,02	
<b>Máximo ou Maior Frequência</b>	24 alv. tij. cerâm.	0,15		0,03	21 branco		0,03	19 branco
<b>Mínimo ou Menor Frequência</b>	6 bl. conc.	0,08		0,01	6 outros		0,01	7 outros
<b>% Máximo ou de Maior Frequência</b>	92,31%				77,78%			73,08%

**TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS DAS JANELAS DAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÃO NO PERÍODO DE 60/70**

COHABS	JANELAS (60/70)					
	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo	Caixilho	Material Opaco	Material Transp.	Proteção
ACRE	1,00	abrir	madeira	madeira	vidro	não existe
PARÁ	1,00	abrir	madeira	madeira		
RONDÔNIA						
PIAUÍ	1,10	abrir	madeira	mad/venezi.	não existe	não existe
R. G. NORTE	1,20	pivot./correr	madeira	madeira	vidro	não existe
PARAÍBA	1,00	abrir	madeira	madeira	vidro	não existe
PERNAMBUCO	1,20	correr	alumínio	não existe	vidro	horizontal/ beiral
SERGIPE						
M. GERAIS	0,85	basculante	ferro	ferro	vidro	não existe
VOLTA RED.	1,60	correr ou basc.	ferro	não existe	vidro	não existe
RIO URBE						
SÃO PAULO	1,12	correr e basc.	ferro	não existe	vidro	não existe
CDHU SP	1,00	abrir e basc.	aço e mad.	venez.aço/ madeira	vidro	
CAMPINAS	1,20	correr / basc.	ferro	ferro/venezi.	vidro	não existe
BANDEIRANTES	1,20	abrir e basc.	ferro + cobre	madeira	vidro	
BAURU	0,80	basculante	ferro	madeira	vidro	horizontal
RIB. PRETO	1,20	abrir	metálico	metálico	vidro	não existe
ARAÇATUBA						
PARANÁ		basculante	ferro	ferro	vidro	
CURITIBA	1,20	maxim-ar	perfil de ferro	não existe	vidro	não existe
LONDRINA	0,90	basculante	ferro	não existe	vidro	não existe
S. CATARINA	1,44	guilhotina	madeira	venez. mad.	vidro	não existe
P. ALEGRE	1,20	guilhotina	madeira	madeira	vidro	
M.G. SUL	1,00	basculante	ferro	não existe	vidro	não existe
C. GRANDE						
GOIÂNIA	1,00	basculante	ferro	chapa de ferro	vidro	não existe
BRASÍLIA	1,00	basculante	ferro	não existe	vidro	não existe
<b>Média</b>	<b>1,11</b>					
<b>Máximo ou de Maior Frequência</b>	<b>1,60</b>	<b>12 basc.</b>	<b>12 ferro</b>	<b>10 madeira</b>	<b>20 vidro</b>	<b>15 não existe</b>
<b>Mínimo ou de Menor Frequência</b>	<b>0,80</b>	<b>7 abrir</b>	<b>7 madeira</b>	<b>7 não existe</b>	<b>1 não existe</b>	<b>2 horiz.</b>
<b>% Máximo ou de Maior Frequência</b>		<b>54,54%</b>	<b>54,54%</b>	<b>45,45%</b>	<b>95,24%</b>	<b>88,23%</b>

**TABELA 9 - CARACTERÍSTICAS DAS JANELAS DAS UNIDADES HABITACIONAIS MAIS CONSTRUÍDAS PELAS COMPANHIAS DE HABITAÇÃO NO PERÍODO DE 80/90**

COHABS	JANELAS (80/90)					
	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo	Caixilho	Material Opaco	Material Transp.	Proteção
ACRE	1,00	abrir	madeira	madeira	vidro	não existe
PARÁ	1,10	abrir	madeira	madeira		-
RONDÔNIA	1,20	correr	metal	-	vidro	-
PIAUI	1,10	abrir	madeira	mad/venezi.	não existe	não existe
R. G. NORTE	1,00	pivot./bascul.	mad./ferro	madeira	vidro	não existe
PARAÍBA	1,00	abrir	madeira	madeira	vidro	não existe
PERNAMBUCO	1,00	basculante	ferro	não existe	vidro	horizontal/beiral
SERGIPE	1,00	abrir	madeira	esc de mad.	vidro martelado	-
M. GERAIS	0,85	basculante	ferro	ferro	vidro	não existe
V. REDONDA	1,60	correr	ferro	não existe	vidro	não existe
RIO URBE	1,50	correr/basc.	chapa metálica	não existe	vidro	não existe
SÃO PAULO	1,16	correr/basc.	metálico	não existe	vidro	não existe
CDHU SP	1,20	abrir e basc.	aço chap dobr.	venez.de aço	vidro	-
CAMPINAS	1,50	correr / basc.	ferro	ferro (venez.)	vidro	não existe
BANDEIRANTES	1,20	abrir e basc.	ferro e cobre	ferro+c.core	vidro	-
BAURU	1,12	correr e basc.	ferro	não existe	vidro	horizontal
RIB. PRETO	1,20	correr	metálico	metálico	vidro	não existe
ARAÇATUBA	1,10	abrir /basc.	metálico	venez met./ não existe	vidro	não existe
PARANÁ	1,50	correr	ferro	ferro	vidro	-
CURITIBA	1,20	correr e basc.	perfil de ferro	não existe	vidro	não existe
LONDRINA	1,20	basculante	ferro	não existe	vidro	não existe
S. CATARINA	1,44	correr	ferro	não existe	vidro	não existe
P. ALEGRE	1,20	guilhotina	ferro	chap de ferro	vidro	
M.G. SUL	1,00	basculante	ferro	não existe	vidro	não existe
C. GRANDE	1,20	correr	metálico	não existe	vidro	não existe
GOIÂNIA	1,00	basculante	ferro	madeira	vidro	não existe
BRASÍLIA	1,00	basculante	ferro	não existe	vidro	não existe
<b>Média</b>	1,17					
<b>Máximo ou de Maior Frequência</b>	1,60	15 basculante	15 ferro	12 não existe	24 vidro	18 não existe
<b>Mínimo ou de Menor Frequência</b>	0,85	11 correr	6 madeira	7 madeira	1 não existe	2 horizontal
<b>% Máximo ou de Maior Frequência</b>		55,55%	55,55%	46,15%	92,31%	90,00%

## ANEXO 2

### 1 - DISPONIBILIDADE DE DADOS CLIMÁTICOS PARA A CIDADE DE LONDRINA/PR

Londrina dispõe de duas fontes de dados climáticos. Uma fonte é o sistema de dados meteorológicos do aeroporto, administrado pela Empresa Telecomunicações Aeronáuticas S/A - TASA, vinculada ao Ministério da Aeronáutica, que administra em Londrina todas as informações meteorológicas de interesse para a aeronáutica. A outra fonte de dados é a estação agro meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, cujos dados de identificação são: cod. DNAEE 02351003.

O IAPAR é uma instituição de pesquisa que mantém sedes distribuídas em todo o estado, formando uma rede de estações agrometeorológicas que coleta dados de interesse para a agricultura.

### 2 - ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DO AEROPORTO DE LONDRINA

O aeroporto de Londrina dispõe de uma estação automática na pista de pouso e aterrissagem, instalada desde 1990, e outra estação do tipo convencional que está instalada fora da pista. Estas estações estão localizadas na latitude de 23°19'S, longitude 51°08'W, e altitude de 570m. A hora legal corresponde ao meridiano de 45°W, e para se converter a GMT, somam-se 3 horas. O sistema de dados meteorológicos do aeroporto realiza coletas nas 24 horas do dia.

#### 2.1- Estação automática

A estação automática na pista, envia informações da direção de ventos, velocidade de ventos, temperatura, umidade relativa e precipitação. Estas informações são coletadas em um painel existente na sala de meteorologia, dentro do prédio do aeroporto, a cada hora, durante 24 horas por dia e são registradas manualmente em planilha. Na mesma planilha são feitas anotações sobre pressão, visibilidade, altura, quantidade e tipo de nuvens.

O termômetro da estação automática funciona com transdutores eletrônicos e a umidade é medida através de sensores eletrônicos.

A visibilidade, altura e quantidade de nuvens são verificadas visualmente, a partir da experiência do meteorologista. Nesta verificação são considerados alguns pontos de referência tais como o relevo acentuado no horizonte, o topo de edifícios existentes ou caixas d'água presentes no ângulo de visão local. A altura das nuvens pode ser medida à noite, a partir de um fecho de luz lançado verticalmente por um farol teto instalado no piso da pista. O raio luminoso do farol inicia-se no piso da pista e propaga-se até a base da nuvem. Através do clinômetro (espécie de teodolito), o fecho luminoso entre o piso da pista e a base da nuvem é observado de dentro da sala de meteorologia e sua altura é determinada por triangulação.

A quantidade de nuvens é determinada dividindo-se a abóbada celeste em oito partes: o céu é considerado nublado se estiver encoberto acima de 4/8.

## 2.2 - Estação convencional

A estação convencional do aeroporto consta de um abrigo meteorológico pintado de branco conforme padronização oficial com abertura de acesso voltada para o Sul, ao ar livre com venezianas simples, instalado sobre a grama. Dentro do abrigo estão um higrógrafo de cabelo, um conjunto de termômetro de bulbo seco e bulbo úmido, com ventilador e um conjunto de termômetro de máxima e mínima. Próximo ao abrigo meteorológico encontra-se instalado o pluviógrafo. Os dados da estação convencional são coletados no abrigo e registrados manualmente de hora em hora, em uma planilha onde é calculado o ponto de orvalho.

## 2.3 - Aferição e preenchimento de dados

Todos os equipamentos das duas estações do aeroporto são aferidos em intervalos de três a quatro meses. Aceita-se uma diferença de 0 até 10% entre os registros nas duas estações, tendo em vista que as mesmas encontram-se instaladas em locais de exposição diferente, embora a distância entre elas seja de aproximadamente 600m.

Duas planilhas são preenchidas no aeroporto diariamente: uma é preenchida com as observações meteorológicas informadas pelos equipamentos da estação automática da pista e a outra planilha é preenchida com observações meteorológicas coletadas da estação convencional. Em ambas são registrados hora a hora os dados de vento coletados de uma só estação, a automática. Os dados de pressão também são coletados de um mesmo equipamento e registrados nas duas planilhas. Os dados verificados sobre visibilidade e nuvens (quantidade, altura e tipo), também são registrados nas duas planilhas. Estas planilhas preenchidas manualmente são enviadas para o Ministério da Aeronáutica em Porto Alegre RS. Permanecem nos arquivos do aeroporto de Londrina apenas os resumos diários e mensais com as médias destas informações climatológicas.

### 3 - ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA DE LONDRINA - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR).

A estação Agrometeorológica de Londrina (IAPAR), está localizada na latitude 23°22'S, longitude 51°10'W, e altitude 585m.

O abrigo meteorológico da estação, localizado ao ar livre, sobre grama, tem dimensões aproximadas de 1,00m por 1,20m, suas paredes são duplas de venezianas de madeira, sendo que a veneziana externa tem as lâminas dispostas com ângulo aberto para baixo e a veneziana interna tem o ângulo aberto para cima. O abrigo todo é pintado de branco conforme padronização oficial e a abertura de acesso é voltada para o Sul. Dentro do abrigo estão instalados um higrógrafo de cabelo, um termógrafo com sensor metálico por dilatação, um conjunto de termômetros de bulbo seco e bulbo úmido desprovido de dispositivo para aspiração, um conjunto de termômetros de máxima e mínima e um evaporímetro suspenso com filtro absorvente cuja leitura é feita de 24 em 24 horas.

Próximo ao abrigo, ao ar livre, estão localizados o pluviógrafo medidor de altura de chuva, e um tanque classe A para medir evaporação.

O heliógrafo, o actinógrafo, e o anemógrafo estão localizados sobre uma torre de aproximadamente três metros de altura. Dentro da torre estão instalados o barógrafo e o tubo para registro gráfico de velocidade e direção de ventos.

Os dados de nebulosidade são verificados visualmente dividindo-se o céu em 10 partes e registrando de 0/10 a 10/10 de céu encoberto; este registro é feito três vezes ao dia: às 9, 15 e 21 horas.

A coleta de dados diária é feita através dos registros gráficos de: radiação global, horas de brilho solar, temperatura do ar, umidade relativa, ventos (velocidade e direção), precipitação e pressão. A radiação global medida é horizontal e o registro é realizado através do actinógrafo em ( $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ ). As horas de brilho solar são registradas no heliógrafo. A temperatura do ar é registrada no termógrafo com sensor metálico. A umidade relativa é registrada no higrógrafo de cabelo. A velocidade e direção de ventos são registradas no anemógrafo de conchas com tubo de velocidade. A precipitação é registrada no pluviógrafo e a pressão no barógrafo. As temperaturas, são registradas também manualmente, a partir das leituras nos termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido por três vezes ao dia: às 9 horas, às 15 horas e às 21 horas. A partir destes dados, determinam-se os valores de umidade relativa para os horários 9 horas, 15 horas e 21 horas.

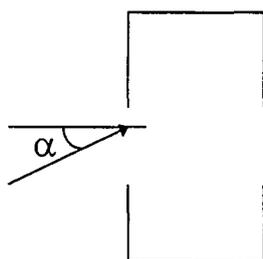
## ANEXO 3

### ALGORITMO DE VENTILAÇÃO E CÁLCULO DAS TAXA VENTILAÇÃO PARA A CASA COHAB PADRÃO

## ALGORITMO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO DE VENTILAÇÃO POR EFEITO DO VENTO

notas de aula (LAMBERTS 1990)

### 1. CÁLCULO DO COEFICIENTE DE PRESSÃO DO VENTO E CORREÇÕES



$\alpha$  = ângulo de incidência do vento

Para

$$0 \leq \alpha \leq 30^\circ \quad \Rightarrow \quad \Delta C_{PL} = 1.2$$

$$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ \quad \Rightarrow \quad \Delta C_{PL} = 0.1 + 0.0183 (90 - \alpha)$$

onde  $\Delta C_{PL}$  - diferença entre os coeficientes de pressão do vento para casa em campo aberto

correção por tipo de loteamento:

para distância entre as casas:

$$d = \text{uma casa} \quad \Delta C_p = 0.3 \times \Delta C_{PL}$$

$$d = \text{duas casas} \quad \Delta C_p = 0.6 \times \Delta C_{PL}$$

### 2. CORREÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO EM FUNÇÃO DA ALTURA

$V_z$  = velocidade corrigida pela altura

$$V_z = V_{10} K Z^a$$

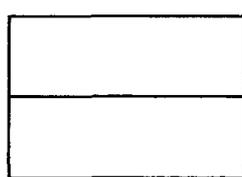
$V_{10}$  = velocidade do vento a 10m de altura (estação meteorológica) (m/s)

$Z$  = altura da cumeeira para prédios até 2 andares ou altura da janela para prédios mais altos (m)

Valores de K e a em função da densidade do local

	K	a
Campo aberto plano	0,68	0,17
Campo com algumas barreiras	0,52	0,20
Urbano	0,40	0,25
Centro	0,31	0,33

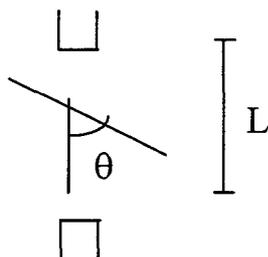
### 3. CÁLCULO DA ÁREA ÚTIL DE VENTILAÇÃO



para janelas do tipo guilhotina ou de correr:

50%

$$A = 0,5 A_{JANELA}$$



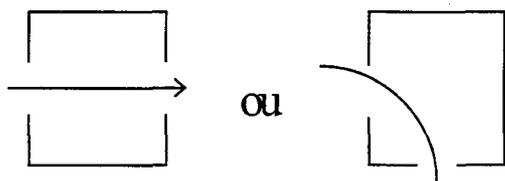
para janelas do tipo basculante ao máximo ar

$$A = L \cdot C (1 - \cos\theta) \quad \text{onde:}$$

C - comprimento da janela

L - altura da abertura

### 4. EQUAÇÃO DE VAZÃO PARA VENTILAÇÃO CRUZADA DO TIPO:



$$Q_w = 0,6 A_w V_z \sqrt{\Delta C_p} \quad (m^3 / s)$$

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(\sum A_{ENTRADA})^2} + \frac{1}{(\sum A_{SAIDA})^2}$$

onde:  $Q_w$  = vazão por ventilação cruzada

devido ao vento

OBS: se houver uma porta intermediária

(em série entre entrada e saída)

acrescentar na equação acima

$$\frac{1}{A_{\text{PORTA}}^2}$$

## 5. CÁLCULO DA TAXA DE VENTILAÇÃO $N$ EM (trocas/ h)

$$N = \frac{Q_w}{V} \times 3600 \quad \text{sendo } V = \text{volume em m}^3$$

## 6. ROTEIRO PARA ANÁLISE

- coeficientes de pressão do vento  $C_p$
- correção da velocidade do vento em função do terreno e da altura
- área útil de ventilação
- ventilação cruzada

Aplicação para a casa Padrão COHAB.

Dados:

1 - Velocidade de ventos externos medido na estação meteorológica;

Verão - 2,2 m/s

Outono - 2,2 m/s

Inverno - 2,3 m/s

Primavera - 3,0 m/s

2 - Pé direito - 2,45 m

3 - Altura da cumeeira - 4,10 m

4 - Angulo de incidência - 45°

5 - Tipo de zona - Urbana

6 - densidade - distância de uma casa entre as edificações

7 - Área útil de entrada de ar (janelas do quarto (N) e do banheiro (L)) - 0,223

8 - Área útil de saída de ar (janela do salão (O) e porta de entrada (O)) - 1,76 m<sup>2</sup>

9 - Volume - 49,19 m<sup>3</sup>

## CÁLCULOS

1 - Coeficiente de pressão do vento

$$\Delta C_{PL} = 0,1 + 0,0183 (90 - 45) = 0,9235$$

considerando a densidade de construção = 1 casa:

$$\Delta C_p = 0,3 \times 0,9235$$

2 - Correção da velocidade pela altura

$$V_z = V_{10} K Z^a$$

para zona urbana  $K = 0,4$  e  $a = 0,25$

$$V_z = V_{10} \times 0,4 \times 4,10^{0,25}$$

$$\text{Verão} - V_z = 2,2 \times 0,4 \times 4,10^{0,25} = 1,25 \text{ m/s}$$

$$\text{Outono} - V_z = 2,2 \times 0,4 \times 4,10^{0,25} = 1,25 \text{ m/s}$$

$$\text{Inverno} - V_z = 2,3 \times 0,4 \times 4,10^{0,25} = 1,31 \text{ m/s}$$

$$\text{Primavera} - V_z = 3,0 \times 0,4 \times 4,10^{0,25} = 1,70 \text{ m/s}$$

3 Cálculo de  $A_w$

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{\left(\sum A_{entrada}\right)^2} + \frac{1}{\left(\sum A_{saida}\right)^2}$$

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{0,2235^2} + \frac{1}{1,76^2}$$

$$\frac{1}{A_w^2} = 20,34$$

$$A_w = \sqrt{\frac{1}{20,34}}$$

$$A_w = 0,22$$

4 - Cálculo da vazão  $Q_w$  (m<sup>3</sup>/s)

$$Q_w = 0,06 A_w V_z \sqrt{\Delta C_p}$$

$$\text{Verão } Q_w = 0,06 \times 0,22 \times 1,25 \sqrt{0,277} = 0,087 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$\text{Outono } Q_w = 0,06 \times 0,22 \times 1,25 \sqrt{0,277} = 0,087 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$\text{Inverno } Q_w = 0,06 \times 0,22 \times 1,308 \sqrt{0,277} = 0,091 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$\text{Primavera } Q_w = 0,06 \times 0,22 \times 1,707 \sqrt{0,277} = 0,119 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

## 5 - Cálculo da taxa de ventilação N (trocas /h)

$$N = \frac{Q_w}{V} \times 3600$$

$$\text{Verão } N = \frac{0,087}{49,19} \times 3600 = 6,37 \text{ (trocas /h)}$$

$$\text{Outono } N = \frac{0,087}{49,19} \times 3600 = 6,37 \text{ (trocas /h)}$$

$$\text{Inverno } N = \frac{0,091}{49,19} \times 3600 = 6,70 \text{ (trocas /h)}$$

$$\text{Primavera } N = \frac{0,119}{49,19} \times 3600 = 8,71 \text{ (trocas /h)}$$

## ANEXO 4

ESQUEMAS DE OCUPAÇÃO COMFIE PARA SIMULAÇÕES NO  
VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERAESQUEMA DE OCUPAÇÃO DE  
VERÃO

OCCUPANCY SCHEDULE : tijolo verão

VOLUME OF COHAB verão : 49.19 m3

INERTIA OF THE FURNITURE : 20.1 Wh/K

INTERNAL CAPACITIVE WALL : 12.4 m2 OF norte

MAXIMAL EXTERNAL VENTILATION FLOW RATE :6.41 VOLUME/h

STANDARD WEEK -% of max FLOW RATE-

HOUR MONDAY TUESDAY WEDNESDAY THURSDAY FRIDAY SATURDAY SUNDAY

1	15	15	15	15	15	15	15
2	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15
5	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15
7	15	15	15	15	15	15	15
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100

STANDARD WEEK -% of max FLOW RATE-

HOUR MONDAY TUESDAY WEDNESDAY THURSDAY FRIDAY SATURDAY SUNDAY

13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	15	15	15	15	15	15	15
24	15	15	15	15	15	15	15

STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	150	150	150	150	150	150	150
2	150	150	150	150	150	150	150
3	150	150	150	150	150	150	150
4	150	150	150	150	150	150	150
5	150	150	150	150	150	150	150
6	150	150	150	150	150	150	150
7	150	150	150	150	150	150	150
8	150	150	150	150	150	150	150
9	170	170	170	170	170	170	170
10	170	170	170	170	170	170	170
11	170	170	170	170	170	170	170
12	170	170	170	170	170	170	170

STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	170	170	170	170	170	170	170
14	150	150	150	150	150	150	150
15	150	150	150	150	150	150	150
16	150	150	150	150	150	150	150
17	150	150	150	150	150	150	150
18	150	150	150	150	150	150	150
19	210	210	210	210	210	210	210
20	230	230	230	230	230	230	230
21	290	290	290	290	290	290	290
22	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150

Max NUMBER OF PRESENT PEOPLE:3

STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100
6	66	66	66	66	66	66	66
7	66	66	66	66	66	66	66
8	66	66	66	66	66	66	66
9	66	66	66	66	66	66	66
10	66	66	66	66	66	66	66
11	66	66	66	66	66	66	66
12	66	66	66	66	66	66	66

STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	66	66	66	66	66	66	66
14	66	66	66	66	66	66	66
15	66	66	66	66	66	66	66
16	66	66	66	66	66	66	66
17	66	66	66	66	66	66	66
18	66	66	66	66	66	66	66
19	66	66	66	66	66	66	66
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100

## ESQUEMA DE OCUPAÇÃO DE OUTONO

OCCUPANCY SCHEDULE : tijolo outono

VOLUME OF cohab verão : 49.19 m3

INERTIA OF THE FURNITURE : 20.1 Wh/K

INTERNAL CAPACITIVE WALL : 12.4 m2 OF norte

MAXIMAL EXTERNAL VENTILATION FLOW RATE :6.41 VOLUME/h

STANDARD WEEK    -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	15	15	15	15	15	15	15
2	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15
5	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15
7	15	15	15	15	15	15	15
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100

STANDARD WEEK    -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100

18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	15	15	15	15	15	15	15
24	15	15	15	15	15	15	15

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	150	150	150	150	150	150	150
2	150	150	150	150	150	150	150
3	150	150	150	150	150	150	150
4	150	150	150	150	150	150	150
5	150	150	150	150	150	150	150
6	150	150	150	150	150	150	150
7	150	150	150	150	150	150	150
8	150	150	150	150	150	150	150
9	1153	1153	1153	1153	1153	1153	1153
10	1153	1153	1153	1153	1153	1153	1153
11	1153	1153	1153	1153	1153	1153	1153
12	150	150	150	150	150	150	150

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	150	150	150	150	150	150	150
14	150	150	150	150	150	150	150
15	153	153	153	153	153	153	153
16	150	150	150	150	150	150	150
17	150	150	150	150	150	150	150
18	150	150	150	150	150	150	150
19	210	210	210	210	210	210	210
20	210	210	210	210	210	210	210
21	210	210	210	210	210	210	210
22	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150

Max NUMBER OF PRESENT PEOPLE:3

## STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100
6	66	66	66	66	66	66	66
7	66	66	66	66	66	66	66

8	66	66	66	66	66	66	66
9	66	66	66	66	66	66	66
10	66	66	66	66	66	66	66
11	66	66	66	66	66	66	66
12	66	66	66	66	66	66	66

## STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	66	66	66	66	66	66	66
14	66	66	66	66	66	66	66
15	66	66	66	66	66	66	66
16	66	66	66	66	66	66	66
17	66	66	66	66	66	66	66
18	66	66	66	66	66	66	66
19	66	66	66	66	66	66	66
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100

## ESQUEMA DE OCUPAÇÃO DE INVERNO

OCCUPANCY SCHEDULE : tijolo inv

VOLUME OF cohab verão : 49.19 m3

INERTIA OF THE FURNITURE : 20.1 Wh/K

INTERNAL CAPACITIVE WALL : 12.4 m2 OF norte

MAXIMAL EXTERNAL VENTILATION FLOW RATE :1.00 VOLUME/h

STANDARD WEEK -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	15	15	15	15	15	15	15
2	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15
5	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15
7	15	15	15	15	15	15	15
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100

11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100

## STANDARD WEEK -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	15	15	15	15	15	15	15
24	15	15	15	15	15	15	15

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	150	150	150	150	150	150	150
2	150	150	150	150	150	150	150
3	150	150	150	150	150	150	150
4	150	150	150	150	150	150	150
5	150	150	150	150	150	150	150
6	150	150	150	150	150	150	150
7	150	150	150	150	150	150	150
8	150	150	150	150	150	150	150
9	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	150	150	150	150	150
11	150	150	150	150	150	150	150
12	150	150	150	150	150	150	150

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	150	150	150	150	150	150	150
14	150	150	150	150	150	150	150
15	250	250	250	250	250	250	250
16	250	250	250	250	250	250	250
17	370	370	370	370	370	370	370
18	370	370	370	370	370	370	370
19	330	330	330	330	330	330	330
20	270	270	270	270	270	270	270
21	310	310	310	310	310	310	310
22	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150

Max NUMBER OF PRESENT PEOPLE:3

STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100
9	66	66	66	66	66	66	66
10	66	66	66	66	66	66	66
11	66	66	66	66	66	66	66
12	66	66	66	66	66	66	66

STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	66	66	66	66	66	66	66
14	66	66	66	66	66	66	66
15	66	66	66	66	66	66	66
16	66	66	66	66	66	66	66
17	66	66	66	66	66	66	66
18	66	66	66	66	66	66	66
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100

## ESQUEMA DE OCUPAÇÃO DE PRIMAVERA

OCCUPANCY SCHEDULE : tijolo primavera

VOLUME OF cohab verão : 49.19 m3

INERTIA OF THE FURNITURE : 20.1 Wh/K

INTERNAL CAPACITIVE WALL : 12.4 m2 OF norte

MAXIMAL EXTERNAL VENTILATION FLOW RATE :8.74 VOLUME/h

STANDARD WEEK -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	12	12	12	12	12	12	12

2	12	12	12	12	12	12	12
3	12	12	12	12	12	12	12
4	12	12	12	12	12	12	12
5	12	12	12	12	12	12	12
6	12	12	12	12	12	12	12
7	12	12	12	12	12	12	12
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100

## STANDARD WEEK -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	12	12	12	12	12	12	12
24	12	12	12	12	12	12	12

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	150	150	150	150	150	150	150
2	150	150	150	150	150	150	150
3	150	150	150	150	150	150	150
4	150	150	150	150	150	150	150
5	150	150	150	150	150	150	150
6	150	150	150	150	150	150	150
7	150	150	150	150	150	150	150
8	150	150	150	150	150	150	150
9	150	150	150	150	150	150	150
10	150	150	150	150	150	150	150
11	150	150	150	150	150	150	150
12	150	150	150	150	150	150	150

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	150	150	150	150	150	150	150
14	150	150	150	150	150	150	150
15	150	150	150	150	150	150	150
16	150	150	150	150	150	150	150

17	250	250	250	250	250	250	250
18	250	250	250	250	250	250	250
19	370	370	370	370	370	370	370
20	430	430	430	430	430	430	430
21	310	310	310	310	310	310	310
22	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150

Max NUMBER OF PRESENT PEOPLE:3

STANDARD WEEK   -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100
7	66	66	66	66	66	66	66
8	66	66	66	66	66	66	66
9	66	66	66	66	66	66	66
10	66	66	66	66	66	66	66
11	66	66	66	66	66	66	66
12	66	66	66	66	66	66	66

STANDARD WEEK   -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	66	66	66	66	66	66	66
14	66	66	66	66	66	66	66
15	66	66	66	66	66	66	66
16	66	66	66	66	66	66	66
17	66	66	66	66	66	66	66
18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100

## ANEXO 5

### SAÍDAS DO COMFIE COM RELATÓRIOS DA CASA COHAB SEM BENEFÍCIOS, E DA CASA COHAB COM OS BENEFÍCIOS TÉRMICOS MÍNIMOS VIÁVEIS

#### 1 - CASA COHAB PADRÃO COM O BENEFÍCIOS TÉRMICOS MÍNIMOS VIÁVEIS E COM O ESQUEMA DE OCUPAÇÃO DE VERÃO

\*\*\*\*\*

##### BUILDING

\*\*\*\*\*

cohab beneficiada

NAME OF THE SAVING FILE : coabenef

LOCATION : londrina

ALTITUDE : 560m LATITUDE : -23.4° LONGITUDE : 51.2°

METEOROLOGICAL LOCATION : STU

\*\*\*\*\*

##### WALLS

\*\*\*\*\*

norte

SLOPE 90° ORIENTATION 180°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

COMPOSITION : parede tij furado co

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

leste

SLOPE 90° ORIENTATION -90°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

COMPOSITION : parede tij furado co

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

sul

SLOPE 90° ORIENTATION 0°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

COMPOSITION : parede tij furado co

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

oeste

SLOPE 90° ORIENTATION 90°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

COMPOSITION : parede tij furado co

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

piso

SLOPE 0°

INTERNAL BUILDING FINISH : vermelhão piso ALPHA=0.65 EPSILON=0.90

EXTERNAL BUILDING FINISH : cor da terra ALPHA=0.40 EPSILON=0.90

COMPOSITION : piso

4.00cm OF concreto piso K:1.40 W/m/K RO:1800.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.00cm OF piso cimentado K:1.40 W/m/K RO:2100.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

cobertura

SLOPE 0°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.95

COMPOSITION : cobert verão cohab

0.50cm OF telha cim amian K:0.65 W/m/K RO:1700.00 kg/m3 CP:0.23 Wh/kg/K

70.00cm OF AIR\_cobert verão coh K:3.33 W/m/K RO:1.00 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

2.00cm OF lâ de vid K:0.04 W/m/K RO:50.00 kg/m3 CP:0.19 Wh/kg/K

3.00cm OF concreto laje K:1.75 W/m/K RO:2400.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.50cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

3.00cm OF AIR\_cobert verão coh K:0.59 W/m/K RO:1.00 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.50cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

1.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

\*\*\*\*\*

ZONES

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\* ZONE            OUTSIDE \*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\* ZONE            GROUND \*

\*\*\*\*\*

TEMPERATURE :20°C

\*\*\*\*\*

\* ZONE            cohab verão \*

\*\*\*\*\*

OCCUPANCY SCHEDULE : tijolo verão

VOLUME OF cohab verão : 49.19 m3

INERTIA OF THE FURNITURE : 20.1 Wh/K

INTERNAL CAPACITIVE WALL : 12.4 m2 OF norte

MAXIMAL EXTERNAL VENTILATION FLOW RATE :12.82 VOLUME/h

STANDARD WEEK    -% of max FLOW RATE-

HOUR MONDAY TUESDAY WEDNESDAY THURSDAY FRIDAY SATURDAY SUNDAY

1	15	15	15	15	15	15	15
2	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15
5	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15
7	15	15	15	15	15	15	15
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100

STANDARD WEEK    -% of max FLOW RATE-

HOUR MONDAY TUESDAY WEDNESDAY THURSDAY FRIDAY SATURDAY SUNDAY

13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100

18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	15	15	15	15	15	15	15
24	15	15	15	15	15	15	15

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	150	150	150	150	150	150	150
2	150	150	150	150	150	150	150
3	150	150	150	150	150	150	150
4	150	150	150	150	150	150	150
5	150	150	150	150	150	150	150
6	150	150	150	150	150	150	150
7	150	150	150	150	150	150	150
8	150	150	150	150	150	150	150
9	170	170	170	170	170	170	170
10	170	170	170	170	170	170	170
11	170	170	170	170	170	170	170
12	170	170	170	170	170	170	170

## STANDARD WEEK -Int HEAT GAINS (W)-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	170	170	170	170	170	170	170
14	150	150	150	150	150	150	150
15	150	150	150	150	150	150	150
16	150	150	150	150	150	150	150
17	150	150	150	150	150	150	150
18	150	150	150	150	150	150	150
19	210	210	210	210	210	210	210
20	230	230	230	230	230	230	230
21	290	290	290	290	290	290	290
22	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150

Max NUMBER OF PRESENT PEOPLE:3

## STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100
6	66	66	66	66	66	66	66
7	66	66	66	66	66	66	66

8	66	66	66	66	66	66	66
9	66	66	66	66	66	66	66
10	66	66	66	66	66	66	66
11	66	66	66	66	66	66	66
12	66	66	66	66	66	66	66

## STANDARD WEEK -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	66	66	66	66	66	66	66
14	66	66	66	66	66	66	66
15	66	66	66	66	66	66	66
16	66	66	66	66	66	66	66
17	66	66	66	66	66	66	66
18	66	66	66	66	66	66	66
19	66	66	66	66	66	66	66
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100

THE ZONE cohab verão IS SURROUNDED BY 6 WALLS

14.5 m2 OF norte BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE

THE ZONE WALL n°1 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)

NAME OF THE ALBEDO : externo

JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC

ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K

THE WIND EXPOSURE IS NORMAL

0 GLAZING(s)

8.3 m2 OF leste BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE

THE ZONE WALL n°2 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)

NAME OF THE ALBEDO : externo

JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC

ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K

THE WIND EXPOSURE IS NORMAL

0 GLAZING(s)

14.5 m2 OF sul BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE

THE ZONE WALL n°3 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)

NAME OF THE ALBEDO : externo

JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC

ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K

THE WIND EXPOSURE IS NORMAL

0 GLAZING(s)

8.3 m2 OF oeste BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE  
THE ZONE WALL n°4 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)  
NAME OF THE ALBEDO : externo  
JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC  
ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2  
THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K  
THE WIND EXPOSURE IS NORMAL  
0 GLAZING(s)

20.1 m2 OF piso BETWEEN cohab verão AND GROUND  
K: 4.02 W/K, THERMAL BRIDGES: 18.64 W/K

20.1 m2 OF cobertura BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE  
THE ZONE WALL n°6 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)  
NAME OF THE ALBEDO : externo  
JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC  
ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2  
THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K  
THIS ZONE WALL IS A CEILING  
THE WIND EXPOSURE IS NORMAL  
0 GLAZING(s)

## 2 - CASA COHAB PADRÃO COM O ESQUEMA DE OCUPAÇÃO DE VERÃO

\*\*\*\*\*  
BUILDING  
\*\*\*\*\*

casa cohab verão

NAME OF THE SAVING FILE : cohabver

LOCATION : londrina

ALTITUDE : 560m LATITUDE : -23.4° LONGITUDE : 51.2°

METEOROLOGICAL LOCATION : STU

\*\*\*\*\*  
WALLS  
\*\*\*\*\*

norte

SLOPE 90° ORIENTATION 180°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

COMPOSITION : parede tij furado co

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

leste

SLOPE 90° ORIENTATION -90°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

COMPOSITION : parede tij furado co

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K

1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

sul

SLOPE 90° ORIENTATION 0°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85  
COMPOSITION : parede tij furado co  
2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K  
1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K  
1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K  
1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

oeste

SLOPE 90° ORIENTATION 90°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : pintura branca ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

COMPOSITION : parede tij furado co

2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K  
1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K  
1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
2.70cm OF AIR\_parede cohab K:0.29 W/m/K RO:1.20 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K  
1.20cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
2.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

piso

SLOPE 0°

INTERNAL BUILDING FINISH : vermelho piso ALPHA=0.65 EPSILON=0.90

EXTERNAL BUILDING FINISH : cor da terra ALPHA=0.40 EPSILON=0.90

COMPOSITION : piso

4.00cm OF concreto piso K:1.40 W/m/K RO:1800.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K  
1.00cm OF piso cimentado K:1.40 W/m/K RO:2100.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

cobertura

SLOPE 0°

INTERNAL BUILDING FINISH : branco ALPHA=0.30 EPSILON=0.85

EXTERNAL BUILDING FINISH : cor cim amiant ALPHA=0.80 EPSILON=0.95

COMPOSITION : cobert verão cohab

0.50cm OF telha cim amian K:0.65 W/m/K RO:1700.00 kg/m3 CP:0.23 Wh/kg/K  
70.00cm OF AIR\_cobert verão coh K:3.33 W/m/K RO:1.00 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K  
3.00cm OF concreto laje K:1.75 W/m/K RO:2400.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K  
1.50cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
3.00cm OF AIR\_cobert verão coh K:0.59 W/m/K RO:1.00 kg/m3 CP:0.34 Wh/kg/K  
1.50cm OF tijolo maciço K:0.90 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.26 Wh/kg/K  
1.00cm OF argamassa de revesti K:1.15 W/m/K RO:1600.00 kg/m3 CP:0.28 Wh/kg/K

\*\*\*\*\*

ZONES

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 \* ZONE            OUTSIDE \*  
 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 \* ZONE            GROUND \*  
 \*\*\*\*\*

TEMPERATURE :20°C

\*\*\*\*\*  
 \* ZONE            cohab verão \*  
 \*\*\*\*\*

OCCUPANCY SCHEDULE : tijolo verão  
 VOLUME OF cohab verão : 49.19 m3  
 INERTIA OF THE FURNITURE : 20.1 Wh/K  
 INTERNAL CAPACITIVE WALL : 12.4 m2 OF norte  
 MAXIMAL EXTERNAL VENTILATION FLOW RATE :6.41 VOLUME/h  
 STANDARD WEEK   -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
1	15	15	15	15	15	15	15
2	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	15	15	15	15	15
4	15	15	15	15	15	15	15
5	15	15	15	15	15	15	15
6	15	15	15	15	15	15	15
7	15	15	15	15	15	15	15
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100

STANDARD WEEK   -% of max FLOW RATE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	15	15	15	15	15	15	15
24	15	15	15	15	15	15	15

STANDARD WEEK		-Int HEAT GAINS (W)-						
HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY	
1	150	150	150	150	150	150	150	
2	150	150	150	150	150	150	150	
3	150	150	150	150	150	150	150	
4	150	150	150	150	150	150	150	
5	150	150	150	150	150	150	150	
6	150	150	150	150	150	150	150	
7	150	150	150	150	150	150	150	
8	150	150	150	150	150	150	150	
9	170	170	170	170	170	170	170	
10	170	170	170	170	170	170	170	
11	170	170	170	170	170	170	170	
12	170	170	170	170	170	170	170	

STANDARD WEEK		-Int HEAT GAINS (W)-						
HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY	
13	170	170	170	170	170	170	170	
14	150	150	150	150	150	150	150	
15	150	150	150	150	150	150	150	
16	150	150	150	150	150	150	150	
17	150	150	150	150	150	150	150	
18	150	150	150	150	150	150	150	
19	210	210	210	210	210	210	210	
20	230	230	230	230	230	230	230	
21	290	290	290	290	290	290	290	
22	150	150	150	150	150	150	150	
23	150	150	150	150	150	150	150	
24	150	150	150	150	150	150	150	

Max NUMBER OF PRESENT PEOPLE:3

STANDARD WEEK		-% OF PRESENCE-						
HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY	
1	100	100	100	100	100	100	100	
2	100	100	100	100	100	100	100	
3	100	100	100	100	100	100	100	
4	100	100	100	100	100	100	100	
5	100	100	100	100	100	100	100	
6	66	66	66	66	66	66	66	
7	66	66	66	66	66	66	66	
8	66	66	66	66	66	66	66	
9	66	66	66	66	66	66	66	
10	66	66	66	66	66	66	66	
11	66	66	66	66	66	66	66	
12	66	66	66	66	66	66	66	

STANDARD WEEK   -% OF PRESENCE-

HOUR	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
13	66	66	66	66	66	66	66
14	66	66	66	66	66	66	66
15	66	66	66	66	66	66	66
16	66	66	66	66	66	66	66
17	66	66	66	66	66	66	66
18	66	66	66	66	66	66	66
19	66	66	66	66	66	66	66
20	100	100	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100	100

THE ZONE cohab verão IS SURROUNDED BY 6 WALLS

14.5 m2 OF norte BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE

THE ZONE WALL n°1 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)

NAME OF THE ALBEDO : extemo

JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC

ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K

THE WIND EXPOSURE IS NORMAL

1 GLAZING(s)

1.2 m2 OF basculante quarto

U:5.79 W/(m2.K) TAU\_N:0.85 1 GLAZING(S)

WIDTH : 1.18 m HEIGHT : 0.99 m

YOUR basculante quarto IS SHADED BY beiral norte

DISTANCE FROM THE WINDOW: 1.30 WIDTH: 0.50

8.3 m2 OF leste BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE

THE ZONE WALL n°2 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)

NAME OF THE ALBEDO : extemo

JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC

ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K

THE WIND EXPOSURE IS NORMAL

1 GLAZING(s)

0.5 m2 OF basculante banh

U:5.79 W/(m2.K) TAU\_N:0.85 1 GLAZING(S)

WIDTH : 0.59 m HEIGHT : 0.78 m

YOUR basculante banh IS SHADED BY beiral

DISTANCE FROM THE WINDOW: 0.30 WIDTH: 0.60

14.5 m2 OF sul BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE

THE ZONE WALL n°3 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)

NAME OF THE ALBEDO : extemo

JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC

ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K  
THE WIND EXPOSURE IS NORMAL  
0 GLAZING(s)

8.3 m2 OF oeste BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE  
THE ZONE WALL n°4 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)  
NAME OF THE ALBEDO : externo  
JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC  
ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K  
THE WIND EXPOSURE IS NORMAL  
1 GLAZING(s)

0.8 m2 OF basculante sala  
U:5.79 W/(m2.K) TAU\_N:0.85 1 GLAZING(S)  
WIDTH : 0.79 m HEIGHT : 0.99 m  
YOUR basculante sala IS SHADED BY beiral  
DISTANCE FROM THE WINDOW: 0.30 WIDTH: 0.60

20.1 m2 OF piso BETWEEN cohab verão AND GROUND  
K: 4.02 W/K, THERMAL BRIDGES: 18.64 W/K

20.1 m2 OF cobertura BETWEEN cohab verão AND OUTSIDE  
THE ZONE WALL n°6 IS REACHED BY 0 DISTANT SHADING(S)  
NAME OF THE ALBEDO : externo  
JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC  
ALBEDO: 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2  
THERMAL BRIDGES : 0.0 W/K  
THIS ZONE WALL IS A CEILING  
THE WIND EXPOSURE IS NORMAL  
0 GLAZING(s)

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, Maria.; VITTORINO, Fúlvio.; CARBALLEIRA, Laura. A influência do comportamento climático na resposta térmica de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 1995, Gramado. **Anais...Gramado** : ANTAC, 1995a. p. 323 - 328
- AKUTSU, Maria; VITTORINO, Fúlvio.; YOSHIMOTO, Mitsuo. Método expedito para avaliação do desempenho térmica de habitações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 1995, Gramado. **Anais...Gramado**: ANTAC, 1995b. p. 299 - 304
- AKUTSU, M.; VITTORINO, F. Critérios para a definição de níveis de desempenho térmico de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1992, Florianópolis. **Anais... Florianópolis**: Antac, 1993. p. 69-74.
- AKUTSU, M.; VITTORINO, F. Proposta de procedimento para avaliação do desempenho térmico de edificações condicionadas e não condicionadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991. Florianópolis. **Anais ... Florianópolis**: UFSC, 1991a. p. 157-171.
- AKUTSU, M.; VITTORINO, F. Proposta de procedimento para o tratamento de dados climáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. **Anais ... Florianópolis**: UFSC, 1991b. p. 213-226.
- AKUTSU, M.S.; SATO N.M.; PEDROSO, N. G. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares**: manual de procedimento para avaliação. São Paulo: IPT, 1987. 74p. (IPT Publicação n. 1732).

- AKUTSU, M.S.; VITTORINO, F.; PEDROSO, N. G.; CARBALLEIRA, L. **Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares: Anexo 5: conforto térmico** Relatório técnico nº 33.800. São Paulo: IPT, 1995c.
- ANDERSON, B. R. **Building regulations: conservation of fuel and power - the "energy target" method of compliance for dwellings.** Garston: Building Research Establishment Scottish Laboratory, [1990?].
- ANSI/ASHRAE 55 - 1981. **Thermal environmental conditions for human occupancy.** Atlanta : ANSI, 1981
- ANSI/ASHRAE 55 - 1992. **Thermal environmental conditions for human occupancy.** Atlanta : ANSI, 1992
- ASHRAE **Ashrae handbook** 1993 fundamentals. Atlanta, 1993. cap. 8: Physiological principles and thermal comfort.
- ASHRAE /IES 90.1-1989 **Energy efficient design of new buildings except low-rise residential buildings** 1791 Tullie Circle, NE. Atlanta , GA 1989
- ARAÚJO, V.M.D.A e ARAÚJO, E. H. S. Definição dos parâmetros de conforto térmico para os usuários adolescentes das edificações escolares em Natal - RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 1991. p. 77-87.
- ARZTEGUI, J. M. Sobre la normativa de exigências mínimas para la construction de viviendas, en los países del cono sur de América. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 1991. p. 10-15.
- BARBOSA, Miriam. J. **Avaliação por desempenho de aberturas em edifícios.** Florianópolis: UFSC, 1993a. p.3 -12. mimeo.
- \_\_\_\_\_. **Problemas físico-ambientais da cidade de Londrina.** Londrina : UEL, 1983. mimeo.

- BARBOSA, M.J.; LAMBERTS, R. **Avaliação térmica de edifícios: subsídios para a normalização brasileira**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção. UFSC, 1993b. 50 p. Relatório Interno. mimeo.
- \_\_\_\_\_. **Avaliação térmica de edifícios: subsídios para a normalização brasileira**. In: ENTAC 93 avanços em tecnologia e gestão de edificações. São Paulo: ANTAC, 1993c p. 955-956.
- BARDOU, P.; ARZOUMANIAN, V. **Sol y arquitectura**. 3. ed. Barcelona: Gilli, 1984. 171p.
- BECKER, M. F. M. Análise de desempenho térmico de uma habitação unifamiliar térrea In: ENTAC 93 avanços em tecnologia e gestão de edificações. São Paulo: ANTAC, 1993 p. 825-834.
- BRAGUETO, C. R. A inserção da micro região geográfica de Londrina na divisão territorial do trabalho. São Paulo 1996. FFLCH USP Dissertação (mestrado em Geografia)- Universidade São Paulo, 1996.
- BUSCH, J. F. A tale of two populations: thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand. Energy Analysis Program, Applied Science Division, Lawrence Laboratory, CA 94720 (USA), **Energy and Buildings**, v.18, p. 235-249, 1992.
- CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. **Energy efficiency standards for residential and nonresidential buildings**. Sacramento: [s.n.], 1992. 161 p.
- CARVALHO, Licínio Cantarino de. **Verificação das exigências do regulamento das características do comportamento térmico dos edifícios pelo método da compensação: folhas de cálculos, tabelas**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1991. 35 p. (Informação Técnica Edifícios, ITE 30).
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT. **Solutions Techniques pour le respect du règlement thermique en maison individuelle: le respect de ces solutions vaut respect du règlement du 5 avril 1988**. [Paris: s:n., 1988?].

- CORRÊA, Antônio Rezende. **Características climáticas de Londrina**. 2.ed. Londrina : IAPAR, 1982- (circular , n. 5)
- DEAR, Richard J. ; FOUNTAIN, Marc E. Field experiments on occupants comfort and office thermal environments in a hot-humid climate . **ASHRAE transactions**, Atlanta, v.100, n. 2, p. 457 - 475, 1994
- DERINGER, J. J.; BUSCH J. F. **Buildings Energy Conservation Project**. Berkeley: Lawrence Berkeley Laboratory, 1992. V. 1, cap. 7: e 8.
- ESPAÑA. Ministério de Obras Públicas y Urbanismo. **NBE-CT-79: condiciones térmicas en los edificios**. Madrid: [s.n.], 1979. 77 p.
- EVANS, J. M. Acondicionamiento térmico de edificios, análisis de las normas IRAN de Argentina. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 1991a. p. 3-5.
- EVANS, John Martin. Analisis de las normas IRAM de habitabilidad: normas IRAM 11.604, 11.605 y 11.625. In: REUNIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGADORES: "Normativas sobre Habitabilidad, Uso Racional de la Energia, y Energias no Convencionales en la Arquitectura y el Urbanismo" [1?],1991,Tucuman. **Anais...** Buenos Aires: IRAN, 1991b.
- FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. New York : McGraw-Hill, 1972. 244p.
- FERRARO, R.; GODOV, R.; TURRENT, D. **Monitoring solar heating systems: a practical handbook**. Oxford: Pergamon Press,1983. 244p.
- FITCH, J. M. **American building: the environmental forces that shape it**. 2 ed. New York, Shoken Books, 1972. 349p. v. 2.
- FRANÇA. Arrêté du 13 avril 1988. Relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage de bureaux ou de commerce. **Journal Officiel de la République Française**, Paris, 15 abril 1988b.

- FRANÇA. Arrêté du 13 avril 1988. Relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage industriel. **Journal Officiel de la République Française**, Paris, 15 avril 1988a.
- FRANÇA. Arrêté du 30 décembre 1988. Relatif à l'attribution pour les batiments d'habitation d'un label haute performance énergétique et d'un label solaire. **Journal Officiel de la République Française**, Paris, 22 jan. 1989 et du 9 mars 1991.
- FRANÇA. Décret n° 88.319, du 5 avril 1988. Portant modification des articles R. 111-6 e R. 111-7 du code de la construction et de l'habitations relatifs aux équipements et aux caractéristiques thermiques des bâtiments d' habitation. **Journal Officiel de la République Française**, Paris, 6 avril 1988d.
- FRANÇA.CSTB. Solutions techniques pour le respect du règlement thermique en maison individuelle: Le respect de ces solutions vaut respect du reglement du 5 avril 1988. M.E.L.A.T.T. **Journal Officiel de la République Française**, Paris, 8 avril 1988c.
- FREITAS, C. O. de A. Banco de dados meteorológicos horários do Estado do Paraná. ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. **Anais ... Florianópolis: UFSC**, 1991. p. 260-265.
- FROTA, A. B. **Conforto termo-higrométrico, homem e ambiente** . São Paulo: FAUUSP, 69 p. mimeo 1979.
- GIVONI, B. **Man climate and architecture**. 2 ed. London: Applied Science, 1976 . 483 p.
- GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992.
- GODOY, H. Influência da temperatura do solo sobre a germinação e a emergência de sementes de algodão. in: 4º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Londrina: IAPAR / EMBRAPA, 1985 p 54-56.

- GONZALEZ, E. et al. **Proyecto clima y arquitectura**. México: G.Gili, 1986. v. 1
- GOULART, S. ; LAMBERTS, R. Metodologias de tratamento de dados climáticos para análises térmicas em edificações. in: ENTAC 93 Avanços em tecnologia e gestão de edificações. São Paulo:ANTAC, 1993a p 941-950.
- GOULART, S.V.G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmicos de edificações em Florianópolis**. Florianópolis, UFSC, 1993. 110 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, 1993b.
- GOULART, S.; BARBOSA, M. J.; PIETROBON, C. E.; BOGO, A.; PITTA, T. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1994. Relatório interno - 02 / 94 NPCC mimeo
- HUMPHREYS, M. A. **Field Studies of thermal comfort compared and applied**. Erith: Her Magesty's Stationery Office, [1974].
- INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES. Département Génie Civil et Urbanisme Equipement de l'habitat. **Documents techniques unifiés**, [Paris], 1990. 207 p.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES **Norma IRAM 11.603**: acondicionamiento térmico de edificios: clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires, 1981. 47 p.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. **Esquema 2 de norma IRAM 11.625**: acondicionamiento térmico de edificios: verificación del riesgo de condensación de vapor de água, superficial e intersticial em muros y techos de edificios. Buenos Aires, 1990a. Documento em estudo.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. **Norma IRAM 11.605** : acondicionamiento térmico de edificios. condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de transmitância térmica K. Buenos Aires, 1980. 50p.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. **Norma IRAM 11.604**: acondicionamiento térmico de edificios ahorro de energia en calefacción. Coeficientes volumétricos G de pérdidas de calor. Buenos Aires, 1990b.

55p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO (IPT). Divisão de Edificação. **Conforto higrotérmico: avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares.** São Paulo, 1981. Trabalho desenvolvido para o BNH. (apostila mimeografada)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Moderate thermal environments - Determination of PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort,** 1984. (ISO 7730 - 1984)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities.** 1985. (ISO 7726 - 1985)

IZARD, J. L.; GUYOT, A. **Arquitetura bioclimática.** Barcelona, Gustavo Gilli, 1983. 191 p.

JAMAICA BUREAU OF STANDARDS. **Energy efficiency building code (EEBC - 92): Requirements.** Kingston, 1992. 47p. (Jamaica National Building Code, v.2).

JANDA, Kathryn B.; BUSCH, John F. **Worldwide status of energy standards for buildings.** Resumo de trabalho, Anais ACEEE 1992. Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. Berkeley 1992. V.6. pag. 103 a 105.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales.** Paraninfo, 323 p. Madrid, 1977.

KRÜGER, M.J.T. Teorias e analogias em arquitetura. São Paulo, **Projeto**, 1986, 60 p.

LAMBERTS, Roberto. **Algoritmo simplificado de cálculo de ventilação por efeito do vento.** Notas de aula - NPC, Departamento de Engenharia Civil. CTC-UFSC Florianópolis, 1990.

\_\_\_\_\_. **Desempenho térmico de edificações : definições, símbolos e unidades.** Florianópolis : UFSC, [1996a] . mimeo.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações : cálculo da transmitância**

- térmica e da resistência térmica de elementos e componentes. Florianópolis : UFSC, [1996b] . mimeo.
- LAMBERTS, Roberto.; LOMARDO, L.; AGUIAR, J. C.; THOMÉ, M. **Eficiência energética em edificações: estado da arte**. Rio de Janeiro: PROCEL, 1996c.
- LIM, B. B. P. Energy conservation in buildings and the indoor environment A Review. **Architectural Science Review**, v. 26, n. 1, p. 6-12, 1983.
- MACHADO, Cassiandra. **Normas para elaboração de dissertações e teses**. Florianópolis: UFSC, 1995.
- MASCARÓ, L.E. R. **Luz, clima e arquitetura**. 3. ed. São Paulo, Nobel, 1983. 189 p.
- MENDES, Judas Tadeu Grassi (coord.). **Londrina: diagnóstico e caminhos**. Curitiba: Intelectus, 1993
- MILL, P.A.D. **Technical quality control and transdisciplinary testing requirements of total building performance in Canadá. in the 10<sup>th</sup> trienal congress...** CIB, Washington DC, Proceedings...pp. 3286-3296.
- OLESEN, B.W. **Normas Para Projetos e Avaliação do Ambiente Térmico Interno**. ASHRAE journal. Atlanta, 1993 p. 20-25.
- OLGYAY, V. **Clima y Arquitectura en Colombia**. Universidad del Valle. Facultad de Arquitectura. Cali, Colombia, 1968.
- OLGYAY, V. **Design with Climate**. Princeton University Press, New Jersey, 1963.
- PEUPORTIER, B.; SOMMEREUX, I. B. **Comfie passive solar design tool for multizone buildings - User's Manual** Centre d'Énergétique, Ecole des Mines de Paris Version 2.0 jan. 1992.
- PIETROBON, C.E. **Um Processo Sistemático para o Projeto Arquitetônico Bioclimático: O caso de Maringá-PR**. Dissertação de Mestrado da Escola de Eng. de São Carlos-USP, 1990
- PORTUGAL. Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de fevereiro de 1990. **Regulamento das**

- características de comportamento térmico dos edifícios.** Publicado pelo Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, no órgão oficial de divulgação de Portugal.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural.** 2. ed. Porto Alegre: D.C Luzzato, 1986.
- RORIZ, M.; BASSO, A. Comparação entre dez critérios para a definição da zona de conforto térmico. ENCONTRO DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1991. p. 145-149.
- SATTLER, M. A. A avaliação de desempenho térmico de edificações pela CIENTEC. ENCONTRO DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ANERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1991a. p. 145-149.
- SATTLER, M.A. Thedes - um programa de computador para simulação de desempenho térmico de edificações. ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 1991b. p. 151-156.
- SEMINAIRE D'INFORMATION ET DE SENSIBILISATION DES ARCHITECTES AU REGLEMENT THERMIQUE DE 1989. [Paris]; M.E.L.A.T.T., mar. 1988. Cópias das transparências apresentadas no seminário.
- SILVA, A.C.S.B. Zoneamento bioclimático brasileiro para fins de edificação. Porto Alegre, URGs, 1994. 95 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- STRAATEN, J. F. van **Thermal performance of buildings.** Amsterdam London New York, Elsevier Publishing Company, 1967.
- SZOKOLAY, S. V. **Thermal design of buildings.** Austrália, RAI A Education Division 2a Mugga Way Red Hill ACT 2603, 1987.

- SZOKOLAY, Steven V. Climate analysis based on the psychrometric chart. **International Journal of Ambient Energy**, v.7,n.4, p. 171 - 182, Oct. 1986
- SZOKOLAY, Steven V. **The CPZ (Control Potencial Zone) method and its use to develop climate zones** Queensland: University of Queensland, Harari Africa ISES - 1995. (documento mimeografado)
- THOMAZ, Ércio Sistemas construtivos para habitações de interesse social: Proposta de avaliação e classificação pela relação custo/benefício, III SIMPÓSIO ÍBERO AMERICANO SOBRE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS INDUSTRIALIZADAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 3., 1993, São Paulo.
- TROPMAIR, H. **Metodologias simples para pesquisar o meio ambiente**. Rio Claro, Graff Set, 1988.
- TURIK, N. Exigências de desempenho higrotérmico da envolvente de habitações populares térreas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1, 1990, Gramado. **Anais...** Gramado : ANTAC, 1990, p. 109-114.
- VILLAS BOAS, M. - **Índices de conforto térmico**. Brasília: CAPES, 1984. p.5-8. Curso de especialização, por tutoria a distância: Controle do ambiente em Arquitetura. Módulo 7 Brasília, CAPES. pp. 5-8. (mimeo).
- WATSON, D. **Energy conservation through building design**. McGraw Hill: Nova York, 1979 p. 96-113.
- WATSON, D.; LABS, K. **Climatic Design: Energy-efficient Building Principles and Practices** . New York: McGraw-Hill, 280 p.

## 8. GLOSSÁRIO

( $\alpha$ ) - Coeficiente de absorção de radiação solar

**ABRAVA** - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

**ABRAVA/IBF** - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento/ Instituto Brasileiro do Frio

**ACTERM** - Programa de simulação térmica e energética de edificações desenvolvido na UFRGS

**ANSI / ASHRAE 55 - 81** - American National Standards Institute / American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers Norma número 55 de 1981

**ANTAC** - Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído

**ARQUITROP** - Programa de simulação térmica e energética de edificações desenvolvido na EESC/USP (Roriz e Basso, 1988)

**AVALIAÇÃO POR DESEMPENHO** - Conforme a norma ASHRAE/IES 90.1-1989, o Sistema Critérios de Desempenho é usado quando muitas inovações de projeto ou flexibilidade são desejadas. Neste trabalho o termo Avaliação por desempenho será entendido como a avaliação que é feita verificando-se o cumprimento de limites estabelecidos para as características térmicas do ambiente. Ex.: temperaturas do ar no interior, quantidades de horas de desconforto no interior, etc.

**AVALIAÇÃO POR PRESCRIÇÃO** - Conforme a norma ASHRAE/IES 90.1-1989 os Critérios Prescritivos devem ser usados quando uma quantidade mínima de esforço para determinação da conformidade é desejado. Neste trabalho será entendido como a avaliação que é feita verificando-se o cumprimento dos limites estabelecidos para as características térmicas ou físicas dos elementos construtivos. Ex.: transmitância e massa de paredes e coberturas, cor de paredes e de coberturas, dimensões das aberturas etc.

**BBC** - Building Bioclimatic Chart

**BENEFÍCIOS TÉRMICOS MÍNIMOS VIÁVEIS** - são os benefícios implantados na casa COHAB padrão, para reduzir o máximo possível o número de horas de desconforto com um mínimo de investimento.

**BIN** - Método desenvolvido pela ASHRAE para cálculo de consumo de energia que agrupa as temperaturas em intervalos BIN (temperaturas bin)

**BLAST** - Programa de simulação térmica e energética de edificações desenvolvido nos USA

**BRIS** - Programa de computador para cálculo de cargas térmicas e de refrigeração em edificações desenvolvido na Suécia

**BYVOK** - Programa de computador para cálculo de cargas térmicas e de refrigeração em edificações

**CASA COHAB PADRÃO** - é a tipologia construtiva mais construída pelas COHABs que responderam à pesquisa detalhada no item 3.2. A casa COHAB padrão está descrita na Tabela 3.1. Foi adotada neste trabalho como referencial cultural conhecido

**CIENTEC** - Instituição de direito privado vinculada à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do RS

- clo** - unidade usada para expressar o isolamento térmico proporcionado pelas peças e conjunto de vestimentas, onde  $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$  (ANSI/ASHRAE 55 - 92)
- COBRA** - Programa de simulação térmica e energética de edificações desenvolvido na UFRGS
- COHAB** - Companhia de Habitação
- COMFIE** - Calcul d'Ouvrages Multizones Fixé à une interface Expert, desenvolvido pelo Centro de Energia da Escola de Minas de Paris
- CPZ** - Control Potential Zone
- CSTB** - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
- DOE** - Department of Energy (USA)
- ECI** - Índice de Conforto Equatorial
- EESC** - Escola de Engenharia de São Carlos
- ENCAC** - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
- ESP** - Programa de simulação térmica e energética de edificações desenvolvido no UK
- ET\*** - Nova Temperatura Efetiva
- FINEP** - Financiadora de Estudos e Projetos
- FONAVI** - Fundo Nacional de Habitação - Uruguai
- GLP** - Gás Liquefeito de Petróleo
- HEAT** - Programa de computador para calculo de cargas térmicas e de refrigeração em edificações desenvolvido na Finlândia.
- HORAS DE DESCONFORTO** - É o total de horas anuais nas quais o valor da temperatura não está dentro do intervalo da zona de conforto considerada, seja no interior de uma edificação ou mesmo para avaliar o clima externo
- IBF** - Instituto Brasileiro do Frio
- IES** - Sociedade de Engenharia de Iluminação
- IPT** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.
- IRAN** - Instituto Argentino de Racionalização de Materiais.
- IRAN 11 603** - Classificação Bioambiental (com base na temperatura efetiva corrigida)
- IRAN 11 604** - Economia de Energia em Calefação: Coeficiente Volumétrico G de Perdas.
- IRAN 11 605** - Condições de Habitabilidade em Habitações: Valores Máximos Admissíveis de Transmitância Térmica K.
- IRAN 11 625** - Verificação do Risco de Condensação de Vapor de Água Superficial e Intersticial em Paredes e Tetos de Edifícios.
- ISO 7726** - International Standard Organization
- ISO 7730** - International Standard Organization
- ITS** - Index of Thermal Stress
- Met** - Metabolismo, taxa de energia produzida pelo corpo. Varia com a atividade ( $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W}/\text{m}^2$ )
- MRT** - Medium Radiant Temperature
- NBSLD** - Programa de computador para calculo de cargas térmicas e de refrigeração em edificações originalmente desenvolvido pelo National Bureau of Standard
- PMV** - Voto Médio Estimado
- PPD** - Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas
- R** - Resistência térmica global de um componente, de superfície à superfície do mesmo ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ )
- S.I.** - Sistema Internacional
- SET** - Standard Effective Temperature

**SET\*** - Nova Temperatura Efetiva Padrão

**SRY** - Short Reference Year

**TBS** - Temperatura de Bulbo Seco

**TBU** - Temperatura de Bulbo Úmido

**THEDES** - Programa de computador para simulação do comportamento térmico de edificações desenvolvido no UK

**TRNSYS** - Programa de simulação térmica e energética de edificações desenvolvido na Universidade de Wisconsin

**TRY** - Test Reference Year ou Ano Climático de Referência

**U** - Coeficiente Global de transmissão de Calor de ambiente para ambiente (transmitância) ( $W/m^2k$ )

**UFSC** - Universidade Federal de Santa Catarina

**UK** - United Kingdom