

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

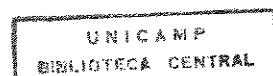
**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO
DE UMA RESIDÊNCIA NA REGIÃO
CENTRAL DE CAMPINAS.**

ODAIR DE MORAES

Engenheiro Civil

Campinas, Fevereiro de 1999

S.P. - Brasil



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO
DE UMA RESIDÊNCIA NA REGIÃO
CENTRAL DE CAMPINAS.**

ODAIR DE MORAES

Orientadora: Prof. Dra. LUCILA CHEBEL LABAKI

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade
Estadual de Campinas, como requisito parcial à
obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil,
Área de Concentração Recursos Hídrico e
Saneamento.

Campinas, Fevereiro de 1999.

S.P – Brasil

Atesto que este é o versão definitiva da dissertação.	
Prof. Dra. _____	29/06/99
Matrícula: _____	Labaki
	148059

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	TI/UNICAMP
V.	Ex.
TOMBO BC	38984
PROC.	229/99
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	09/10/99
N.º CPD	

CM-00126431-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

M791a Moraes, Odair de
Avaliação do desempenho térmico de uma residência
na região central de Campinas. / Odair de Moraes.--
Campinas, SP: [s.n.], 1999.

Orientadora: Lucila Chebel Labaki
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Conforto térmico - Avaliação. 2. Simulação
(Computadores). I. Labaki, Lucila Chebel. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA RESIDÊNCIA, NA
REGIÃO CENTRAL DE CAMPINAS.**

ODAIR DE MORAES

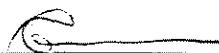
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki
Presidente e Orientador
Instituição - Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dra. Doris C. C. K. Kowaltowski
Instituição - Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dra. Rosana M. Caram de Assis
Instituição - Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Campinas, Fevereiro de 1999

Dedico carinhosamente:

A minha esposa Vânia,

a minha filha Liz

e as memórias

de minha mãe Maria Luisa

e meu irmão Cleso.

**Agradeço ao PAI CELESTIAL e a todos aqueles que direta ou indiretamente
colaboraram para a realização do presente.**

E em especial à Prof. Lucila .

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 - Objetivos	
2.1. Objetivos Gerais.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
Capítulo 3 - Revisão Bibliográfica.	
3.1. Fatores Climáticos.....	4
3.1.1. Radiação Solar.....	5

3.1.2. Temperatura do Ar.....	7
3.1.3. Vento.....	7
3.1.4. Umidade Atmosférica.....	8
3.1.5. Precipitações.....	8
3.2. Parâmetros de Conforto Térmico.	
3.2.1. Termo-Regulação.....	9
3.2.2. Trocas de Calor entre o Homem e o meio Ambiente.....	10
3.2.3. Fatores que Determinam as Condições de Conforto	
3.2.3.1. Fatores Ambientais.....	11
3.2.3.2. Fatores Individuais.....	11
3.2.4. Índices de Conforto Térmico.....	12
3.2.4.1. Temperatura Efetiva.....	12
3.2.4.2. Carta Bioclimática de Olgyay.....	14
3.2.4.3. Voto Médio Estimado – Método de Fanger.....	14
3.3. Trocas de calor numa edificação com o Ambiente Externo	
3.3.1. Transmissão de Calor por Condução.....	17
3.3.2. Transmissão de Calor por Convecção.....	21
3.3.3. Transmissão de Calor por Radiação.....	22
4.4. Transmissão de Calor entre Dois Fluido separado por uma parede.....	24
3.5. Capacidade Térmica e Calor Específico.	27
3.5.1. Câmara de Ar.....	28
3.5.2 Inércia Térmica dos Materiais.....	29
3.6. Efeitos da Radiação Solar.....	33

3.6.1. Transmissão do Calor de Radiação através de uma parede opaca.....	33
3.6.2. Transmissão de Calor da Radiação Solar através de uma superfície transparente.....	36
3.7. Ventilação	38
3.7.1. Quantidade de Ar Necessária a Ventilação.....	38
3.7.2. Ventilação Natural.....	40
3.7.2.1. Ventilação por ação dos Ventos.....	41
3.7.2.2 Ventilação por Efeito Chaminé.....	42
3.8. Fontes internas de Calor numa Edificação.....	43
3.9. Avaliação do Desempenho Térmico de uma Edificação através de Métodos Experimentais.....	45
3.9.1. Método de Mahoney.....	46
3.9.2. Método do C.S.T.B. – Centre Scientifique et Technique du Batiment Paris	47
3.9.2.1. Conforto Térmico de Inverno.....	47
3.9.2.2. Conforto Térmico de Verão.....	50
3.10. Avaliação do Desempenho Térmico por Programas de Simulação Computacional.....	53

Capítulo 4 - Metodologia

4.1. Objeto de Estudo.....	56
4.1.1. Descrição dos Materiais Componente da Edificação....	60
4.2. Dados Climáticos da Região de Campinas (1987 a 1998)....	60
4.3. Recomendações para Projetos Arquitetônicos.....	61

4.4. Parte Experimental	
4.4.1. Parâmetros Medidos.....	61
4.4.2. Localização dos Equipamentos.....	62
4.4.3. Períodos e Intervalos de Medição.....	62
4.5. Análise Experimental do Conforto Térmico do Ambiente Analisado.....	63
4.6. Avaliação do Conforto Térmico pelo Método do CSTB – Centre Scientifique et Technique du Batiment Paris	63
4.7. Simulação Computacional	64

Capítulo 5 - RESULTADOS

5.1. Dados Climáticos.....	65
5.2. Recomendações	
5.2.1. Aplicação do Método de Mahoney.....	68
5.2.2. Recomendações para projetos na região de Campinas.	72
5.2.3. Análise da residência em estudo à luz do Método de Mahoney.....	73
5.3. Resultados da Avaliação Experimental	
5.3.1. Medições dos Parâmetros Ambientais.....	74
5.3.2. Avaliação do Conforto Térmico: Cálculo do Voto Médio Estimado – Método de Fanger	84
5.3.2.1. Período de Inverno (1997)	85
5.3.2.2. Período de Verão (1998)	88
5.3.2.3. Período de Inverno (1998)	90
5.3.3. Conclusão da Aplicação do Método de Fanger	93
5.4. Avaliação do Conforto Térmico pelo Método do CSTB – Centre Scientifique et Technique du Batiment Paris.....	94
5.4.1. Dados da edificação – Materiais e componentes da	

residência avaliada	95
5.4.2. Cálculo do Coeficiente Global de transmissão térmica	96
5.4.3. Ganhos de calor solar – período de inverno	97
5.4.4. Perda de calor devida a diferença de temperatura interna e externa	101
5.4.5. Perda de calor devido a ventilação	102
5.4.6. Ganhos de calor devido a ocupação do ambiente	102
5.4.7. Balanço Térmico – Ganhos e perdas	102
5.4.8. Cálculo da temperatura externa – período de inverno ..	105
5.4.9. Cálculo da temperatura interna – período de inverno ..	106
5.4.10. Cálculo da Temperatura Efetiva TE através de Nomograma	114
5.4.10.1 Resumo do conforto térmico da edificação através do Método do CSTB (inverno)	116
5.4.11. Ganhos de calor solar – período de verão	118
5.4.12. Perda de calor devida a diferença de temperatura interna e externa	122
5.4.13. Perdas de calor devido a ventilação	123
5.4.14. Ganhos de calor devido a ocupação do ambiente	123
5.4.15. Balanço Térmico – Ganhos e perdas	124
5.4.16. Avaliação da inércia – Peso da parede	127
5.4.17. Cálculo da temperatura interna e da Temperatura Efetiva através de Nomograma – período de verão ...	129
5.4.17.1. Resumo do conforto térmico da edificação através do Método do CSTB (verão)	133
5.5. Simulação Computacional – ARQUITROP	135
5.5.1. Utilização do Programa de Simulação ARQUITROP..	135
5.5.2. Aplicação do programa de simulação ARQUITROP no Pavimento Inferior da Residência R 1.....	138
5.5.3. Aplicação do programa de simulação ARQUITROP no Pavimento Inferior da Residência R 2.....	142

5.5.4. Aplicação do programa de simulação ARQUITROP no Pavimento Inferior da Residência R.....	146
5.5.5. Análise dos Resultados do programa de simulação ARQUITROP nas residências R 1, R 2,e R.....	150
5.5.6. Aplicação do programa de simulação ARQUITROP no Pavimento Superior da Residência R	153
5.5.7. Aplicação do programa ARQUITROP - Pavimento Superior da Residência R – Hipótese I.....	154
5.5.8. Aplicação do programa ARQUITROP - Pavimento Superior da Residência R – Hipótese II.....	159
5.5.9. Aplicação do programa ARQUITROP - Pavimento Superior da Residência R – Hipótese III.....	163
5.5.10. Aplicação do programa ARQUITROP - Pavimento Inferior da Residência R, considerando que as Dimensões do pavimento Inferior e Superior são Iguais – Hipótese IV.....	167
5.5.11. Análise dos resultados do programa de simulação ARQUITROP no Pavimento Superior da residência R considerando as Hipótese I, II, III e IV.....	171
5.5.12 Aplicação do programa de simulação ARQUITROP no Pavimento Inferior da residência R, considerando como Dia típico 23 de Fevereiro.....	174
5.5.13 Aplicação do programa de simulação ARQUITROP no Pavimento Superior da Residência R, considerando como Dia típico 23 de Fevereiro.....	178

Capítulo 6 - Discussão

6.1. Dados Experimentais

6.1.1. Comparação entre a Temperatura Externa da residência e a Temperatura Interna do Pavimento Inferior e

Superior da residência – período de inverno.....	182
6.1.2. Comparação entre a Temperatura Externa da residência e a Temperatura Interna do Pavimento Inferior e Superior da residência – período de verão.....	185
6.1.3. Comparação entre a Temperatura Interna medida e a Temperatura Interna calculada pelo Método do CSTB do Pavimento Inferior e Superior da residência no período de inverno.....	187
6.1.4. Comparação entre a Temperatura Interna medida e a Temperatura Interna calculada pelo Método do CSTB do Pavimento Inferior e Superior da residência no período de verão	190
6.2. Dados da Simulação	
6.2.1. Comparação entre a Temperatura Interna medida, a calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo Programa de Simulação ARQUITROP dos pavimentos inferior e superior da residência.....	193
6.2.2. Comparação entre o Conforto Térmico dos ambientes, obtidos através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do Programa de Simulação ARQUITROP.....	197
6.2.2.1. Período de Inverno.....	197
6.2.2.2. Período de Verão.....	200
6.3. Os Pros e Contra do Método do CSTB e do Programa de Simulação ARQUITROP.....	202
6.3.1. Método do CSTB.....	202
6.3.2. Programa de Simulação ARQUITROP.....	203
Capítulo 7 - Conclusões.....	205
Referências Bibliográficas	207
Bibliografia Recomendada	212

LISTA DE FIGURAS

1	Nomograma da Temperatura Efetiva.....	13
2	Carta Bioclimática.....	14
3	Relação entre o Voto Estimado e a Porcentagem de Insatisfeitos...	16
4	Representação de uma parede de três camadas.....	20
5	Troca de calor em superfícies horizontais.....	22
6	Representação de uma parede que divide dois ambientes com temperaturas diferentes.....	25
7	Fluxo Térmico através de duas lâminas paralelas separadas por uma camada de ar.....	28
8	Diagrama das Variações diárias das temperatura externas e interna segundo um regime periódico.....	30
9	Trocas de calor através de superfícies opacas.....	34
10	Trocas de calor através de superfícies transparentes.....	36
11	Foto da residência cujo desempenho térmico foi avaliado.....	57
12	Esquema sem escala da residência avaliada.....	58
13	Esquema sem escala da localização da residência.....	59
14	Foto da rua onde se localiza a residência avaliada.....	59
15	Esquema sem escala da área coberta da residência avaliada.....	137
16	Divisão da residência em diversas partes para aplicação do programa de simulação ARQUITROP.....	137
17	Esquema sem escala do pavimento superior da residência avaliada	154
18	Comparação entre a temperatura externa e interna do pavimento inferior da residência – Período de Inverno.....	183

19	Comparação entre a temperatura externa e interna do pavimento superior da residência – Período de Inverno.....	183
20	Comparação entre a temperatura externa e interna do pavimento inferior da residência – Período de Verão.....	185
21	Comparação entre a temperatura externa e interna do pavimento superior da residência – Período de Verão.....	186
22A	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB do dormitório do pavimento inferior – período de inverno.....	187
22B	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB da sala de estar do pavimento inferior – período de inverno.....	188
23A	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB do dormitório social do pavimento superior período de inverno.....	189
23B	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB do dormitório suite do pavimento superior período de inverno.....	189
24A	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB do dormitório do pavimento inferior- período de verão.....	190
24B	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB da sala de estar do pavimento inferior- período de verão.....	191
25A	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB do dormitório social do pavimento superior- período de verão.....	192
25B	Comparação da temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo método do CSTB do dormitório suite do pavimento superior - período de verão.....	192
26A	Comparação da temperatura de bulbo seco medida, a calculada	

	pelo método do CSTB e a fornecida pelo programa ARQUITROP pavimento inferior- período de inverno.....	194
26B	Comparação da temperatura de bulbo seco medida, a calculada pelo método do CSTB e a fornecida pelo programa ARQUITROP pavimento superior- período de inverno.....	194
27A	Comparação da temperatura de bulbo seco medida, a calculada pelo método do CSTB e a fornecida pelo programa ARQUITROP pavimento inferior- período de verão.....	196
27B	Comparação da temperatura de bulbo seco medida, a calculada pelo método do CSTB e a fornecida pelo programa ARQUITROP pavimento superior- período de verão.....	196

LISTA DE QUADROS

1	Características Térmicas de alguns materiais.....	18
2	Inércia Térmica – Coeficiente de apreciação da inércia térmica de uma parede.....	31
3	Valores do Coeficiente de absorção e da Emissividade para vários tipos de superfícies.....	35
4	Quantidade de Ar necessária a ventilação de locais onde a contaminação é produzida unicamente pelas pessoas.....	39
5	Valores recomendados para o Índice de Renovação do Ar em função do tipo de ambiente a ventilar.....	40
6	Dados climáticos da Região de Campinas – 1983 a 1997.....	66
7	Umidade relativa do ar – leituras matutinas e vespertina.....	67
8	Temperatura externa da residência – Dia 22-07-97.....	75
9	Temperatura interna do dormitório do pavimento inferior da residência – Dia 22-07-97.....	76
10	Temperatura interna da sala de estar do pavimento inferior da residência – Dia 22-07-97.....	76
11	Temperatura interna do dormitório social do pavimento superior da residência – Dia 22-07-97.....	77
12	Temperatura interna da sala de estar do pavimento superior da residência – Dia 22-07-97.....	77
13	Temperatura interna do dormitório suite do pavimento superior da residência – Dia 22-07-97.....	78
14	Temperatura externa da residência – Dia 23-02-98	78

15	Temperatura interna da sala de estar do pavimento inferior da residência – Dia 23-02-98.....	79
16	Temperatura interna do dormitório do pavimento inferior da residência – Dia 23-02-98.....	79
17	Temperatura interna do dormitório social do pavimento superior da residência – Dia 23-02-98.....	80
18	Temperatura interna da sala de estar do pavimento superior da residência – Dia 23-02-98.....	80
19	Temperatura interna do dormitório suite do pavimento superior da residência – Dia. 23-02-98.....	81
20	Temperatura interna da sala de estar do pavimento inferior da residência – Dia 10-07-98.....	81
21	Temperatura interna do dormitório do pavimento inferior da residência – Dia. 10-07-98.....	82
22	Temperatura interna do dormitório social do pavimento superior da residência – Dia. 10-07-98.....	82
23	Temperatura interna do dormitório social do pavimento superior da residência – Dia. 10-07-98.....	83
24	Temperatura interna da sala de estar do pavimento superior da residência – Dia. 10-07-98.....	83
25	Temperatura interna do dormitório suite do pavimento superior da residência – Dia. 10-07-98	84
26	Fator Multiplicador para o momento $h - B(h)$	105
27	Cálculo da Temperatura Externa – Período de Inverno.....	106
28	Dados Climáticos da cidade de São Paulo.....	108
29	Comparação da temperatura interna medida “in loco”, a temperatura interna calculada através da adaptação feita ao Método do CSTB e a temperatura interna calculada como prescreve o Método do CSTB.....	113
30	Cálculo da temperatura externa – Período de Verão	130
31	Análise do clima da Região de Campinas fornecido pelo programa de	

	simulação ARQUITROP.....	136
32	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento inferior da Residência R 1 – Dia analisado 22 de Julho.....	138
33	Característica das vedações externas - pavimento inferior da residência R 1 – Dia analisado 22 de Julho.....	139
34	Variação horária da temperatura – pavimento inferior da residência R 1 – Dia analisado 22 de Julho.....	140
35	Valores estimado da radiação – Dia analisado 22 de Julho.....	141
36	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental do pavimento inferior da residência R 1 – Dia analisado 22 de julho.....	141
37	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento inferior da Residência R 2 – Dia analisado 22 de Julho.....	142
38	Característica das vedações externas - pavimento inferior da residência R 2 – Dia analisado 22 de Julho.....	143
39	Variação horária da temperatura – pavimento inferior da residência R 2 – Dia analisado 22 de Julho.....	144
40	Valores estimado da radiação – Dia analisado 22 de Julho.....	145
41	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental do pavimento inferior da residência R 2 – Dia analisado 22 de julho.....	145
42	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento inferior da Residência R – Dia analisado 22 de Julho.....	146
43	Característica das vedações externas - pavimento inferior da residência R – Dia analisado 22 de Julho.....	147
44	Variação horária da temperatura – pavimento inferior da residência R – Dia analisado 22 de Julho.....	148
45	Valores estimado da radiação – Dia analisado 22 de Julho.....	149
46	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental do pavimento inferior da residência R – Dia analisado 22 de julho.....	149
47	Comparação da carga térmica, volume e da taxa de ganho térmico dos ambientes R 1, R 2 e R.....	150
48	Variação horária da temperatura dos ambiente R 1, R 2 e R.....	151

49	Consumo mensal de energia para manter a temperatura no ambiente entre 21,6 a 25,1 °C.....	151
50	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento superior da Residência R – Hipótese I Dia analisado 22 de Julho.....	155
51	Característica das vedações externas - pavimento superior da residência R – Hipótese I Dia analisado 22 de Julho.....	156
52	Variação horária da temperatura do pavimento superior da residência R – Dia analisado 22 de Julho.....	157
53	Valores estimado da radiação – Dia analisado 22 de Julho.....	158
54	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental do pavimento superior da residência R 2 – Hipótese I - Dia 22 de julho....	158
55	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento superior da Residência R – Hipótese II - Dia analisado 22 de Julho.....	159
56	Característica das vedações externas - pavimento superior da residência R – Hipótese II - Dia analisado 22 de Julho.....	160
57	Variação horária da temperatura – pavimento superior da residência R – Hipótese II - Dia analisado 22 de Julho.....	161
58	Valores estimado da radiação – Dia analisado 22 de Julho.....	162
59	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental do pavimento superior da residência R – Hipótese II - Dia 22 de julho.....	162
60	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento superior da Residência R – Hipótese III - Dia analisado 22 de Julho....	163
61	Característica das vedações externas - pavimento superior da residência R – Hipótese III - Dia analisado 22 de Julho.....	164
62	Variação horária da temperatura – pavimento superior da residência R – Hipótese III - Dia analisado 22 de Julho.....	165
63	Valores estimado da radiação – Dia analisado 22 de Julho.....	166
64	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental – pavimento superior da residência R – Hipótese III - Dia 22 de julho....	166
65	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento inferior da Residência R – Hipótese IV - Dia analisado 22 de Julho.....	167

66	Característica das vedações externas - pavimento inferior da residência R – Hipótese IV - Dia analisado 22 de Julho.....	168
67	Variação horária da temperatura – pavimento inferior da residência R – Hipótese IV - Dia analisado 22 de Julho.....	169
68	Valores estimado da radiação – Dia analisado 22 de Julho.....	170
69	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental do pavimento inferior da residência R – Hipótese IV- Dia 22 de julho.....	170
70	Volume, carga térmica, taxa de ganhos térmicos e consumo de energia da residência R considerando as hipótese : I, II, III e IV.....	172
71	Variação horária da temperatura interna da residência R, com as hipótese : I, II, III e IV.....	173
72	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento inferior da Residência R – Dia analisado 23 de fevereiro.....	174
73	Característica das vedações externas - pavimento inferior da residência R – Dia analisado 23 de Fevereiro.....	175
74	Variação horária da temperatura – pavimento inferior da residência R – Dia analisado 23 de Fevereiro.....	176
75	Valores estimado da radiação – Dia analisado 23 Fevereiro.....	177
76	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental do pavimento inferior da residência R – Dia analisado 23 de Fevereiro....	177
77	Características do projeto fornecido pelo ARQUITROP do pavimento superior da Residência R – Dia analisado 23 de Fevereiro.....	178
78	Característica das vedações externas - pavimento superior da residência R – Dia analisado 23 de Fevereiro.....	179
79	Variação horária da temperatura – pavimento superior da residência R – Dia analisado 23 de Fevereiro.....	180
80	Valores estimado da radiação – Dia analisado 23 Fevereiro.....	181
81	Consumo mensal de Energia para Condicionamento Ambiental – pavimento superior da residência R – Dia analisado 23 de Fevereiro...	181
82	Conforto Térmico do pavimento inferior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação	

	ARQUITROP – Período de Inverno – Dia 22 de Julho..	198
83	Conforto Térmico do pavimento superior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP – Período de Inverno – Dia 22 de Julho.....	199
84	Conforto Térmico do pavimento inferior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP – Período de Verão – Dia 23 de Fevereiro.....	200
85	Conforto Térmico do pavimento superior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP – Período de Verão – Dia 23 de Fevereiro.....	201

LISTA DE TABELAS

Apêndices

Tabela 1	Características Térmicas dos Materiais	215
Tabela 2	Valores da Condutância Térmica Superficiais para paredes exteriores e internas.....	219
Tabela 3	Variação da Condutância superficial externa e Valores de Resistência Térmica dos Espaços de Ar Confinado entre duas Lâminas paralelas.....	220
Tabela 4 a	Valores dos Coeficientes de Absorção e Emissividade.....	221
Tabela 4 b	Valores de Coeficientes de absorção da Radiação Solar específico de pintura.....	221
Tabela 5 a	Fator Solar de vidros.....	222
Tabela 5 b	Fator Solar das proteções das vidraças.....	222
Tabela 6	Taxa metabólica de diferentes atividades.....	223
Tabela 7	Resistência Térmica das Roupas mais usuais.....	224
Tabela 8	Potência Elétrica de Eletrodomésticos.....	225
Tabela 9 A	Radiação Solar de São Paulo - 23° 19'Sul –mês de julho....	226
Tabela 9 B	Radiação Solar de São Paulo - 23° 19'Sul – mês de março.	227

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido sob o ponto de vista de um projetista interessado em avaliar o desempenho térmico de uma edificação e reunir elementos para se tentar melhorar o Conforto Térmico de futuras edificações. Na literatura procurou-se os meios e as ferramentas para tal avaliação. Uma das ferramentas encontradas foram os programas de simulação computacional de avaliação de energia em edificações. Para se ter um parâmetro de comparação, mediu-se “in loco” durante os períodos de inverno e de verão, a temperatura externa e interna de uma edificação de dois pavimentos, edificada em um lote estreito localizado dentro de uma região urbana densamente povoada da cidade de Campinas, SP. Através do Método de Mahoney realizou-se o diagnóstico do clima da Região de Campinas.

ABSTRACT

The present work was developed under the engineer's point of view, who wish to evaluate the thermal performance of a building and to join the several elements to improve thermal comfort in future buildings. A literature research was carried out to find the methods and tool for this evaluation. One of these tools was the Energy Simulation Softwares. To have a comparison parameter, the external and internal temperatures of a two-storey house were measured in situ during winter and summer. The building is located in a narrow lot inside an urban region in the city of Campinas, SP. Through Mahoney's Method it was achieved Campinas climate diagnosis.

1 - INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o Homem vem procurando melhorar o ambiente onde vive, através da utilização, as vezes de maneira incorreta, dos recursos que a natureza colocou ao seu alcance. Aliado ao uso dos recursos da natureza nem sempre feito de maneira adequada, o Homem vem desenvolvendo e aperfeiçoando equipamentos que lhe proporcionem o conforto térmico no ambiente onde vive ou trabalha.

Ao conceber o projeto de uma edificação, o projetista não deve ignorar nem menosprezar o clima da região onde a edificação será implantada. A edificação deve se adaptar às mudanças climáticas (outono, inverno, primavera e verão) que ocorrem no microclima da região onde será construída, com o aproveitamento das condições favoráveis para o condicionamento natural do ambiente interno, obtendo dessa forma uma melhoria substancial do conforto térmico no interior das habitações. No caso da região de Campinas o calor é um fator importante que deve ser analisado com cuidado

As sensações de calor do ser humano dependem não só da temperatura do ambiente, mas também da umidade, do movimento da massa de ar, dos efeitos da radiação das paredes ou outras superfícies, e das características individuais como idade, saúde, sexo, grau de atividade e alimentação.

O desempenho térmico de um projeto ou de uma edificação existente pode ser predito por meio de cálculos relacionados com as trocas de calor entre o ambiente interno e o externo, que podem ser efetuados através dos muitos programas de simulação computacional existentes.

O presente estudo parte da premissa do ser humano como usuário de uma residência comum e já totalmente edificada. O estudo dessa residência é interessante do ponto de vista do conforto térmico, pois trata-se de uma edificação de dois pavimentos, construída junto ao alinhamento da rua, num lote de dimensões muito reduzidas (4,70 x 26,40m) se comparadas com as dimensões de um lote considerado como mais adequado (10 x 30m) para edificações residenciais.

A casa, além de estar situada em um lote estreito de uma região urbana densamente habitada, ainda se encontra praticamente edificada junto as divisas laterais do mesmo, com a alvenaria de fechamento lateral quase que totalmente encostada à alvenaria da edificação ao lado.

Os lotes estreitos em cidades brasileiras são um legado da colonização portuguesa. No Brasil colônia as casas eram construídas em lotes estreitos e longos; esse tipo de lotes era muito comum em Portugal no século XVI. As casas construídas nestes lotes estreitos eram edificadas junto ao alinhamento da rua ou seja, não tinham recuo frontal. Algumas dessas casas foram construídas ao longo das divisas laterais do lote sem nenhum recuo. A iluminação e a ventilação naturais dessas edificações somente ocorriam nas fachadas da frente e do fundo (Labaki e Kowaltowski, 1998).

2 - OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliação do desempenho térmico de uma edificação na região central da cidade de Campinas, SP, localizada numa rua estreita de uma região densamente habitada e edificada junto ao alinhamento da rua, num lote retangular e estreito; com a alvenaria laterais de fechamento quase que totalmente encostada à alvenaria das edificações laterais

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- A avaliação do desempenho térmico através de métodos experimentais e por simulação computacional.
- O estudo comparativo dos resultados obtidos por ambos os métodos utilizados.
- Proposta de alternativas que possibilitem a melhoria do desempenho térmico da edificação.

CAPÍTULO 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - FATORES CLIMÁTICOS

Segundo o dicionário Aurélio, **clima** é o conjunto de condições meteorológicas de uma dada região.

Fatores climáticos são os elementos da natureza que influenciam nas condições climáticas do planeta Terra. O clima de uma região é determinado pela combinação desses vários elementos da natureza.

Quando se considera o **conforto do ser humano** os principais elementos climáticos considerados são:

- **radiação solar**
- **temperatura do ar**
- **umidade**
- **ventos**
- **precipitações**

O clima de uma região é estabelecido através dos níveis médios de um longo período de estudo de cada um dos elementos. Como as condições variam tanto dia a dia quanto ano a ano, é importante considerar também os desvios das médias, as condições extremas e as frequências esperadas (Givoni, 1976).

3.1.1 - RADIAÇÃO SOLAR

Radiação solar é a radiação eletromagnética emitida pelo sol. Os diferentes comprimentos de onda (espectro solar) que atingem a superfície da Terra se estendem na faixa de 290 a 3000 nm.

O espectro solar compreende três regiões com características bem específicas:

- região do ultravioleta : radiação com comprimento de onda entre 290 e 380 nm.
- região do visível: comprimento de onda entre 380 e 700 nm
- região do infravermelho: comprimento de onda entre 700 e 3000 nm.

A radiação solar que atravessa a atmosfera e atinge a superfície da terra distribui-se pelas três regiões do espectro com aproximadamente (Thorndike, 1979) :

- 1 a 5% na região do ultravioleta
- 41 a 45 % na região do visível
- 52 a 62% na região do infravermelho

A região chamada visível do espectro solar é aquela para a qual o olho humano é sensível, resultando numa sensação de visão e de cores. Do ponto de vista do Conforto Ambiental, é desejável nos ambientes a penetração dessa radiação, não só para o aproveitamento da iluminação natural, como para suprir as necessidades humanas de contato visual com o exterior.

Os limites da faixa espectral da radiação infravermelha não são bem definidos, mas são comumente considerados entre 780 nm e 1 mm. Esta região encontra-se dividida em três faixas (Grunf et al. 1979);

- infravermelho de ondas curtas (próximo) de 780 a 1400 nm
- infravermelho de ondas médias de 1400 a 3000 nm
- infravermelho de ondas longas de 3000 nm a 1 mm

Toda radiação pode ser absorvida e transformada em calor, porém a região do infravermelho, mais especificamente a região do infravermelho próximo, tem o efeito mais forte de aquecimento entre todos os tipos de radiação (Philips, Manual de Iluminação, 1976). A radiação

infravermelha de onda curta é invisível ao olho humano, mas é sentida como calor; atravessa o vácuo e o ar limpo sem perda sensível de energia (Grunf et al. 1979).

A taxa de incidência da energia solar nas camadas superiores da atmosfera varia em função da distância da terra ao sol, que apresenta pequena variação no transcorrer do ano devido à excentricidade da órbita da Terra. Essa taxa tem um valor médio de 1395 W/m^2 (Koenigsberger et al. 1977). Essa é a chamada **constante solar**, definida como a energia total recebida do sol por unidade de tempo, por unidade de área de uma superfície perpendicular à direção de propagação da radiação, situada fora da atmosfera terrestre, supondo-se uma distância média entre a terra e o sol.

A intensidade da radiação diminui ao penetrar na atmosfera da terra devido aos efeitos da **absorção, reflexão, refração e espalhamento** pelas partículas presentes na atmosfera. A absorção da radiação na atmosfera é seletiva segundo o comprimento de onda: os raios ultravioletas e todas as radiações de comprimento de onda inferior a 290 nm são absorvidas pelo ozônio e uma parte apreciável de raios infravermelhos é absorvida pelo vapor de água e dióxido de carbono (Givoni, 1976).

As gotas de água e outras impurezas em suspensão absorvem parte da radiação, refletindo a outra parte; a reflexão independe do comprimento de onda. A refração e o espalhamento são seletivos, dependendo das dimensões das partículas, ocorrendo quando estas são da ordem do comprimento de onda. É o espalhamento da radiação que permite a iluminação diurna mesmo na ausência de luz solar direta (Givoni, 1976).

A radiação solar que chega diretamente até à superfície da Terra através da atmosfera, recebe o nome de **componente direta**. Aquela que é dispersada pela atmosfera em direção à superfície da Terra recebe o nome de **componente difusa celeste** (Ramon, 1980). A intensidade da radiação solar incidente na superfície da terra depende da espessura da camada de ar que os raios solares devem atravessar. A espessura da camada é determinada pela rotação da terra sobre o eixo de sua revolução. A quantidade de energia solar que atinge a superfície da terra também depende da ausência de nuvens, com o ar livre da presença de poeira, de dióxido de carbono e vapor de água (Givoni, 1976). A quantidade de radiação solar que atinge a superfície da terra depende também da porcentagem de recobrimento e da espessura das nuvens no céu; a nebulosidade, se for suficientemente espessa e ocupar a maior parte do céu, pode formar uma

barreira que impede a penetração de parte significativa da radiação solar direta a nebulosidade impede a passagem do infravermelho, mas não o ultravioleta). Do mesmo modo pode dificultar a dissipação na atmosfera do calor desprendido do solo à noite (Frota e Schiffer, 1988).

Além de interferir na transmissão da radiação, as nuvens atuam como depósitos temporários de calor, posto que absorvem uma certa proporção da energia que incide sobre elas (Mascaró, 1978).

3.1.2 - TEMPERATURA DO AR

O processo de aquecimento e resfriamento da superfície da terra é o fator principal e determinante da temperatura sobre essa superfície. O ar é transparente a quase toda a radiação solar, por esse motivo esta tem um efeito indireto na temperatura do ar (Givoni, 1976).

A camada de ar em contato direto com o chão quente é aquecida por condução, este calor é transferido às camadas superiores principalmente por convecção. À noite e durante o inverno a superfície da Terra é usualmente mais fria que o ar, havendo então uma troca de calor entre o ar e a superfície da Terra. A variação anual e diária da temperatura do ar depende da variação da temperatura da superfície da terra.

Existem grandes diferenças entre as temperaturas das superfícies da terra e das águas. Grandes corpos de água são afetados mais devagar do que massas de terra sob as mesmas condições de radiação.

A mudança de altitude também altera a temperatura do ar, quando a massa de ar se eleva de uma região de maior para uma de menor pressão, ela se expande e esfria. De modo inverso quando a massa de ar baixa, ela é comprimida e se aquece, sendo conhecidos como processos de aquecimento e resfriamento adiabático e a taxa de mudança de temperatura é de 1°C para cada cem metros de altitude (Givoni, 1976).

3.1.3 - VENTOS

A distribuição e as características dos ventos sobre uma determinada região são determinadas por vários fatores globais e locais.

Os fatores principais determinantes são: as estações dos ano, a distribuição global e

sazonal da pressão atmosférica, a rotação da Terra, a variação diária do aquecimento e resfriamento da terra e do mar, a topografia de uma dada região e suas circunvizinhanças (Givoni, 1976). Os ventos são fundamentalmente correntes de convecção na atmosfera que tendem a igualar o aquecimento diferencial das diversas regiões (Koenigsberger et al. 1977).

3.1.4 - UMIDADE ATMOSFÉRICA

Define-se umidade atmosférica como a presença de vapor de água contido na atmosfera. Este vapor atinge a atmosfera através da evaporação dos oceanos, lagos, rios e vegetações. O vapor é carregado e distribuído sobre a superfície da terra pelos ventos.

Esta distribuição do vapor de água não é uniforme, ela é alta na região equatorial e diminui em direção aos pólos variando paralelamente com a variação média anual da radiação solar e da temperatura (Givoni, 1976).

A umidade contida na atmosfera pode ser apresentada através de vários indicadores: umidade absoluta, pressão de vapor e umidade relativa.

A umidade relativa varia em função da temperatura do ar, diminuindo com o aumento desta. Quando o ar contendo uma certa quantidade de água é resfriado, sua capacidade de reter água é reduzida, aumentando a umidade relativa até se tornar saturado.

A umidade relativa pode passar por grandes variações mesmo quando a pressão de vapor permanece constante. Essas variações são causadas pela mudança diária e anual da temperatura do ar, a qual determina o potencial da capacidade de absorção de umidade pelo ar.

3.1.5 - PRECIPITAÇÕES

A condensação do vapor de água, em forma de chuva, provém, em grande parte de massas de ar úmido em ascensão, esfriadas rapidamente por contato com massas de ar mais frias (Frota e Schiffer, 1988).

A formação de nuvens de precipitações em grande escala, é resultado do resfriamento adiabático de grandes massas de ar, e é muito afetada pela estabilidade vertical do ar (Givoni, 1976)

3.2 - PARÂMETROS DE CONFORTO TÉRMICO.

A ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering), em suas Normas 55/ 81 sobre as condições de um ambiente térmico para a ocupação, define **Conforto Térmico** “como aquele estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Segundo essas Normas, um ambiente é considerado aceitável quando pelo menos 80% de seus ocupantes expressam satisfação com as condições térmicas.

Essa satisfação varia de pessoa para pessoa e depende normalmente das condições que são oferecidas pelo local onde exercem as suas atividades. Este estado de satisfação é alcançado quando a energia gerada pelo **metabolismo** (calor metabólico) é dissipada na mesma proporção.

A energia gerada pelo metabolismo é quase que totalmente dissipada através da pele; e a quantidade de calor dissipado depende do nível de atividade que se realiza, desde uns 75 W em repouso absoluto (metabolismo basal), até 700 W em trabalho duro e continuado (Ramon, 1980).

3.2.1 - TERMOREGULAÇÃO

O homem é um animal homeotérmico: independente das circunstâncias externas e de sua atividade física, a temperatura de seu corpo se mantém praticamente constante em 37°C.

O organismo humano pode ser comparado a uma máquina térmica: consome combustível (o alimento) para gerar calor. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono introduzido no organismo sob a forma de alimentos, com o oxigênio extraído do ar pela respiração. Esse processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos é denominado **metabolismo** (Frota e Schiffer, 1988).

O organismo humano consegue automaticamente, por meio do sistema nervoso, efetuar a sua regulação térmica na luta contra o frio e o calor através de alguns mecanismos de controle (Costa, 1981)

O sistema termoregulador do homem é bastante eficaz, realizando o Balanço Térmico entre as perdas e ganhos de calor com o ambiente, dentro de largas faixas de variação do meio ambiente, mesmo que neste não exista o conforto (Nakanishi, 1993).

3.2.2 - TROCAS DE CALOR ENTRE O HOMEM E O MEIO AMBIENTE

Ao realizar um trabalho, os músculos do homem se contraem, gerando com essa contração, calor. A quantidade de calor liberada pelo corpo será função do trabalho desenvolvido, podendo chegar a um máximo da ordem de 1200 W, desde que por tempo limitado. Esse calor é dissipado por meio de mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o meio ambiente. O calor se dissipa pelas **trocas secas - condução, convecção e radiação** - e pelas **trocas úmidas - evaporação do suor e das águas dos pulmões**. A fórmula básica, que descreve as trocas de calor entre o homem e o meio ambiente é;

$$M - W \pm R \pm C - E = Q \quad (1)$$

onde:

- M = a dispersão metabólica requerida segundo a atividade que o corpo está desenvolvendo (taxa metabólica)
- W = aquela parte do metabolismo transformada em trabalho mecânico.
- R = é a taxa de trocas de calor por radiação.
- C = taxa de trocas de calor por convecção
- E = taxa de perda de calor por evaporação
- Q = taxa de variação de calor no organismo.

Para que o corpo humano esteja em equilíbrio com o ambiente é preciso que o valor da taxa de variação de calor no organismo (Q), seja próxima de zero. A diferença entre a taxa metabólica **M** e o trabalho mecânico **W** dá a produção de calor metabólico. Os valores da taxa de troca de calor por radiação **R**, da taxa de troca de calor por convecção **C** e taxa de perda de calor por evaporação **E** dependem tanto das condições do ambiente em torno (temperatura do ar, da umidade relativa, da velocidade do ar e da temperatura radiante média), como de fatores do próprio organismo como a temperatura e umidade da pele (Koenigsberger et al. 1977). As trocas de calor com o meio através da radiação e convecção ocorrem quando a temperatura do ar for menor que a temperatura do sangue. Quando a temperatura do ambiente é próxima à do sangue, as glândulas sudoríparas se expandem e o calor é dissipado unicamente por evaporação. Se a umidade relativa for alta a evaporação do suor é dificultada, se a temperatura de um ambiente é elevada com uma umidade relativa grande, o corpo não pode dissipar adequadamente o calor,

provocando mal estar, e às vezes, prostração (Silva, 1979).

3.2.3 - FATORES QUE DETERMINAM AS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO

As condições de conforto térmico são função de um conjunto de fatores., que podem ser classificados em: ambientais e individuais

3.2.3.1 - FATORES AMBIENTAIS

Os fatores ambientais são:

- **temperatura do ar**
- **umidade relativa do ar ambiente**
- **velocidade relativa do ar ambiente em relação a pessoa**
- **temperatura radiante média**, definida como a temperatura uniforme de um

meio constituído por superfícies negras (absorvedores ideais), com o qual a pessoa, também admitida como corpo negro, troca a mesma quantidade de calor por radiação que aquela trocada com o meio real; a temperatura radiante média é determinada através da equação (Koenigsberger et al. 1977).):

$$t_{rm} = t_g + k v^{\frac{1}{2}} (t_a - t_g) \quad (2)$$

onde:

- t_g = temperatura do termômetro de globo
- t_a = temperatura ambiente
- v = velocidade do ar
- k = constante, igual a 0,24 no sistema internacional de unidades

3.2.3.2 - FATORES INDIVIDUAIS

Metabolismo humano

O organismo humano através do metabolismo adquire energia, sendo que 20% dessa energia é transformada em potencialidade de trabalho. A parcela restante, cerca de 80%, se transforma em calor, que deve ser dissipado para que o organismo seja mantido em equilíbrio

(Frota e Schiffer, 1988)

Vestimenta

Por condução o calor da pele passa para a roupa em contato com ela, através do ar aprisionado; se a roupa é folgada o calor da pele passará por convecção para a roupa, arrastado pelo ar que circula entre ambas. A vestimenta representa uma barreira para as trocas de calor por convecção e radiação. A vestimenta funciona como um isolante térmico; que mantém junto ao corpo, uma camada de ar mais ou menos aquecido conforme seja mais ou menos isolante, também conforme seja seu ajuste ao corpo e a porção do corpo que cobre (Ramon, 1980). A vestimenta adequada será função da temperatura média do ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo e, em alguns casos, da umidade do ar e da atividade desenvolvida pelo indivíduo. A vestimenta reduz o ganho de calor relativo à radiação solar, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador do suor. A vestimenta completa de um funcionário de escritório (constituída por: roupas íntimas, camisa social, terno completo), representa uma resistência média de $0,16 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ e, este valor foi fixado como a unidade de resistência térmica de uma vestimenta (Ramon, 1980). A unidade de resistência térmica de uma vestimenta é denominada **clo**; $1 \text{ clo} = 0,16 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/ w}$

3.2.4.- ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

A avaliação das condições de conforto térmico de um ambiente deve levar em conta o efeito combinado dos fatores ambientais e dos fatores individuais sobre as respostas fisiológicas e sensoriais do corpo humano, expressando uma combinação delas em torno de um único parâmetro. Esse parâmetro é chamado **índice de conforto térmico** (Givoni, 1976).

Apesar de existirem cerca de três dezenas de índices de conforto térmico, para fins de aplicação às condições ambientais correntes em edifícios como habitações, e para as condições climáticas do Brasil, são considerados os índices: Carta Bioclimática de Olgyay, Temperatura Efetiva de Yaglou e o Voto Médio Estimado- Método de Fanger.

3.2.4.1 - TEMPERATURA EFETIVA

O índice de Temperatura Efetiva foi desenvolvido em 1923 através de pesquisa do

laboratório da American Society of Heating and Air Conditioning Engineers por Houghter, Yaglou and Miller. Duas escalas foram desenvolvidas, uma para o homem semi-nu e outra para pessoas vestidas com roupa de verão. A reação humana usada com critério para determinação dos efeitos desses fatores foi a sensação térmica instantânea experimentada em um dado ambiente (Givoni, 1976). A temperatura efetiva foi definida pela correlação entre as sensações de conforto térmico e as condições de temperatura, umidade e velocidade. Essas correlações são apresentadas sob a forma de nomograma (Figura 1).

Em 1932, Vernon e Warner apresentaram uma proposta de correção para o índice de Temperatura Efetiva, utilizando a temperatura do termômetro de globo em vez da temperatura seca do ar, posto que a temperatura de radiação, sendo superior ou inferior a temperatura ambiente do ar proporciona alterações na sensação de conforto. Esse índice é chamado de Temperatura Efetiva corrigida (Frota e Schiffer, 1988).

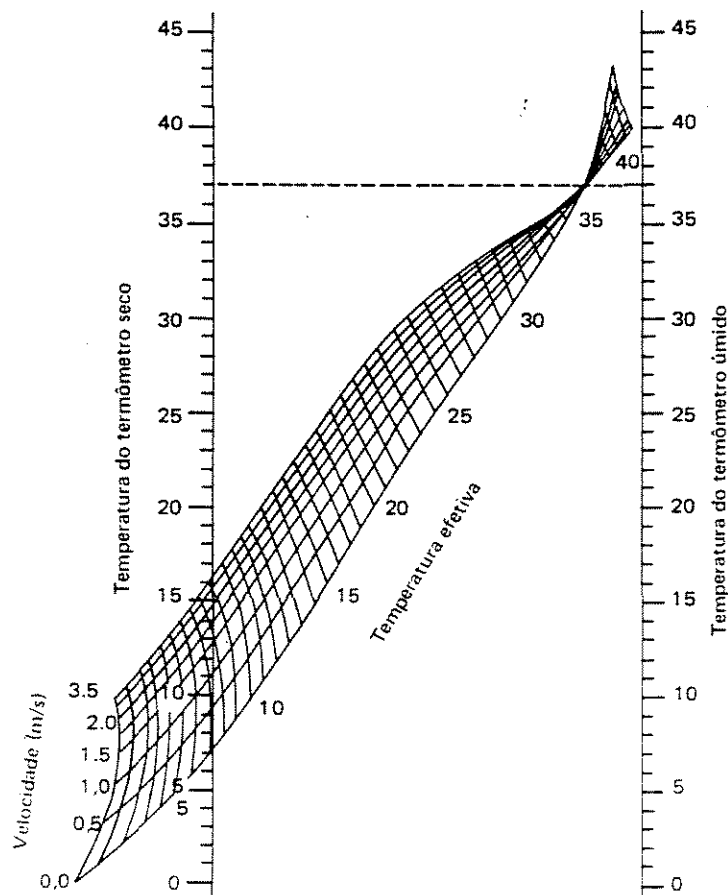


Figura 1 – Nomograma da Temperatura Efetiva para pessoas normalmente vestidas, em trabalho leve. Fonte - Costa (1982).

3.2.4.2 - CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY

A carta Bioclimática foi desenvolvida por Olgay a partir de estudos dos efeitos do clima sobre o homem, e suas relações entre os elementos de clima e o conforto (Koenigsberger et al. 1977). A carta determina uma zona de conforto, em um diagrama que tem como ordenada a temperatura de bulbo seco (TBS) e como abcissa a umidade relativa (U.R.).

Na região central da carta está delimitada a zona de conforto, isto é, os pares de valores de TBS e U.R. que implicam em situação confortável, para as condições especificadas na Figura 2. Fora da região de conforto, podem ser previstas correções, como o aumento da velocidade do ar, para situações de temperatura mais elevada. (Koenigsberger et al. 1977).

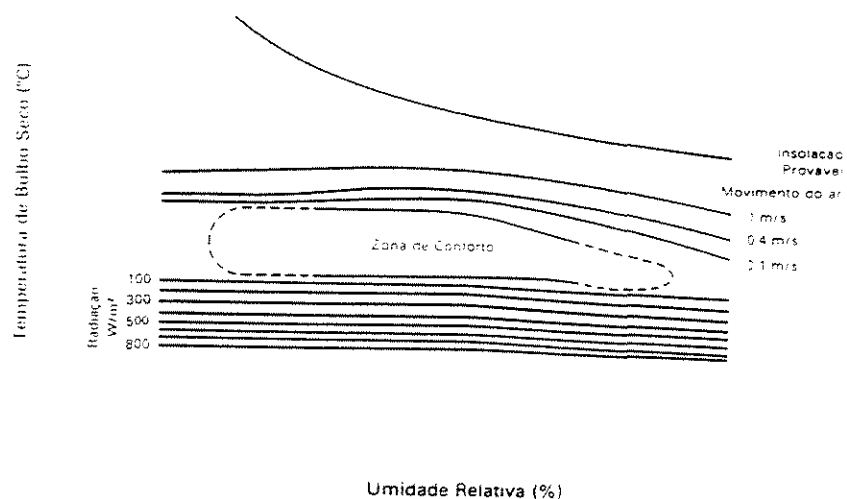


Figura 2 - Carta Bioclimática para habitantes de regiões de clima quente em trabalho leve, pessoa vestindo 1 clo – Fonte Koenigsberger et al. (1977).

3.2.4.3 VOTO MÉDIO ESTIMADO - MÉTODO DE FANGER

Esse método determina o grau de conforto ou desconforto térmico de um ambiente com base no relacionamento das variáveis que influenciam no conforto térmico (temperatura radiante

média, velocidade relativa e temperatura do ar, tipo de vestimenta trajada pelo ocupante, metabolismo dos ocupantes do ambiente que é função da atividade desenvolvida), com uma escala de sensação térmica definida por Fanger (Fanger, 1970).

A escala de sensação térmica definida por Fanger tem os seguintes níveis:

- 3	muito frio
- 2	frio
- 1	leve sensação de frio
0	neutralidade térmica
+ 1	leve sensação de calor
+ 2	calor
+ 3	muito calor

A relação entre as sensações térmicas estabelecida na escala e as variáveis que influenciam o conforto térmico foi determinado por Fanger através da análise de informações de várias experiências em que mais de 1300 pessoas foram expostas de forma controlada a diversas combinações das variáveis ambientais e pessoais de conforto.

Através de voto escrito cada pessoa expressou a sua sensação térmica. Como essas sensações térmicas foram obtidas através do voto de indivíduos, Fanger as denominou **Voto Médio Estimado (VME)**.

A sensação térmica para qualquer combinação dos parâmetros de conforto térmico é função do **índice de atividade térmica (IAT)**, definido como a diferença entre a energia gerada internamente no corpo, para dada atividade e o calor trocado pela pele sob condições de neutralidade térmica, e cresce em valor à medida que o ambiente se afasta da mesma (Labaki, 1995).

Os resultados obtidos por Fanger revelaram que é impossível se obter em um ambiente uma combinação das variáveis de conforto que satisfaça plenamente a todos os integrantes de um grupo.

Assim, na prática, tornou-se necessário relacionar o VME com a porcentagem estimada de insatisfeitos num determinado ambiente. Fanger (1970) utilizando informações de suas

experiências e as dos pesquisadores americanos Rohles e Nevius (citados por Fanger), obteve a curva da figura 3, que apresenta a porcentagem de insatisfeitos para cada VME.

Na figura 3, pode-se observar que para uma condição de neutralidade térmica ($V.M.E. = 0$), existem 5% de pessoas insatisfeitas com o ambiente. Observa-se também, que devido a simetria da curva em relação ao $V.M.E. = 0$, sensações de calor e de frio com VME iguais em valores absolutos, corresponderão a igual porcentagem de insatisfeitos.

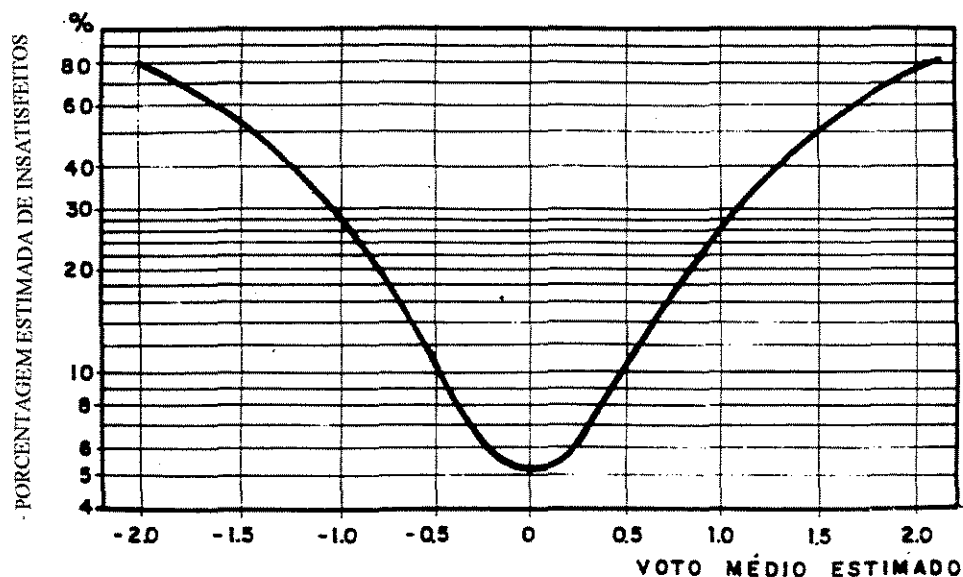


Figura 3 –Relação entre o Voto Médio Estimado, VME, e a porcentagem estimada de pessoas insatisfeitas, PEI – Fonte: Adaptada de Fanger (1970)

3.3 - TROCAS DE CALOR NUMA EDIFICAÇÃO COM O AMBIENTE EXTERNO

Uma edificação está constantemente em processo de troca de calor com o ambiente externo, através de seus componentes.

As trocas são chamadas de secas quando ocorrem por condução, convecção ou radiação, e de úmidas, quando há processos de evaporação ou condensação de vapor de água.

3.3.1 - TRANSMISSÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO

A corrente térmica que atravessa uma parede de espessura d e área A em regime permanente, isto é, quando as temperaturas são mantidas constantes, e com temperaturas t_{se} na superfície externa da parede e t_{si} na superfície interna, é dada pela fórmula:

$$q_{cd} = \frac{\lambda A (t_{se} - t_{si})}{d} \quad (3)$$

onde: q_{cd} é o fluxo que atravessa a parede por condução

λ é a condutividade térmica do material.

Os materiais de baixa condutividade térmica (λ) são bons isolantes térmicos.

Os isolantes térmicos são normalmente materiais porosos cuja elevada resistência térmica se baseia na baixa condutividade térmica do ar contido em seus vazios.

O Quadro 1 apresenta a condutividade térmica de alguns materiais utilizados na construção civil.

Quadro 1

Valores das características térmicas de alguns materiais.

Material	λ (W/m °C)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (J/Kg °C)
Água	0,65	1000	4187
Argamassa de cal e cimento	0,65	1600	754
Concreto armado	1,75	2400	1005
Gesso (placa)	0,35	750	837
Lã de vidro	0,05	24	754
Madeiras (abeto, cedro)	0,12	400	1424
Aço	52	7780	451
Cobre	380	8930	376
Ferro puro	72	7870	461
Poliestireno expandido	0,04	11	142
Telha cerâmica	0,93	1600	921
Tijolo maciço	0,72	1600	921

Fontes: Frota e Schiffer (1988) – Riveiro (1970)

A resistividade térmica de um material é igual ao inverso da condutividade

$$\text{resistividade} = \frac{1}{\lambda}$$

A resistência térmica, r , de uma parede é definida pelo quociente entre a espessura da parede e o produto da condutividade térmica pela área da mesma.

$$r = \frac{d}{A\lambda} \quad (4)$$

onde: r = resistência térmica da parede

d = espessura da parede

λ = condutividade térmica do material

A = área da parede

Condutância térmica é definida como o inverso da resistência térmica.

$$\frac{1}{r} = \frac{\lambda A}{d} \quad (5)$$

Resistência térmica de uma parede constituída de várias camadas: na figura 4 tem-se a representação de uma parede composta de três camadas:

- na camada número um temos:

t_1 = temperatura na superfície externa da camada 1

λ_1 = condutividade térmica da camada 1

d_1 = espessura da camada 1

r_1 = resistência térmica da camada 1

- na camada número dois temos:

t' = temperatura na superfície entre as camadas 1 e 2

λ_2 = condutividade térmica da camada 2

d_2 = espessura da camada 2

r_2 = resistência térmica da camada 2

- na camada número três temos:

t'' = temperatura na superfície entre as camadas 2 e 3

t_2 = temperatura na superfície externa da camada 3

λ_3 = condutividade térmica da camada 3

r_3 = resistência térmica da camada 3

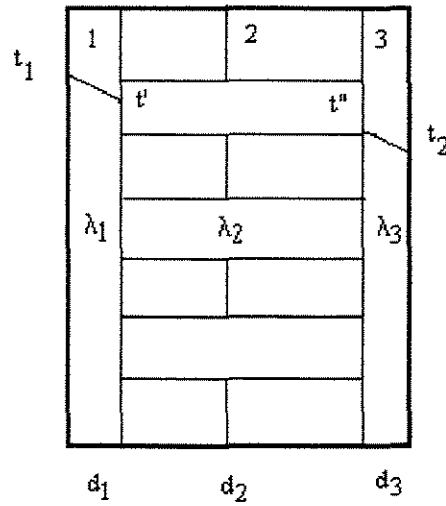


Figura 4- Representação de uma parede composta de três camadas.

Como a resistência térmica de uma camada é dada pela fórmula : $r = \frac{d}{\lambda A}$, então a resistência de cada camada que compõe a parede será:

$$r_1 = \frac{d_1}{A\lambda_1} \qquad r_2 = \frac{d_2}{A\lambda_2} \qquad r_3 = \frac{d_3}{A\lambda_3}$$

A resistência total da parede será igual a soma das resistências térmicas de cada camada:

$$r_{\text{total}} = r_1 + r_2 + r_3 = \frac{d_1}{A\lambda_1} + \frac{d_2}{A\lambda_2} + \frac{d_3}{A\lambda_3} \quad (6)$$

$$r_{\text{total}} = \sum_i \frac{d_i}{\lambda_i A} \quad (7)$$

A equação (7) permite calcular a corrente térmica por condução através de uma parede composta, bem como determinar as temperaturas intermediárias das diversas camadas.

3.3.2 - TRANSMISSÃO DE CALOR POR CONVECÇÃO

O fluxo térmico por convecção entre uma parede e o ar em torno é dado pela equação:

$$q_c = h_c A \Delta t \quad (8)$$

onde: h_c = coeficiente de trocas térmicas por convecção

A = área da superfície da parede

Δt = diferença entre a temperatura do ar e a temperatura superficial da parede.

A resistência térmica à transmissão de calor por convecção é definida como o inverso do coeficiente de trocas térmicas e a área da superfície.

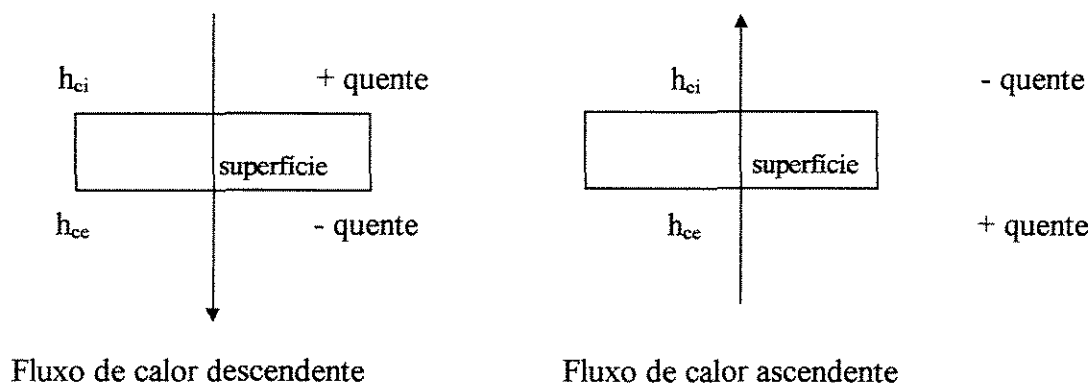
$$r = \frac{1}{h_c A} \quad (9)$$

Condutância térmica por convecção é definida como o inverso da resistência:

$$\frac{1}{r} = h_c A \quad (10)$$

As trocas de calor por convecção são ativadas pelo ar em movimento.

Quando se trata de superfícies horizontais, o sentido do fluxo térmico tem um papel importante; quando o fluxo é ascendente (figura 5) há coincidência do fluxo térmico com o deslocamento natural da massa de ar aquecida, enquanto que no caso do fluxo térmico descendente, o ar aquecido pelo contato com a superfície, encontra uma barreira para a sua ascensão dificultando a convecção.



onde:

h_{ci} = coeficiente de troca de calor da superfície interna

h_{ce} = coeficiente de troca de calor da superfície externa

Figura 5 - Trocas de calor em superfícies horizontais

3.3.3. - TRANSMISSÃO DE CALOR POR RADIAÇÃO

A energia total irradiada por um corpo qualquer a uma determinada temperatura, pode ser calculada pela Lei de Stefan - Boltzmann e Kirchoff:

$$I = \varepsilon I_n = \varepsilon \sigma_n T^4 \quad (11)$$

onde:

I = energia de radiação total (W/m^2)

T = temperatura absoluta

ε = emissividade

I_n = energia de radiação do corpo negro

σ_n = constante de irradiação de um corpo negro, chamada de constante

de Stefan-Boltzmann - $\sigma_n = 5,6699 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Emissividade (ε) é a capacidade relativa de um corpo em emitir energia radiante na mesma proporção que a absorve (Sears e Zemansky, 1987).

De um modo geral a emissividade é igual à absorção da radiação ($\varepsilon = \alpha$), e isto indica que quanto mais absorvente o corpo, maior é a sua emissividade, para uma mesma faixa de comprimento de onda. Tanto o valor da emissividade (ε) como o da absorção (α) dependem essencialmente da natureza dos corpos e da sua temperatura (Costa, 1982).

A emissividade (ε) do corpo negro ideal é igual a unidade. Para qualquer superfície real a emissividade é uma fração menor que 1 (Sears e Zemansky, 1987)

O fluxo de calor por radiação através de uma parede é dada pela equação (Frota e Schiffer, 1988) :

$$q_r = h_r A(t_s - t_r) \quad (12)$$

onde

q_r = fluxo térmico por radiação

t_s = temperatura da superfície considerada

t_r = temperatura radiante relativa as demais superfícies

h_r = coeficiente de trocas térmicas por radiação

A = área da parede.

Segundo Costa (1981) o coeficiente de trocas térmicas por radiação h_r é um parâmetro que engloba todos os fatores que interferem nas trocas por radiação, a saber :

- as temperaturas das superfícies
- os aspectos físicos e geométricos das superfícies envolvidas
- a emissividade da superfície

A resistência térmica à transmissão de calor por radiação é dada pela equação:

$$r = \frac{1}{h_r A} \quad (13)$$

Para os materiais de construção correntes, sem brilho metálico $\varepsilon \cong 0,9$, pode-se adotar

$h_r = 5 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Frota e Schiffer, 1988).

Os valores do coeficiente de condutância térmica externa h_e , o coeficiente de condutância interna h_i e as resistências térmicas para paredes internas e paredes externas são encontrados na tabela nº 2 do Apêndice. Esses coeficientes são obtidos somando-se os componentes relativos à convecção e radiação.

$$h_e = h_{re} + h_{ce} \quad (14)$$

onde: h_e = coeficiente de condutância térmica superficial externa

h_{re} = coeficiente de transmissão de radiação no ambiente externo

h_{ce} = coeficiente de transmissão de calor por convecção no ambiente externo

$$h_i = h_{ri} + h_{ci} \quad (15)$$

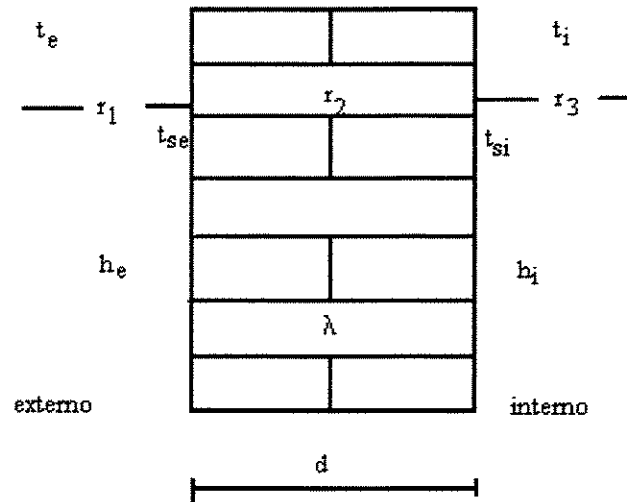
onde: h_i = coeficiente de condutância térmica superficial interna

h_{ri} = coeficiente de transmissão de radiação no ambiente interno

h_{ci} = coeficiente de transmissão de calor por convecção no ambiente interno

3.4. - TRANSMISSÃO DE CALOR ENTRE DOIS FLUÍDOS SEPARADOS POR UMA PAREDE

Segundo Costa (1981) quando dois fluídos, a temperaturas diferentes, são separados por uma parede, o calor se transmite do fluído cuja temperatura é mais elevada por radiação e convecção à parede, para, à seguir atravessar a parede por condução e, finalmente, passar novamente ao segundo fluído por convecção e radiação. A figura 6 representa uma parede que divide um ambiente externo do ambiente interno qualquer.



onde

$$t_e > t_i$$

$$h_e = h_{re} + h_{ce}$$

$$h_i = h_{ri} + h_{ci}$$

t_e	temperatura externa	d	espessura da parede
t_i	temperatura interna	λ	coeficiente de condutibilidade térmica
t_{se}	temperatura na superfície externa da parede	h_{ri}	coeficiente de transmissão de radiação no ambiente interno
t_{si}	temperatura na superfície interna da parede	h_{re}	coeficiente de transmissão de radiação no ambiente externo
r_1	resistência a passagem do fluxo térmico no ambiente externo	h_{ce}	coeficiente de transmissão de calor por convecção no ambiente externo
r_2	resistência da parede a passagem do fluxo térmico	h_{ci}	coeficiente de transmissão de calor por convecção no ambiente interno
r_3	resistência a passagem do fluxo no ambiente interno	h_e	coeficiente de condutância térmica superficial externa
A	área da superfície da parede	h_i	coeficiente de condutância térmica superficial interna
t_e	temperatura externa	t_i	temperatura interna

Figura 6 - Representação de uma parede que divide dois ambientes com temperaturas diferentes.

Através do conceito de resistência térmica, e se tratando de um fluxo permanente pode-se escrever:

- considerando o ambiente externo

$$r_1 = \frac{(t_e - t_{se})}{q} \quad \text{como } q = h_e A (t_e - t_{se}) \quad \text{tem-se:} \quad r_1 = \frac{1}{h_e A}$$

- considerando a parede

$$r_2 = \frac{(t_{se} - t_{si})}{q} \quad \text{como} \quad q = \frac{\lambda A (t_{se} - t_{si})}{d} \quad \text{tem-se} \quad r_2 = \frac{d}{\lambda A}$$

- considerando o ambiente interno

$$r_3 = \frac{(t_{si} - t_i)}{q} \quad \text{como } q = h_i A (t_{si} - t_i) \quad \text{tem-se} \quad r_3 = \frac{1}{h_i A}$$

Para uma área unitária, a resistência térmica do conjunto será:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 = \frac{(t_e - t_i)}{q} = \frac{1}{h_e} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_i} \quad (16)$$

O inverso da resistência térmica total é definido como sendo a **transmitância térmica** total, também chamado de **coeficiente global de transmissão térmica**:

$$K = \frac{1}{R} \quad \Rightarrow \quad K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_i}} \quad (17)$$

Para paredes constituída de várias camadas temos:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum_i \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_i}} \quad (18)$$

O fluxo térmico por unidade de área através do componente é dado por:

$$q = K (t_e - t_i) \quad (19)$$

onde : t_e = temperatura externa
 t_i = temperatura interna
 K = coeficiente global de transmissão térmica

3.5. - CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO

O termo capacidade térmica se refere à quantidade de calor necessária para que um volume unitário ou uma área unitária de um dado material ou componente, tenha a sua temperatura elevada de um grau. No primeiro caso chama-se capacidade térmica volumétrica do material (C_v), no segundo capacidade térmica superficial, (C_w), a qual se refere a um componente construtivo: parede ou cobertura (Givoni, 1976).

$$C = \frac{Q}{\Delta t} \quad (20)$$

onde: Δt = variação de temperatura
 C = capacidade térmica
 Q = quantidade de calor

A capacidade térmica dos materiais ou componentes é importante no regime variável, pois está relacionado com a capacidade de armazenamento de calor; quando a estrutura de uma edificação é aquecida e resfriada periodicamente, como resultado de variações na temperatura externa e na intensidade da radiação solar (Labaki, 1995)

Define-se calor específico de um material como a relação entre a capacidade térmica volumétrica e a densidade do material.

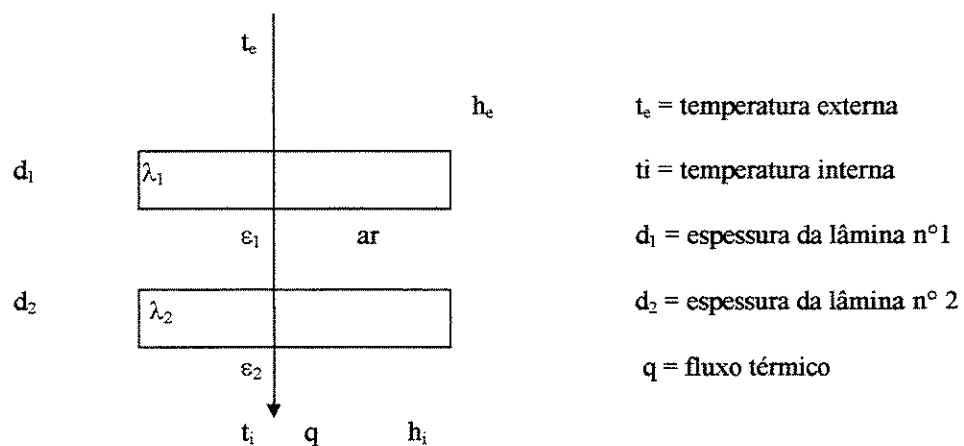
$$c = \frac{C_v}{\rho} \Rightarrow C_v = c \rho \quad (21)$$

onde: C_v = capacidade térmica volumétrica
 c = calor específico
 ρ = densidade

3.5.1. - CÂMARA DE AR

Quando no interior de um corpo existe um espaço ou uma câmara de ar, esta se constitui em mais uma barreira a passagem do fluxo térmico. Essa barreira é denominada resistência de uma câmara (R_{ar}) que é somada as outras resistências a passagem do fluxo térmico (Koenigsberger et al. 1977).

A transferência do fluxo térmico através da câmara de ar (Figura 7) ocorre por radiação da superfície quente para a superfície fria, e por condução através da camada de ar sobre ambas as superfícies e por correntes de convecção no ar enclausurado (Givoni, 1976).



h_e = coeficiente de condutância térmica superficial externa

h_i = coeficiente de condutância térmica superficial interna

ϵ_1 = emissividade da superfície da lâmina nº 1

ϵ_2 = emissividade da superfície da lâmina nº 2

λ_1 = coeficiente de condutibilidade térmica da lâmina nº 1

λ_2 = coeficiente de condutibilidade térmica da lâmina nº 2

Figura 7 - Fluxo térmico através de duas lâminas separadas por uma camada de ar.

Todas as superfícies absorvem e emitem radiações simultaneamente. A troca de calor entre suas superfícies paralelas depende da emissividade efetiva (ϵ_r) de ambas, a qual é dada pela equação (Givoni, 1976):

$$\varepsilon_r = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (22)$$

onde:

ε_r = emissividade efetiva

ε_1 e ε_2 são respectivamente a emissividade de cada uma das lâminas paralelas que confinam o espaço de ar.

A resistência total à passagem da corrente térmica é dada pela equação (Rivero, 1980):

$$R_{total} = \frac{1}{h_e} + \frac{d_1}{\lambda_1} + R_{ar} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i} \quad (23)$$

A resistência da camada de ar é apresentada na tabela nº3 b do Apêndice e é dada em função da emissividade efetiva e da espessura da lâmina.

Com o valor de R_{total} , determina-se a transmitância térmica ou coeficiente Global de Transmissão Térmica (K).

$$K = \frac{1}{R_{Total}} \quad (24)$$

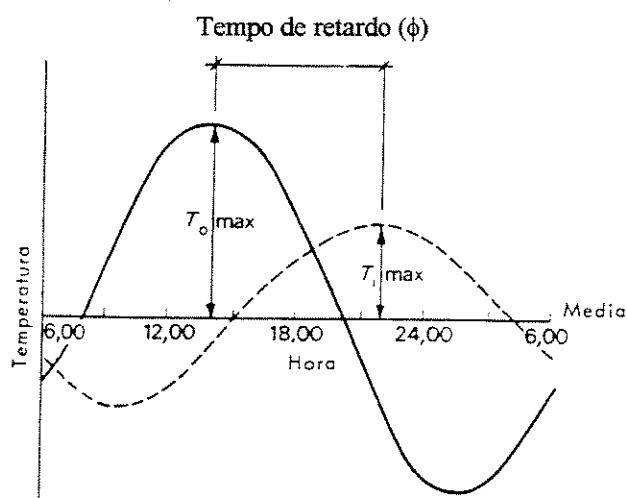
3.5.2. - INÉRCIA TÉRMICA DOS MATERIAIS

Na natureza observa-se uma contínua variação dos elementos climáticos, que ocorrem em ciclos de vinte e quatro horas. O efeito dessas variações em uma edificação é o aquecimento nos períodos de temperaturas mais elevadas, com o armazenamento de parte do calor na edificação; durante a noite ocorre o processo inverso, com a transferência de calor da edificação para o exterior, onde as temperaturas já diminuíram. A esse processo chama-se fluxo periódico de calor (Koenigsberger et al. 1977).

Quando uma onda de calor incide sobre a superfície de uma parede, esta não a atravessa

de imediato, pois os componentes vão absorver parte do calor, em maior ou menor grau, dependendo do calor específico dos materiais que a compõem, e portanto da capacidade térmica do componente. A onda de calor aquece inicialmente as partículas mais externas dos componentes da parede e gradualmente o calor vai sendo transmitido para as demais partículas. Desta forma, a temperatura na superfície do lado interno da parede atingirá um máximo com um atraso, em relação ao máximo da temperatura na superfície externa. Atingindo o máximo, o calor armazenado nos componentes da parede começa a se dissipar, tanto para o exterior quanto para o interior. Isso significa que a temperatura máxima atingida no interior será menor que a do exterior. A diferença entre os dois máximos é chamada de amortecimento (Koenigsberger et al. 1977).

A figura 8 ilustra as variações das temperaturas internas e externas de uma edificação para um ciclo de vinte e quatro horas.



$T_{o\max}$ = temperatura externa máxima – A curva cheia representa a temperatura externa

$T_{i\max}$ = temperatura interna máxima – A curva tracejada representa a temperatura interna

Figura 8 - Diagrama das variações diárias das temperaturas externa e interna segundo um regime periódico (ciclo de vinte e quatro horas). Fonte: Koenigsberger et al., 1977.

A inércia térmica é medida pelos seus parâmetros: o amortecimento e o atraso na transmissão da onda de calor (Silva, 1979). O amortecimento é dado pela expressão:

$$\mu = \frac{t_{i\max}}{t_{o\max}} \quad (25)$$

onde: μ = amortecimento

$t_{i\max}$ = temperatura interna máxima

$t_{o\max}$ = temperatura externa máxima

Uma parede apresenta maior ou menor inércia térmica segundo o seu peso e espessura; os revestimentos desempenham importante papel, pois os revestimentos isolantes reduzem as trocas de calor com a parede. A avaliação da inércia térmica pode ser feita através do conceito de superfície equivalente pesada. Esta é a somatória de cada uma das paredes interiores inclusive piso e teto, multiplicados por um coeficiente que será função do peso da parede e da resistência térmica de seus revestimentos, em relação a área do piso local (Croiset, 1968). Um método simplificado para a apreciação da inércia térmica de uma parede interior (inclusive piso e teto), que consiste em aplicar um coeficiente igual a 1; 2/3 ; 1/3 ou zero, segundo o seu peso e a resistência térmica do seu revestimento, conforme o Quadro 2 a seguir (Frota e Schiffer, 1988):

Quadro 2

Método simplificado para apreciação da inércia térmica de uma parede

Parede	Resistência térmica do revestimento (m °C /W)		
	inferior a 0,15	entre 0,15 e 0,50	superior a 0,50
pesando + 200 Kg/ m ²	1	2/3	0
pesando entre 200 e 100 Kg/m ²	2/3	1/3	0
pesando entre 100 e 50 Kg/m ²	1/3	0	0
pesando menos de 50 Kg/m ²	0	0	0

- Fonte Frota e Schifer (1988)

Como a parede (inclusive piso e teto) divide dois ambientes, considera-se apenas metade de sua espessura, posto que a outra metade será considerada como recinto vizinho.

A inércia do recinto considerado pode ser então classificada, segundo o valor da relação:

superfície equivalente pesada

área do piso do local

- relação inferior a 0,5 - inércia fraca
- relação entre 0,5 e 1,5 - inércia média
- relação superior a 1,5 e se a metade
das paredes pesar mais de 300 Kg/m² - inércia forte

O amortecimento e o atraso serão tanto maiores quanto maior for a inércia da construção. Valores de amortecimento, ϕ , comumente adotados segundo Frota e Schiffer. (1988) são:

- ◆ quase total para edificações de inércia média ou forte; $\phi = 1$
- ◆ de cerca de 3/4 para edificações de inércia fraca: $\phi = 0,75$
- ◆ de cerca de metade ou até mais para edificações de
inércia muito fraca; $\phi = 0,5$

3.6. – EFEITOS DA RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar, ao incidir sobre uma parede representa sempre um ganho de calor, que será função da intensidade da radiação incidente e das características térmicas da parede (Frota e Schiffer, 1988).

Segundo Szokolay (1978) a radiação solar afeta as edificações de duas formas:

- 1 - entrando através das superfícies envidraçadas, sendo absorvida pela superfícies internas da edificação, causando desse modo o aquecimento do ambiente.
- 2 - absorvida pelas superfícies externas da edificação, e transmitindo o fluxo de calor para o interior do edifício.

Dependendo das superfícies atingidas pela radiação diferentes processos ocorrerão: de absorção, reflexão e transmissão da radiação solar. Independentemente de qual desses processos seja o predominante, haverá sempre ganho de calor (Labaki, 1995).

A magnitude dos efeitos térmicos da radiação solar incidente depende da natureza das superfícies da Terra ou dos objetos receptores.

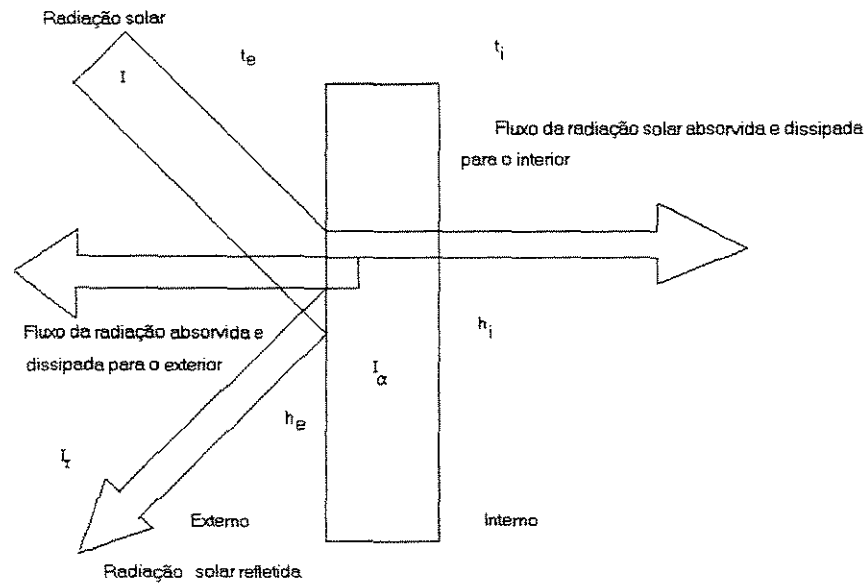
Quando se trata de vegetação, parte da energia solar se transforma em energia química e o aquecimento é suavizado pela evaporação. No caso de superfícies de cimento e superfícies asfálticas, a temperatura pode alcançar até 44 °C, bem superior à do ar circundante (Koenigsberger et al., 1977).

Os elementos de uma edificação em relação à radiação solar podem ser classificados como: opacos e transparentes ou translúcidos

3.6.1. - TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE ATRAVÉS DE UMA PAREDE OPACA

Quando uma parede opaca é exposta à radiação solar e sujeita a uma determinada

diferença de temperatura entre os ambientes que separa, o mecanismo de transferência de calor pode ser esquematizado na figura nº 9:



t_e	temperatura externa
t_i	temperatura interna
I	intensidade da radiação solar incidente
h_e	coeficiente de condutância térmica superficial externa
h_i	coeficiente de condutância térmica superficial interna
I_p	radiação solar refletida pela superfície
I_α	radiação solar absorvida pela superfície

Figura 9 Trocas de calor através de superfícies opacas (Fonte Frota et al., 1988).

A intensidade do fluxo de calor que atravessa uma parede opaca, por efeito da radiação solar incidente e da diferença de temperatura do ar é dada pela equação (Frota e Schiffer, 1988).

$$q = \frac{K\alpha I}{h_e} + K(t_e - t_i) \quad (26)$$

onde:

K	coeficiente global de transmissão de calor
t_e	temperatura externa
t_i	temperatura interna
h_e	coeficiente de condutância térmica superficial externa
α	coeficiente de absorção da radiação solar

A parcela $\frac{K\alpha I}{h_e}$ se refere ao ganho de calor solar sendo $\frac{\alpha K}{h_e}$ o fator de ganho solar de material opaco, enquanto que a parcela $K(t_e - t_i)$ corresponde às trocas de calor por diferença de temperatura, ou seja :

- ganho de calor quando $t_e > t_i$
- perda de calor quando $t_e < t_i$

A cor das superfícies é um fator muito importante, relacionado com os efeitos da radiação. As cores claras tem alto coeficiente de reflexão e baixo coeficiente de absorção, para ondas curtas, isto é, cores claras refletem mais a radiação solar.

Com relação à radiação térmica, ou radiação de onda longa, as cores clara e escuras tem o mesmo comportamento. As superfícies externas independentemente da cor, são igualmente resfriadas à noite por radiação para o exterior (Givoni, 1976).

No Quadro 3 são apresentados os valores do coeficiente de absorção e da emissividade para vários tipos de superfícies.

Quadro 3

Valores dos coeficientes de absorção e de emissividade para algumas cores e superfícies

MATERIAL OU COR	COEF. DE ABSORÇÃO PARA ONDA CURTA	EMISSIVIDADE PARA ONDA LONGA
Película de Alumínio Nova	0,05	0,05
Película de Alumínio Oxidado	0,15	0,12
Pintura de Alumínio	0,5	0,5
Vidro de Janela	Transparente	0,9
Aço Galvanizado Brilhante	0,25	0,25
Pintura Branca Nova	0,12	0,9
Pintura Branca Velha	0,25	0,9
Cor Cinza Claro	0,4	0,9
Cor Cinza Escuro	0,7	0,9
Cor Verde Claro	0,4	0,9
Cor Verde Escuro	0,7	0,9
Pintura Negra	0,85	0,9

Fonte: Givoni, (1976)

Para uma mesma gama de comprimento de onda, da radiação incidente e da radiação

emitida, tem-se: absorção (α) = emissividade (ε) (Frota e Schiffer, 1988).

3.6.2. - TRANSFERÊNCIA DE CALOR ATRAVÉS DE SUPERFÍCIES TRANSPARENTES

No caso de uma superfície transparente ou translúcida exposta a radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, os mecanismos de trocas podem ser esquematizados como na figura 10.

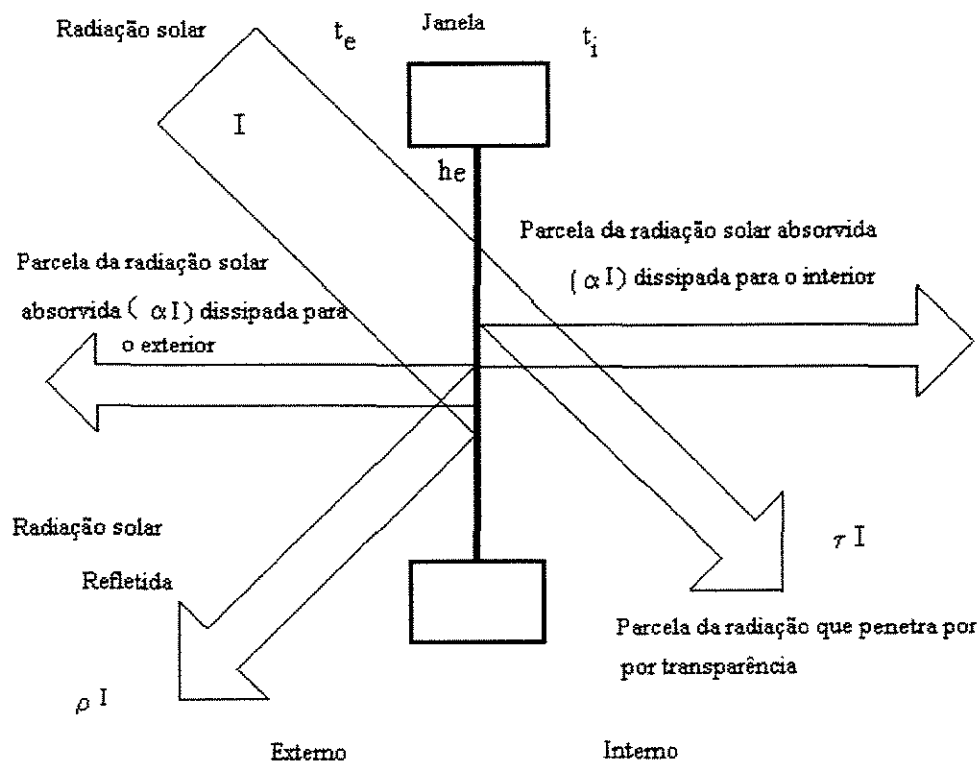


Figura 10. - Trocas de calor através de superfícies transparentes ou translúcidas. Fonte: Frota e Schiffer (1988).

A intensidade do fluxo térmico que atravessa uma superfície transparente ou translúcida, deve incorporar também, a parcela que penetra por transparência.

Assim sendo, tem-se:

$$q = \left(\frac{\alpha K}{h_e} + \tau \right) I + K(t_e - t_i) \quad (27)$$

α = coeficiente de absorção da radiação solar

K = coeficiente de transmissão de calor

I = radiação solar

τ = coeficiente de transmissividade da radiação solar

h_e = coeficiente de condutância térmica superficial externa

q = fluxo que atravessa a superfície transparente

$$\left(\frac{\alpha K}{h_e} + \tau \right) = S_v (fator.solar)$$

3.7 - VENTILAÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT “dá-se o nome de **ventilação** ao processo de renovar o ar de um recinto”. A renovação do ar dentro de certos limites pode controlar a temperatura de um ambiente e ajudar na desconcentração de vapores, odores, poeiras, odores, poluentes e indiretamente tem efeito sobre a umidade relativa e as temperaturas superficiais (Costa, 1981).

As condições de ventilação no interior de uma edificação estão entre os fatores primários determinantes e fundamentais do **conforto, bem estar e da saúde humana**.

Esses fatores possuem um efeito direto sobre o corpo através de efeitos fisiológicos da movimentação do ar puro e indiretamente através de sua influência sobre a temperatura e umidade do ar no interior da edificação e de suas superfícies (Givoni, 1976).

Segundo Costa (1979), a ventilação de uma habitação que tem condições de manter, no períodos quentes, temperaturas internas inferiores às externas e, nos períodos frios, temperaturas internas superiores às externas, é sempre um ônus para o condicionamento térmico ambiental. Por essa razão, quando as condições de conforto do ar de ventilação são inferiores às do ambiente, a renovação do ar deste ambiente deve ser limitada àquela absolutamente necessária para permitir uma respiração higiênica.

O fluxo de ar que entra ou sai de uma edificação pode ser ocasionado por diferença de densidade entre o ar interior e o ar exterior, ou pela diferença de temperatura entre o ar distribuído nas superfícies das paredes opostas externas pela ação do vento exterior (Silva, 1979).

3.7.1 - QUANTIDADE DE AR NECESSÁRIA A VENTILAÇÃO

A necessidade de oxigênio para o corpo humano depende do nível metabólico, isto é, da atividade desenvolvida pela pessoa. Para atividades sedentárias, a quantidade de ar fresco para manter os níveis de oxigênio e gás carbônico do ar é de 12 m³ por h/ pessoa.

A relação entre o volume de ar de ventilação que penetra no ambiente por hora e o volume do mesmo é chamado **índice de renovação do ar**. Assim para a ventilação natural tem-se:

$$N = \frac{V_{ar}}{V} \quad (28)$$

onde N = índice de renovação do ar (número de renovação por hora)
 V_{ar} = volume de ar que penetra no ambiente / na unidade de tempo
 V = volume do ambiente

O Quadro 4 apresenta a quantidade de ar necessária para locais em que a contaminação do ar é produzida unicamente pelas pessoas (fumando ou não).

Quadro 4
 Quantidade de ar necessária à ventilação – Fonte Costa (1982)

Local	m ³ / h por pessoa		% de pessoas fumando
	Preferível	Mínima	
apartamentos	35	25	baixa
bancos	25	17	baixa
barbearias	25	17	baixa
bar	35	25	30
cassino	45	35	80
escritório geral	25	17	baixa
estúdios	35	25	0
lojas	13	8	0
quarto (hospital)	25	17	baixa
quarto (hotel)	25	17	baixa
residências	35	25	baixa
restaurantes	35	25	25
sala de diretores	50	40	100
sala de operações (hospitais)	---	---	0
teatro, cinema, auditórios	13	10	0
sala de aula	50	40	0
sala de reuniões	35	25	baixa
Aplicações Gerais			
Por pessoa (não fumando)	13	8	
Por pessoa (fumando)	50	40	

A ventilação natural dos ambientes habitados por meio de janelas ou frestas já garante um índice de renovação do ar da ordem de $N = 2$, o que permite uma ocupação higiênica de uma

pessoa para cada 20 m³ de habitação (40 m³ / h por pessoa). Ambientes com grande concentração de pessoas (1 pessoa para cada 4 m³), entretanto, exigem índices de renovação elevados N = 10 a 15; a renovação do ar dos ambientes pode ocasionar ganhos ou perdas de calor, segundo a temperatura externa (t_e) seja maior ou menor que a temperatura interna (t_i) (Costa, 1982).

O Quadro 5 apresenta os valores recomendados para o índice de renovação do ar (N) em função do tipo de ambiente a ventilar.

Quadro 5

Valores recomendados para o índice de renovação do ar (N),
em função do tipo de ambiente a ventilar – Fonte Silva (1979)

Ambiente	N
Auditórios, igrejas, túneis, estaleiros.	6
Fábricas, oficinas, escritórios, lojas, sala de diversões	10
Restaurantes, clubes, garagem, cozinha	12
Lavanderias, padarias, fundições, sanitários	20

Segundo Nããs (1989) as trocas térmicas devidas à ventilação do recinto são proporcionais ao calor específico, à taxa de renovação horária do ar , ao volume do recinto e à diferença de temperatura do ar interno e externo. A carga térmica transferida pela ventilação será:

$$Q_{\text{vent}} = 0,35 N V \Delta t \quad (29)$$

onde: Q_{vent} = carga térmica de ventilação (W).

0,35 = calor específico do ar ($C_{\text{ar}} = 0,35 \text{ W/ m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

N = número de renovações por hora

Δt = diferença de temperatura interna e externas ($\Delta t = t_e - t_i$)

3.7.2 - VENTILAÇÃO NATURAL

Ventilação natural ou espontânea é aquela que se verifica em um local em virtude das diferenças de pressões naturais (originadas pelos ventos e gradientes de temperaturas), existentes através das superfícies que limitam o ambiente considerado (Costa, 1981).

A ventilação natural de edifícios se faz através de dois mecanismos:

- ventilação por ação dos ventos
- ventilação por efeito chaminé

3.7.2.1 - VENTILAÇÃO POR AÇÃO DOS VENTOS

O fluxo de ar que entra e sai de um edifício depende da diferença de pressão entre os ambientes interno e externo, da resistência ao fluxo de ar oferecido pelas aberturas, pelas obstruções internas e de uma série de fatores relativo à incidência do vento e da forma do edifício (Frota e Schiffer, 1988).

A diferença de pressão exercida pelo ar sobre um edifício pode ser causada pelo vento ou pela diferença de densidade do ar interno e externo, ou por ambas as forças agindo simultaneamente. A distribuição das pressões sobre a edificação depende da direção dos ventos com relação à edificação e do fato de estar exposta às correntes ou protegida por obstáculos. O fluxo de ventilação devido a ação dos ventos pode ser calculado por meio da seguinte expressão (Nãas, 1989):

$$Q_v = k \cdot A_0 \cdot v \cdot \sqrt{C_e \cdot C_s} \quad (30)$$

onde:

- Q_v = fluxo ou vazão pela ação dos ventos
- k = coeficiente de perda por ação dos vento ($k = 0,6$ para o SI.)
- A_0 = área equivalente das aberturas
- v = velocidade do vento externo resultante na abertura
- C_e = coeficiente de pressão da abertura na entrada de ar
- C_s = coeficiente de pressão da abertura na saída de ar

A área equivalente das aberturas (A_0) será função das áreas de abertura de entrada e de saída de ar, dentro da seguinte relação:

$$\frac{1}{A_0^2} = \frac{1}{A_e^2} + \frac{1}{A_s^2} \quad (31)$$

sendo:

A_e = área da abertura de entrada

A_s = área da abertura de saída

No que se refere aos coeficientes de pressão C_e e C_s , há alguns estudos, feitos através de modelos, que fornecem seus valores para casos particulares estudados.

Segundo Frota e Schiffer (1988) ao se lidar com edificações situadas na área urbana o efeito da ação dos ventos pode ser pequeno, em função da proximidade entre as construções.

3.7.2.2 - VENTILAÇÃO POR EFEITO CHAMINÉ

O efeito da diferença de densidade do ar externo e interno provoca o chamado efeito chaminé (Frota e Schiffer, 1988).

A ventilação por diferença de temperatura pode ser obtida por simples aberturas separadas e em alturas diferentes de entrada e saída de ar. Neste caso, a diferença de nível entre elas é importante, podendo a ventilação ser aumentada por meio de canais de admissão ou saída de ar (chaminés de ventilação) os quais intensificam em muito a ventilação natural (Costa, 1982).

Segundo Nãas (1989), no que se refere à vazão de ar, a fórmula básica advém da analogia hidráulica, admitindo-se para a massa específica do ar um valor correspondente a uma temperatura média do ar externo e interno, e uma diferença de pressão referida às meias alturas das aberturas. Admitidas essas hipóteses, válidas para casas e edificações de uso genéricos, a fórmula básica para o cálculo da vazão de ar por efeito chaminé será :

$$\phi_c = 0,128 A \sqrt{h(t_i - t_e)} \quad (32)$$

onde

ϕ_c = vazão de ar por efeito chaminé

A = área da abertura, considerada a de entrada ou de saída, segundo seja esta ou aquela a menor

h = altura medida a partir da metade da altura de entrada de ar até a metade da abertura de saída de ar

t_i = temperatura média do ar interno na altura h

t_e = temperatura do ar externo à sombra.

Tem-se uma vazão de ar menor através do efeito chaminé, quando as entradas e saídas são iguais; o aumento das saídas em relação as entradas de ar ou vice versa, aumentará a vazão do ar, mas não na mesma proporção em que a área foi aumentada (Mesquita et al. 1985).

Quando há uma certa carga térmica (Q) no interior de um recinto, e uma determinada condição de temperatura do ar exterior e se pretende que a temperatura do ar interior se mantenha num valor (t) superior à temperatura externa, pode-se calcular a vazão requerida utilizando-se a seguinte expressão (Nããs, 1989):

$$\phi_c = \frac{Q}{C_p \cdot (t_i - t_e)} \quad (33)$$

onde C_p = calor específico do ar a pressão constante ($C_p = 0,28 \text{ W/Kg } ^\circ\text{C}$)

3.8 - FONTES INTERNAS DE CALOR NUMA EDIFICAÇÃO

É fundamental a previsão da carga térmica que será gerada no interior de uma edificação, para as decisões de projeto referentes a arquitetura a ser adotada, sendo sempre função das exigências funcionais e humanas para os diferentes tipos de clima (Frota e Schiffer, 1988).

As fontes de carga térmicas normalmente encontradas em uma edificação são:

a – Presença humana

A quantidade de calor dissipada pelo organismo humano para o ambiente depende essencialmente da atividade física desenvolvida pelo mesmo.

b – Sistema de iluminação

A luz elétrica gera calor que é dissipado, por radiação, para as superfícies circundantes,

por condução através dos materiais, e por convecção para o ar.

Segundo Frota e Schiffer (1988), as lâmpadas incandescentes convertem apenas 10% de sua potência elétrica em luz, sendo que 90% se transforma em calor, dos quais 80% se dissipa por radiação e 10% por convecção e radiação.

As lâmpadas fluorescentes convertem 25% de sua potência elétrica em luz, sendo 25% dissipado sob a forma de calor radiante, para a superfícies circundantes e 50% é dissipado por convecção e condução.

O reator da lâmpada fluorescente fornece mais 25% da potência nominal da lâmpada, sob a forma de calor para o ambiente.

Como, a luz também se transforma em calor depois de absorvida pelos materiais, no caso de iluminação com lâmpadas incandescentes, adota-se como carga térmica, a potência instalada e para as fluorescentes, 125% o que se refere à potência nominal mais 25% referentes aos reatores (Frota e Schiffer, 1988).

c – Motores e equipamentos

O calor dissipado por motores para o ambiente é função de sua potência e de suas características.

Segundo Frota e Schiffer (1988), para equipamentos adota-se como calor cedido ao ambiente cerca de 60% da potência nominal dos aparelhos elétricos, com exceção dos aparelhos cuja função é aquecer.

d – Processos industriais

A avaliação das cargas térmicas dissipadas para o ambiente por processos industriais como siderurgias, metalurgia etc., deve ser feita à partir das temperaturas superficiais aquecidas, calculando-se os fluxos de calor através dos mecanismos de trocas térmicas (Frota e Schiffer, 1988).

3.9 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO ATRAVÉS DE MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Para a execução de uma edificação adequada ao clima, partindo-se das necessidades humanas relativas ao conforto térmico, se faz necessário o conhecimento do clima local, principalmente em termos das variáveis climáticas que influenciam o conforto térmico.

De posse do projeto esquemático e das especificações dos materiais a serem utilizados na edificação, é necessário que seja efetuada uma avaliação quantitativa do desempenho térmico que a futura edificação poderá apresentar.

Frota e Schiffer (1988), consideram que o melhor método a ser aplicado na avaliação do desempenho térmico de uma edificação é o Método do CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment – Paris), isto porque, o mesmo se baseia em dados climáticos disponíveis e numa abordagem acessível no que diz respeito às características dos materiais.

A avaliação do desempenho térmico, pode ser realizada através do Método da Admitância, que é uma técnica para se estimar a energia transferida e a mudança de temperatura sob condições cíclicas constantes (Milbank et al. 1974).

O Boletim Eternit nº 100 (1981), reporta a Avaliação do Conforto Térmico no período de fevereiro de 1977 a março de 1979, de quatro casa protótipos construída em área do Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT. A avaliação foi feita através do Nomograma da Temperatura Efetiva.

Becker (1993), realizou a verificação “in loco”, do comportamento térmico durante o outono de 1990, de um protótipo habitacional de um pavimento, localizado na cidade de Cachoeirinha, RS. A avaliação do desempenho térmico da edificação foi realizado através da comparação dos diferentes valores de temperatura em tempo real obtidos na edificação, com os critérios de conforto térmico da norma ASHRE 55-81.

Serravite et al. (1995), realizaram a avaliação do desempenho de ambientes do anexo da Assembléia de Belo Horizonte, MG, através da utilização do Diagrama Bioclimático de Givoni e das Tabelas de Mahoney.

Akutsu et al. (1995), desenvolveram um Método Expedito para a avaliação do desempenho térmico de habitações de interesse social; o método se baseia nas aplicações dos

procedimentos rotineiros utilizados pelo Instituto de Pesquisa de Tecnologia do Estado de São Paulo – IPT, na avaliação do desempenho térmico de edificações.

Araújo et al. (1995), realizaram a avaliação do desempenho térmico dos setores de aula do campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, através de medidas “in loco” e de estudos comparativos desses setores de aulas pela análise de variáveis contínuas e discretas que representam dados climáticos, dados da estrutura física da edificação e de critérios de Conforto Térmico dos usuários.

3.9.1 - MÉTODO DE MAHONEY

O método de Mahoney (Koenigsberger et al. 1977) é um método simples e prático que permite uma análise rápida de parâmetros climáticos obtidos em estações climáticas selecionadas.

O clima do local onde será feita a edificação é analisado e diagnosticados através de tabelas que contém uma série de indicadores climáticos desenvolvidos por Mahoney. Estes indicadores são transformados em especificações de funcionamento ou recomendações para o projeto esquemático.

O método é constituído, ao todo, de quatro tabelas:

Tabela 1

Apresenta os dados de temperatura do ar, umidade relativa, chuva e vento para o local em estudo.

Tabela 2

Estabelece um diagnóstico do clima. O resultado final desta tabela é a obtenção de um ou mais indicadores climáticos para cada mês.

Tabela 3

Fornece recomendações de projeto de acordo com os indicadores obtidos na Tabela 2.

Essas recomendações se referem a: disposição, espaçamento, movimento do ar, aberturas, paredes, telhados, dormitórios externos e proteção contra chuva.

Tabela 4

Recomendações mais detalhadas que as propostas na Tabela 3. Referem-se a: tamanho, posicionamento e proteção das aberturas, paredes e piso, telhados e características externas.

Quando há diferença entre as recomendações propostas pelas Tabelas 3 e 4, as referentes a esta última devem prevalecer sobre a primeira.

3.9.2 - MÉTODO DO C.S.T.B. (Centre Scientifique et Technique du Batiment – Paris)

O Método do C.S.T.B. (Croiset, 1968), é um método de cálculo que faz aproximações para o regime permanente. O método considera o conforto térmico de inverno e de verão. No conforto térmico de inverno, são consideradas apenas as perdas térmicas, uma vez que no inverno se deseja que a temperatura do ambiente interno de uma edificação seja superior à temperatura do ambiente externo. No conforto térmico de verão é feito um balanço térmico de “hipótese” sobre o que sejam os ganhos e as perdas; as trocas são consideradas por diferença de temperatura e os ganhos devidos à incidência da radiação solar.

3.9.2.1 - CONFORTO TÉRMICO DE INVERNO

A temperatura ambiente média depende do equilíbrio entre as perdas e o aquecimento artificial. O conforto térmico no inverno também depende das paredes, dos pisos frios e das correntes frias de ar no ambiente;

- as perdas de calor através das paredes opacas e transparentes serão função do coeficiente global de transmissão térmica da parede (K) e da diferença de temperatura (Δt).

O fluxo térmico que atravessa a parede é dado pela equação (19):

$$q' = K \Delta t \quad \Delta t = (t_i - t_e)$$

- as perdas de calor através da ventilação (renovação do ar) no ambiente podem ser avaliadas por meio da equação (29):

$$Q'_{\text{vento}} = 0,35 N V (t_i - t_e)$$

Para o balanço das perdas de calor tem-se:

$$Q' = \sum A_{op} K_{op} (t_e - t_i) + \sum A_{tr} (t_i - t_e) + 0,35 N V (t_i - t_e) \quad (34)$$

onde:

A_{op} = área da superfície opaca

K_{op} = coeficiente global de transmissão térmica da superfície opaca

A_{tr} = área da superfície transparente

K_{tr} = coeficiente de transmissão térmica da superfície transparente

N = número de renovações do ar do ambiente por hora

V = volume do ambiente

t_i = temperatura interna

t_e = temperatura externa

Q' = carga térmica

Como cada termo é proporcional a $(t_i - t_e)$, é possível exprimir as perdas em função da diferença de temperatura interna e externa, dividindo-se por V (volume do recinto):

$$G = \frac{\sum A_{op} K_{op}}{V} + \frac{\sum A_{tr} K_{tr}}{V} + 0,35 N \quad (35)$$

G é denominado coeficiente volumétrico de perdas de calor

Para verificação da ação das paredes frias, recorre-se a equação:

$$\theta_i = \frac{t_i K}{h_i} (t_i - t_e) \quad (36)$$

onde:

θ_i = temperatura da superfície interna

K = coeficiente global de transmissão de calor

h_i = coeficiente de condutância térmica superficial interna

t_i = temperatura interna

t_e = temperatura externa

Este efeito será sentido em termos de homogeneidade de conforto; as vidraças, por exemplo, são um ponto fraco sob esse aspecto. Próximo à janela, um indivíduo estará sujeito, de

um lado, à temperatura do vidro (baixa) e de outro, à temperatura de outras paredes e do ar no ambiente.

Segundo Croiset (1968), o limite de conforto humano para as diferenças entre as temperaturas das paredes, inclusive a do vidro, é 4 °C, expresso em temperatura radiante orientada, para o indivíduo situado a um metro da parede mais fria.

À medida que o ponto de localização do indivíduo se afasta da janela, essa diferença diminui. Esse efeito pode ser minimizado quando os radiadores de calor, utilizados para o aquecimento dos ambientes, forem localizados sob a janela.

3.9.2.1.1 - DADOS CLIMÁTICOS PARA O CONFORTO DE INVERNO

O C.S.T.B. apresenta os seguintes critérios para a seleção adequada da temperatura externa de cálculo (t_e):

a - por razões econômicas, as temperaturas excepcionalmente baixas encontradas num período de dez ou até cinco anos são negligenciadas.

b - procura-se realizar o conforto térmico com base numa temperatura exterior representada pela temperatura mais baixa registrada, média, um dia por ano (temperatura de exigência), a partir de pelo menos cinco a dez anos de registro.

c - partindo-se do princípio de que a edificação tem uma certa inércia e está sujeita a uma variação diária de temperatura; a denominada temperatura de cálculo é tomada como temperatura de exigência acrescida de 4 °C.

A temperatura externa de cálculo para conforto de inverno é dada pela equação:

$$t_e = \frac{t_d + t_s}{2} + 4 \quad (37)$$

onde:

t_d = média mensal das temperaturas mínimas diárias do mês mais frio

t_s = média das temperaturas mínimas observadas durante o mês

t_e = temperatura externa de cálculo

3.9.2.2 - CONFORTO TÉRMICO DE VERÃO

Partindo-se do pressuposto de que todas as equações de trocas térmicas são lineares e de que os coeficientes são constantes e ainda que a renovação do ar seja constante, o método do C.S.T.B. propõe que se calcule a temperatura do ar de um local não climatizado artificialmente, considerando-o sujeito a um regime permanente, da seguinte maneira:

a - considera-se o regime provocado pela onda de temperatura exterior e insolação nula; a onda de temperatura interior é correspondente ao mesmo valor médio que a onda de temperatura do ar exterior, mas a sua amplitude é amortecida segundo a inércia da construção;

b - considera-se, em seguida, o regime provocado pela onda de calor advindo da insolação, sem considerar as temperaturas do ar exterior (aqui também se leva em conta a inércia da construção - amortecimento e atraso).

Fixada a temperatura exterior base para o cálculo (t_e) – temperatura de cálculo – e observados os dados de clima referentes à radiação solar, umidade relativa do ar e ventos; monta-se as equações relativas às trocas térmicas pelas vias citadas: diferença de temperatura interna e externa, e a radiação solar incidente.

Para as superfícies opacas, conhecidas as características térmicas da parede, calcula-se a intensidade do fluxo térmico transmitido através dela pela equação :

$$q = \frac{\alpha I_g K}{h_e} \quad (38)$$

onde:

- α = coeficiente de absorção da radiação solar
- I_g = intensidade da radiação solar
- h_e = coeficiente de condutância térmica superficial interna
- K = coeficiente global de transmissão térmica.

Para superfícies transparentes:

$$q = \text{Str } I_g \quad (39)$$

onde: Str = fator solar de material transparente.

No que se refere às trocas térmicas por diferença de temperaturas do ar exterior e interior, considera-se que o ar interior está a uma temperatura superior à do ar exterior, como ponto de partida, e assim essas trocas serão no sentido de dentro para fora da edificação e representam perdas de calor (q'):

$$q' = K (t_i - t_e) = K \Delta t$$

tanto para superfícies opacas como para superfície transparente e,

$$Q'_{\text{vento}} = 0,35 N V \Delta t$$

para a carga térmica transferida pela ventilação.

Tem-se que adicionar também os dados de ocupação, referentes às pessoas e outras fontes de calor. Com os dados calculados referentes aos ganhos e perdas de calor, calcula-se a diferença entre as temperaturas internas e externas (Δt), admitindo-se que a somatória dos ganhos menos a somatória das perdas é igual a zero, pois caso contrário os ambientes entrariam em processo de aquecimento ou resfriamento contínuo, o que evidentemente não ocorre.

O Δt assim calculado seria real no caso da inércia térmica da edificação ser considerada nula. Neste caso, a temperatura interna máxima ($t_{i \text{ max}}$) seria a temperatura externa máxima acrescida de Δt , pois para uma inércia nula o atraso também é nulo, assim como o amortecimento. A temperatura interna máxima é calculada através da equação:

$$t_{i \text{ max}} = t'_e + (1 - \phi) E + (1 - \phi) \Delta t \quad (40)$$

sendo $E = \frac{A}{2}$ (elongação)

onde:

- $t_{i \text{ max}}$ = temperatura interna máxima
- ϕ = coeficiente de amortecimento da edificação
- A = amplitude entre a temperatura máxima e mínima
- t'_e = temperatura média externa

3.9.2.2.1 - DADOS CLIMÁTICOS PARA CONFORTO TÉRMICO DE VERÃO

Para o verão o C.S.T.B. apresenta os seguintes critérios para a escolha adequada da temperatura externa de cálculo:

a - temperatura de “exigência”, fixada como aquela que foi registrada com uma frequência de cinco dias por ano, calculada como média de um grande número de anos, e que coincide com a temperatura de cálculo.

b - para os cálculos, pode-se considerar que as curvas que se sucedem no decorrer de uma sequência quentes, como idênticas e podem ser representadas por uma senóide que tem como máximo a temperatura de cálculo e como média, as médias cotidianas dos dias de sequência.

A radiação solar, não considerada no caso de conforto de inverno, é um fator importante no verão e os dados devem ser retirados dos registros meteorológicos ou adotados de tabelas referentes à latitude do lugar.

Nos casos em que a ventilação é exigida como fator de conforto, é importante que se tenha os dados climáticos da direção e velocidade do vento, desde que se observe que esses possam ajudar na ventilação interna.

A temperatura externa é dada pela equação:

$$t_{e \max} = \frac{T_d + T_s}{2} \quad (41)$$

$$t_{e \min} = \frac{t_d + t_s}{2} \quad (42)$$

A amplitude (A) é calculada segundo a expressão:

$$A = \frac{(T_d - t_d) + (T_s - t_s)}{2} \quad (43)$$

onde: t_e = temperatura externa máxima

t_i = temperatura interna mínima

T_s = média das máximas anuais do mês mais quente

T_d = média das máximas diárias do mês mais quente

t_s = média das mínimas anuais do mês mais quente

t_d = média das mínimas diárias do mês mais quentes

3.10. - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO POR PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.

Hall e Paterson (1980) afirmam que os programas de simulação de análise da energia de uma edificação são uma ferramenta útil que auxilia o projetista de edificações a se conseguir um desempenho térmico mais eficiente; todavia esses programas de simulação são em sua maioria complexos e difíceis de serem interpretados; ambos consideram que os programas de análise de energia devem ter uma Certificação.

A Certificação de programas de simulação poderá fornecer ao engenheiro a confirmação de que o programa realiza os cálculos corretos e na sequência adequada, produzindo resultados confiáveis.

Fullman e Helm (1980), no artigo Os Pros. e Contras da Certificação de Programa de Simulação de Energia, afirmam que a maioria dos engenheiros aceitam o processo de simulação como uma ferramenta eficaz e eficiente na fase de projeto. Outros consideram o processo de simulação como mera “magia negra”; e uma minoria aceita os resultados do processo de simulação como fato absolutos.

Kassuda et al. (1981), realizaram a comparação da carga de resfriamento medida de hora em hora em uma casa teste, com a temperatura calculada e usada no NBSLD (National Bureau of Standadards Heating/Cooling Load Determination Prograram) e com o valor determinado por dois programas de análise de energia de domínio público, o DOE - 2 (Departament Of Energy) e o BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics). Apesar das várias suposições arbitrárias empregadas para a simulação, a real interpretação de detalhes e a operação do teste da casa, obteve-se bons ajustes entre a carga calculada e observada.

O uso crescente de modelos de análise de energia de edificação por simulação computacional tem aumentado a motivação para se avaliar a precisão dos mesmos; este fato está propiciando um aumento do número de estudos de verificação desta precisão com o uso de dados mensuráveis (Wagner, 1984).

McQuiston (1984) realizou uma revisão da literatura na busca de informações relevantes para os procedimentos de cálculos da carga térmica residencial. Com base na literatura foi realizada uma análise e um estudo que resultou em uma atualização completa de informações e no

surgimento de um novo procedimento para o cálculo de carga digno de confiança para a comparação com a análise detalhada de um computador.

Yuill (1995), realizou a verificação da combinação dos componentes necessários para a simulação do desempenho térmico de duas casas situadas em climas diferentes. Um dos componentes são os aspectos internos do programa BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics), utilizado na simulação do desempenho térmico das duas casas.

O outro componente analisado foi a entrada de dados preparado para descrever as duas construções. A análise das predições do BLAST e das medidas da energia consumida pelas duas casas indicou algumas limitações para o estudos, mesmo assim, Yuill concluiu que o resultado do estudo do programa de simulação BLAST foi satisfatório.

Robertson et al. (1985), realizaram a análise comparativa de quatro programas de simulação computacional de avaliação do desempenho térmico, utilizando dados experimentais de edificações de testes no norte do Novo México. Os programas utilizados foram: o DOE – 2.1 A, o DOE – 2.1 C, o BLAST e o DEROB. Diferenças e dificuldades foram encontradas, uma delas foi a carga térmica (ocorreu uma variação de $\pm 10\%$ entre o valor medido e o valor predito pelos programas de simulação utilizados) e outra foi a influência da características térmicas das paredes.

No Brasil, pesquisadores do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos S.P., desenvolveram o ARQUITROP, um programa simplificado de computador de Avaliação do Conforto Térmico e Economia de Energia em Edificações.

Rauber (1993) realizou a análise comparativa entre três diferentes software:

ARQUIPAK – desenvolvido por Stevan Szokolay da Universidade de Queensland Austrália.

THEDES - desenvolvido por Miguel Sattler do CIENTEC, Porto Alegre, RS

ARQUITROP - desenvolvido por Mauricio Roriz e Admir Basso da Universidade Federal de São Carlos, SP.

No desenvolvimento dos modelos de simulação, muitas hipóteses simplificativas são adotadas, devido à complexidade dos fenômenos envolvidos; tais hipóteses implicam em um distanciamento da situação real, podendo vir à comprometer a precisão dos resultados apresentados, fazendo mister a validação desses modelos.

Os programas comparados apresentaram diferenças nas temperaturas internas do ambiente,

resultantes da simulação e principalmente nos fluxos de calor através dos componentes da edificação. Os resultados obtidos nestas simulações não são suficientes para conclusões a respeito dos programas por não existir um padrão real para comparação.

Bulla (1995) realizou um estudo comparativo do consumo energético para edifícios comerciais em Florianópolis, através da variação de parâmetros relacionados à envolvente da construção. Neste estudo foi utilizado o programa computacional DOE 2.1 E. Este programa proporciona a análise das várias alternativas de projeto, a verificação do consumo final de prédios existentes a fim de se tomar decisão quanto as medidas para alterar os valores de consumo excessivo .

A análise comparativa realizada por Bulla (1995) mostrou que com a variação de alguns parâmetros pode-se alcançar valores significativos na redução do consumo final de energia anual.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA

4.1 - OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo é uma residência originariamente térrea e geminada, edificada nos anos 50, segundo a concepção e estilo arquitetônico da época. Nos anos 80 a residência foi reformada e remodelada transformando-se numa residência de dois pavimentos.

O objeto de estudo foi escolhido por apresentar particularidades interessantes para uma análise de desempenho térmico devido:

- ser uma residência de dois pavimentos com 166,20 metros quadrados de área construída, edificada junto ao alinhamento da rua de um lote retangular e estreito com 4,70 metros de frente e 26,40 metros de fundo (lote estreito).
- estar a residência localizada em uma região densamente habitada na área central da cidade de Campinas, SP e portanto sujeita ao efeito conhecido como ilha de calor.
- a rua onde se localiza a residência é estreita e todas as demais residências da quadra também estão edificadas no alinhamento dos lotes com a rua.
- a residência está praticamente edificada junto às divisas laterais do lote, tendo a sua alvenaria de fechamento encostada nas alvenarias das edificações laterais que são térreas.

- na região onde a residência está edificada, existem seis prédios com mais de dez andares, uma área verde arborizada, sendo que um desses prédio se localiza na divisa de fundo do lote.

- na região não existem atividades intensas, produtoras de calor; a circulação de veículos automotores na rua da residência é pequena mesmo nos horários de pico e intensa na região que a envolve.

A figura 11 apresenta a foto da fachada da residência objeto da avaliação do desempenho térmico



Figura 11 – Foto da residência cujo desempenho térmico foi avaliado

Na figura 12 é apresentado o esquema do pavimento térreo e do pavimento

superior da residência a ser avaliada.

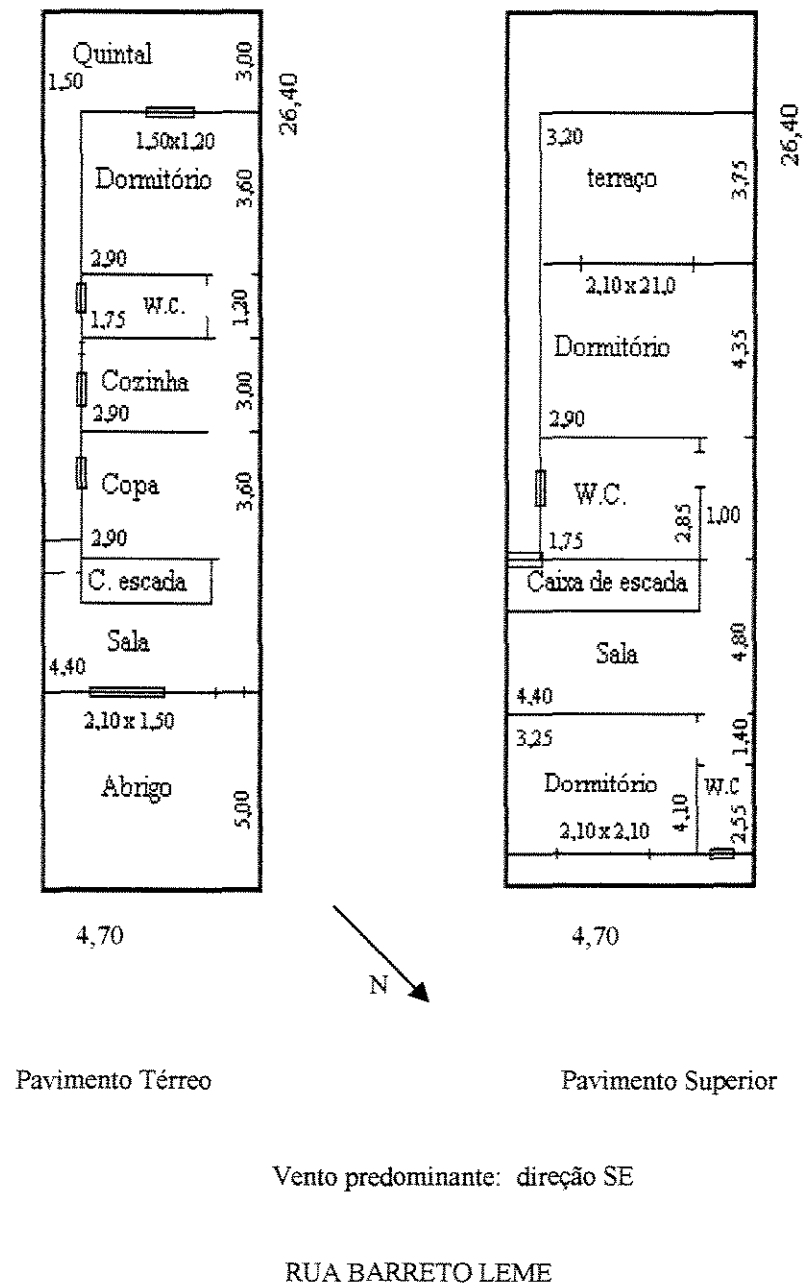
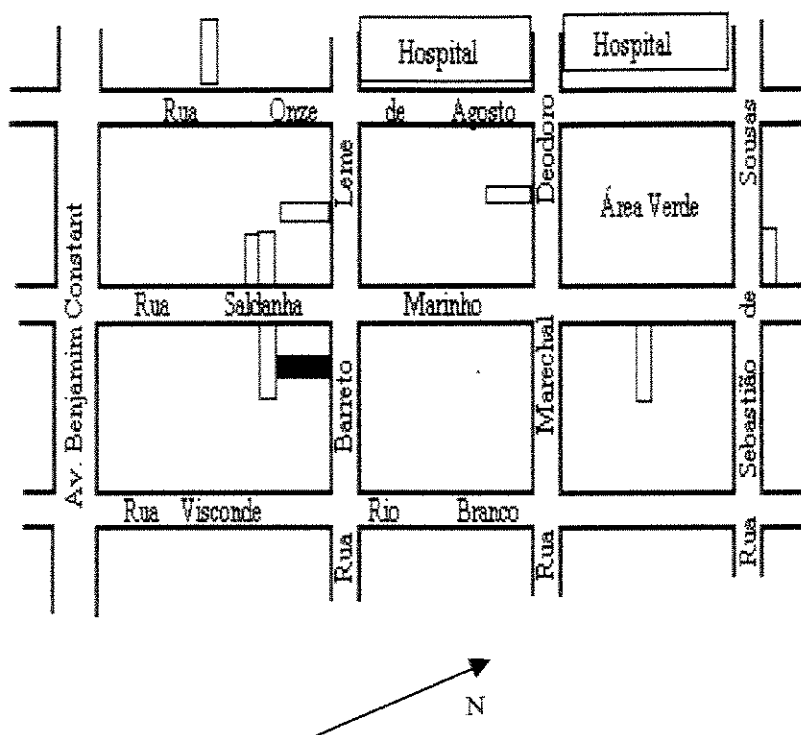


Figura 12 – Esquema da residência sem escala.

Na Figura 13 é apresentado um esquema sem escala da localização da residência e sua envoltória.



O retângulo em negrito representa o objeto do estudo, os demais retângulos são prédios altos.
 Figura 13 – Esquema da localização da residência sem escala.

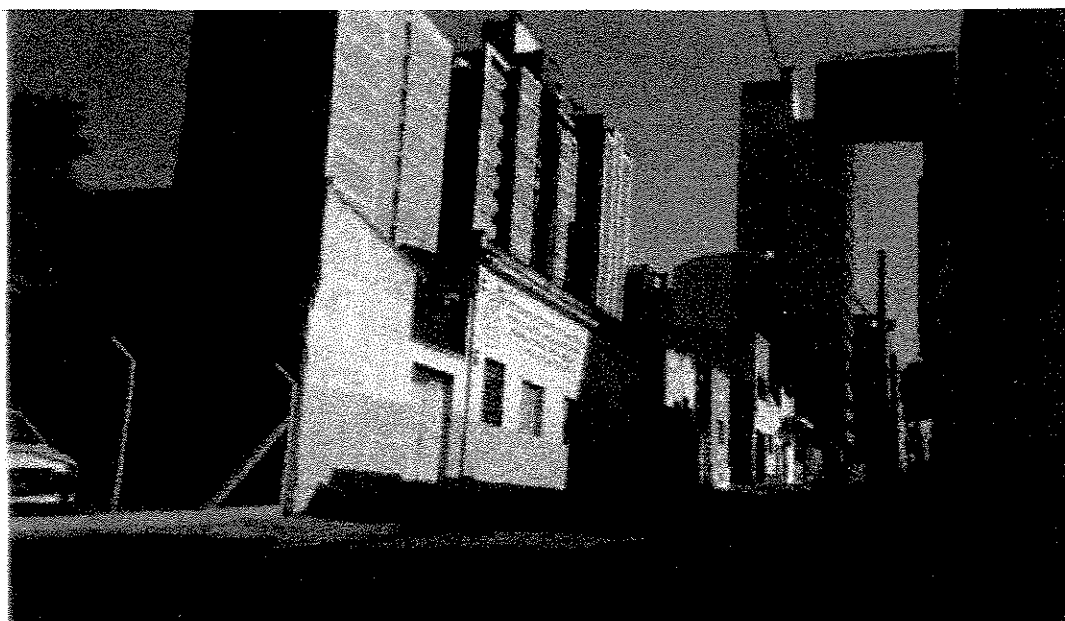


Figura 14– Foto da rua onde se localiza a residência.

4.1.1 - DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS COMPONENTES DA EDIFICAÇÃO

O telhado foi executado em madeira com cobertura de telhas de barro; os forros e as lajes de piso do pavimento superior foram executados com lajes pré moldadas.

Na alvenaria de fechamento foram utilizados tijolos comuns de barro, as paredes externas e internas foram executadas em meio tijolo; as paredes e os forros foram revestidos com massa fina. A cozinha e os banheiros tem suas paredes revestidas com azulejos do piso até a altura do teto. Os pisos foram executados em material cerâmico, com exceção dos quartos cujo, piso é de tacos de madeiras. Nos caixilhos e portas de ferro foram colocados vidros do tipo cancelado.

A pintura das paredes internas e externas foi realizada em tom cinza claro; todos os forros receberam pintura na tonalidade branca.

4.2 - DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO DE CAMPINAS

Os dados climáticos foram levantados junto ao Posto Meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas- I. A.C. no período de 1983 a 1997. Os dados climáticos foram tratados, com o objetivo de serem utilizados nos Métodos Experimentais e no Programa de Simulação Térmica do Ambiente.

Para cada ano da série de dados climáticos e para cada mês foram levantados os seguintes parâmetros:

- a - temperatura média mensal
- b - média mensal das temperatura máximas
- c - média mensal das temperaturas mínimas
- d - média mensal da umidade relativa do ar
- e - média mensal da umidade relativa do ar (leituras matutinas)
- f - média mensal da umidade relativa do ar (leituras vespertinas)
- g - valores médio mensais de precipitações
- h - velocidades médias e direções predominantes dos ventos
- I - média mensal das horas diárias de insolação

Observação:

Nos dados climáticos obtidos junto ao IAC, não estavam disponíveis os valores das leituras matutinas e vespertinas da umidade relativa do Ar; esses valores foram obtidos junto ao Posto Meteorológico da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp (FEAGRI).

4.3 - RECOMENDAÇÕES PARA PROJETOS ARQUITETÔNICO

Foi utilizado o Método de Mahoney (Koenigsberger et al. 1977), por ser um processo simples e prático que permite uma análise rápida dos parâmetros climáticos da região em estudo.

O clima do local analisado foi diagnosticado através de tabelas que contém uma série de indicadores climáticos desenvolvidos por Mahoney, estes indicadores são transformados em especificações de funcionamento ou recomendações para projeto esquemático.

4.4 - PARTE EXPERIMENTAL

4.4.1 - PARÂMETRO A SEREM MEDIDOS

Para a avaliação térmica da edificação são necessários os seguintes parâmetros:

- a - Temperatura interna e externa do ar
- b - Temperatura de globo
- c - Umidade relativa do ar
- d - Velocidade do ar

As medições foram realizadas segundo o método preconizado pela Norma ISO 7726/1985

As temperaturas internas e externas foram medidas com o auxílio de um termômetro de mercúrio. A temperatura de globo foi medida com a utilização de um termômetro de globo, que consiste de uma esfera oca de 11,7 centímetros de diâmetro, pintada externamente de preto fosco e em cujo interior é colocado um termômetro comum, (o centro do bulbo do termômetro deve coincidir com o centro da esfera).

A umidade relativa do ar foi obtida através da leitura das temperaturas de bulbo seco e

bulbo úmido com a utilização do diagrama psicrométrico. A velocidade do ar foi medida com o auxílio de um anemômetro de fio quente, marca TSI – Incorporated Modelo 8330.

4.4.2 LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Os termômetros de bulbo seco, úmido e o de globo foram instalados em um tripé, a uma altura de 1,10 metros do piso acabado do ambiente analisado (esta distância vai do piso ao centro do bulbo dos termômetros, correspondendo aproximadamente a altura de uma pessoa sentada), conforme preconiza a ISO 7726/85.

O conjunto de termômetros foi instalado no centro do ambiente analisado.

Os locais escolhidos para a avaliação foram:

Pavimento inferior

- a - abrigo
- b - sala de estar
- c - quarto inferior
- d - quintal

Pavimento superior

- a - sala de estar superior
- b - quarto - suite
- c - quarto social

4.4.3 PERÍODOS E INTERVALOS DE MEDIÇÃO

Os períodos escolhidos para a avaliação foram:

- a - Período frio - julho
- b - Período quente – final de fevereiro, a
começo de março

As medidas das temperaturas, foram realizadas a partir das 6:00 Horas e com intervalo de duas horas até as 22:00 Horas.

O conjunto de termômetros foi colocado no centro do ambiente e a leitura das temperaturas dos mesmos foi feita trinta minutos após o mesmo ter sido colocado no ambiente a ser analisado. Tal procedimento foi realizado para que ocorresse a estabilização dos termômetros.

Com relação às aberturas (janelas abertas ou fechadas), os ambientes foram analisados de acordo com a ocupação normal da casa: no período frio somente as janelas da cozinha e banheiros permanecem abertas o dia todo; no período de verão as janelas da casa permanecem abertas durante algumas horas do dia.

4.5 – ANÁLISE EXPERIMENTAL DO CONFORTO TÉRMICO DO AMBIENTE ANALISADO.

O grau de conforto ou desconforto térmico de cada ambiente foi determinado a partir dos resultados das medições e dos fatores individuais através do VME – Voto Médio Estimado, de Fanger.

O Voto Médio Estimado foi determinado com o auxílio do programa desenvolvido segundo a ISO 7730 / 1984 por J. M. Evans do Centro de Investigación Habitat y Energía, FDU,UBA.

4.6 – AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO PELO MÉTODO DO CSTB

O Método do CSTB foi aplicado nos períodos de inverno e de verão; os períodos definidos foram Julho e Fevereiro, que foram os meses em que foram realizadas “in loco” as medições da temperatura na edificação.

4.7 Simulação Computacional

O ARQUITROP Versão 3.0, modelo de avaliação desenvolvido por Roriz (1991), foi o programa de simulação utilizado, por ser um Método Simplificado de Avaliação de Projetos Arquitetônicos, quanto ao conforto térmico e ao consumo necessário de eletricidade para refrigeração ou aquecimento do ambiente.

O programa realiza:

- 1 – Análise do edifício e sua ocupação;
- 2 – Análise do Clima- conceito de “Zona de Conforto Térmico”;
- 3 – Análise do Balanço Térmico (perdas e ganhos) – método gráfico;
- 4 – Estimativa do consumo de energia para condicionamento.

O programa de simulação ARQUITROP fornece a avaliação térmica da edificação , a análise do clima da região onde se pretende fazer a edificação e as recomendações para o projeto feitas através do Método de Mahoney adaptado. Este programa foi desenvolvido em função do clima e dos materiais utilizados nas edificações Brasileiras

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS

5.1 - DADOS CLIMÁTICOS

No Quadro 6 são apresentados os dados climáticos da região de Campinas, levantados junto ao Posto Meteorológico do I.A.C. – Instituto Agrônômico de Campinas – Seção de Climatologia Agrícola;

- os dados são apresentados conforme o exposto no item 4.2 do Capítulo 4.
- o período de abrangência considerado foi de quinze anos, de 1983 a 1997.

No Quadro 7 são apresentadas as leituras matutinas e vespertina da umidade relativa do ar da região de Campinas levantadas junto ao Posto Meteorológico da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp (FEAGRI). O período de abrangência é de oito anos, de 1989 a 1996.

QUADRO 6

Dados Climáticos da Região de Campinas – 1983 a 1997

FONTE I.A.C. – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – SEÇÃO DE CLIMATOLOGIA AGRÍCOLA

LATITUDE: 22° 53' S

LONGITUDE: 47° 04' W

ALTITUDE: 694 M

Mês	T. Máxima Absoluta	T. Mínima Absoluta	Amplitude absoluta	T. média máxima	T. média mínima	Amplitude média	Umidade relativa %	Total Chuva mm	Nebulosida de média	Direção dos ventos	Velocidade do vento (m/s)	Insolação diária média – (h)
JAN.	33,31	16,85	16,46	29,95	19,6	9,9	77,73	252,4	5,9	C	2,06	6,15
FEV.	32,77	17,35	15,42	29,7	19,5	10,2	78,56	198,39	6,1	C	2,02	6,43
MAR.	32,27	15,65	16,62	28,9	18,7	10,2	77,61	191,01	5,4	SE	2,16	6,52
ABR.	31,25	13,53	17,72	27,8	17,4	10,4	76,34	80,31	4,5	SE	2,21	7,51
MAI.	29,40	9,840	19,56	25,3	14,8	10,5	76,45	97,14	4,2	C	2,01	6,91
JUN.	28,39	6,81	21,58	24,1	12,5	11,6	73,54	43,24	3,5	C	2,11	7,34
JUL.	28,77	6,98	21,79	24,6	12,4	12,2	68,03	32,09	2,7	SE	2,70	7,97
AGO.	29,65	7,51	22,14	26,3	13,3	13,0	63,94	32,14	3,2	SE	2,91	8,11
SET.	29,97	11,11	18,86	26,6	15,0	11,6	68,15	80,74	4,2	SE	3,43	6,40
OUT.	34,01	12,29	21,72	28,5	16,8	11,7	68,24	90,81	4,4	SE	3,32	7,07
NOV.	34,23	13,8	20,43	29,0	18,3	10,7	69,68	134,58	4,9	SE	2,95	7,51
DEZ.	33,05	15,43	17,62	29,1	19,9	9,2	75,34	217,65	6,3	SE	2,54	6,25

C – calmaria

QUADRO 7

Umidade relativa do ar

Período 1989 - 1996

Fonte FEAGRI – Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP

Umidade Relativa do Ar (%) – 9:00 Horas

Ano	Jan	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
X	X	X	X	X	X	X	X	60,8	59,9	69,8	68,5	73,5
89	74,3	78,8	74,2	69,8	71,6	77,3	73,3	68,2	71,5	63,0	66,2	73,6
90	73,5	76,2	74,8	71,2	73,9	75,2	78,4	70,5	67,2	66,9	65,7	68,1
91	71,5	77,8	78,5	76,5	70,6	74,4	70,6	57,6	63,4	62,9	64,7	72,2
92	72,8	68,6	73,8	75,1	78,1	73,3	71,2	69,2	72,4	72,3	70,2	68,9
93	74,9	82,1	74,4	74,2	73,5	75,1	72,0	65,9	72,7	67,9	64,3	68,4
94	74,1	73,5	70,5	69,3	64,9	72,5	69,3	64,9	57,5	68,0	71,2	75,2
95	80,7	82,8	70,5	69,4	74,4	71,5	67,2	58,1	63,4	70,3	70,1	72,6
96	75,9	77,9	72,6	71,7	75,4	74,0	70,5	69,9	X	X	X	X
Média	74,7	77,2	73,4	72,2	73,4	74,2	71,6	65,0	66,0	67,6	67,0	71,6

Umidade Relativa do Ar (%) – 15:00 Horas

Ano	Jan	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
88	X	X	X	X	X	X	X	29,5	38,6	49,7	47,8	53,5
89	63,2	63,1	52,3	50,1	47,3	50,3	43,9	40,7	51,8	39,4	50,6	57,8
90	53,7	52,7	54,6	51,2	49,4	42,4	44,1	46,5	46,3	46,7	48,7	48,6
91	59,6	54,5	65,5	54,7	43,2	49,9	41,0	33,0	41,0	48,1	44,7	60,3
92	57,4	53,1	59,0	52,3	55,3	42,7	44,5	43,9	56,2	55,7	54,1	48,9
93	59,8	64,2	56,1	47,8	47,5	46,8	39,8	39,9	52,9	45,3	41,5	53,5
94	57,7	51,1	51,1	45,8	47,8	37,3	30,9	29,4	29,6	41,5	43,4	52,5
95	56,4	68,1	49,4	46,3	48,0	39,3	39,8	30,8	43,6	48,7	44	52,2
96	52,7	49,3	53,2	45,2	46,8	43,1	40,2	35,1	X	X	X	X
Média	57,6	57,0	55,2	49,2	48,2	44,0	40,5	36,5	45,0	46,9	46,8	53,4

5.2 - RECOMENDAÇÕES

5.2.1 - APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MAHONEY

Tabela 1 de Mahoney

Situação	Campinas
Longitude	47 ° 05' E
Latitude	22 ° 54' S
Altitude	694 m

Temperatura média mensal do ar (°C)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máx	TMA
Máx média	29,9	29,7	28,9	27,8	25,3	24,1	24,6	26,3	26,6	28,5	29,0	29,1	29,9	21,2
Min. média	19,6	19,5	18,7	17,4	14,8	12,5	12,4	13,3	15,0	16,8	18,3	19,9	12,4	17,5
Diferença	10,3	10,2	12,2	10,3	10,5	11,6	12,2	13,0	11,6	11,7	10,7	9,2	Mín	DMA

$$TMA = (Max + Min) / 2$$

$$DMA = Max - Min$$

Umidade relativa média mensal (%)

	Jan	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Junho	Julho	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Máxima	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Mínima	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Valor médio	77,73	78,56	77,61	76,34	76,45	73,54	68,03	63,93	68,15	68,24	69,68	75,34
G. de umidade	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4

Grupo de Umidade			Grupo de Umidade	
Grupo	Umidade Relativa Média		Grupo	Umidade Relativa Média
1	< 30 %		3	50 – 70 %
2	30 – 50 %		4	> 70 %

Chuva e Vento

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Out.	Nov.	Dez	Total
Água de Chuva (mm)	252,4	198,4	191,0	80,31	97,14	43,24	32,09	32,14	80,74	90,81	134,6	217,6	1450,5
Vento dominante	C	C	SE	SE	C	C	SE	SE	SE	SE	SE	SE	

C = calmaria

Tabela 2 de Mahoney – Diagnóstico

		TMA > 20 °C		15 < TMA < 20°C		TMA < 15 °C	
Limites de conforto		Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
Grupo de umidade	1	24 - 36	17 - 25	23 - 32	14 - 23	21 - 30	12 - 21
	2	25 - 31	17 - 24	22 - 30	14 - 22	20 - 27	12 - 20
	3	23 - 29	17 - 23	21 - 28	14 - 21	19 - 26	12 - 19
	4	22 - 27	17 - 21	20 - 25	14 - 20	18 - 24	12 - 18

Q = quente : se a média mensal estiver acima do limite de conforto

C = confortável.....: se a média mensal estiver entre os limites de conforto

F = frio : se a média mensal estiver abaixo do limite de conforto

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima média mensal		29,9	29,7	28,9	27,8	25,3	24,1	24,6	26,3	26,6	28,5	29	29,1
Conforto superior		27	27	27	27	27	27	29	29	29	29	29	27
Diurno inferior		22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	22
Média mínima mensal		19,6	19,5	18,7	17,4	14,8	12,5	12,4	13,3	15,0	16,8	18,3	19,9
Conforto superior		21	21	21	21	21	21	23	23	23	23	23	21
Noturno inferior		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Solicitação diurna		Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	C	Q	Q	Q
Térmica noturna		C	C	C	C	F	F	F	F	F	F	Q	Q

Indicadores		Jan	Fev	Mai	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Σ
Úmido	H ₁	X	X	X	X								X	5
	H ₂					X	X							2
	H ₃	X											X	2
Seco	A ₁							X	X	X	X	X		5
	A ₂													0
	A ₃													0

Aplicável quando		Solicitação térmica		Água c de chuva	Grupo de	Diferença
Parâmetro	Indicador	Diurna	Noturna		umidade	mensal
Movimento do ar essencial	H ₁	Q			4	
		Q			2 - 3	< 10 °C
Movimento desaconselhável	H ₂	C			4	
Proteção contra a chuva	H ₃			> 200 mm		
Capacidade térmica necessária	A ₁				1 - 2 - 3	> 10 °C
Dormitórios exteriores	A ₂		Q		1 - 2	
necessários		Q	C		1 - 2	> 10 °C
Proteção contra o frio	A ₃	C				

Tabela 3 de Mahoney - Especificações recomendadas

Tabela de indicadores (Total)					
H ₁	H ₂	H ₃	A ₁	A ₂	A ₃
5	2	2	5	0	0

Disposição

			0-10			X	1	Orientação Norte - Sul (eixo maior Leste Oeste)
			11-12		5-12			
					0-4		2	Construção de pequenos pátios

Espaçamento

11-12							3	Grande separação para entra do vento
2-10						X	4	Mesmo que em 3, com proteção contra o vento
0-1							5	Distribuição compacta, pequeno movimento ar

Movimento do ar

3-12						X	6	Edificação , fila única, entrada permanente de ar
1-2							7	Edificações , duas filas, entrada periódica de ar
0							8	Não é necessário movimento de ar

Aberturas

			0-1		0		9	Abertura grande, 40-80 % da área da parede
			11-12		0-1		10	Abertura muito Pequenas, 10-20 % da área da parede
outras condições						X	11	Aberturas médias, 20-40 % da área da parede

Paredes

			0-1				12	Paredes finas, pequeno tempo de retardo
			3-12			X	13	Paredes externas e internas grossas

Telhados

			0-5		X	14	Telhados leves
			6-12			15	Telhados pesados, tempo de atraso superior a oito horas

Dormitórios externo

				2-12		16	Dormitórios externos necessários
--	--	--	--	------	--	----	----------------------------------

Proteção contra a chuva

	3-12					17	É necessária a proteção contra a chuva
--	------	--	--	--	--	----	--

Tabela 4 de Mahoney – Recomendações de Detalhes

Tabela de indicadores (total)					
H ₁	H ₂	H ₃	A ₁	A ₂	A ₃
5	2	2	5	0	0

Tamanho das aberturas

			0-1		0		1	Grande: 40-80 %
					1-12		2	Média: 25- 40 %
			2-5			X		
			6-10				3	Pequena: 15-25 %
			11-12		0-3		4	Muito pequena: 10-20 %
					4-12		5	Média: 25-40 %

Posicionamento das aberturas

3-12						X	6	Nas paredes norte e sul, à altura de um homem
1-2			0-5					à barlavento
			6-12				7	Como na indicação anterior, com aberturas
0	2-12							também nas paredes interiores

Proteção das aberturas

					0-2	X	8	Evitar luz direta do sol
		2-12				X	9	Proteger da chuva

Paredes e pisos

			0-2				10	Leves, com baixa capacidade térmica
			3-12			X	11	Pesados, com tempo de atraso superior a oito horas

Telhados

10-12			0-2				12	Telhados leves, superfície refletora
			3-12				13	Telhados leves
0-9			0-5			X		
			6-12				14	Telhado pesados, com tempo de retardo superior a oito horas

Características externas

				1-12			15	Dormitório externo são necessário
		1-12				X	16	Necessário drenagem adequada da chuva

5.2.2. - RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO NA REGIÃO DE CAMPINAS.

TABELA 3

A Tabela 3 dá ao projetista as especificações que resultam dos indicadores anteriores; (Tabela 1 e Tabela 2). As especificações recomendadas são:

- ❖ **Distribuição:** as edificações devem orientar-se no eixo leste- oeste, expondo ao norte e ao sul as maiores dimensões para reduzir a exposição ao sol.
- ❖ **Espaçamento:** edifícios bem separados para permitir entrada do vento. Deve ser prevista proteção contra os ventos frios ou contra os quentes e poeirentos.
- ❖ **Movimento do ar :** as edificações devem estar em uma única fila, com as janelas nas paredes norte e sul para assegurar movimento de ar através de ampla ventilação cruzada.
- ❖ **Aberturas médias:** entre 20 e 40% da área da parede. Nos trópicos não são aceitas aberturas nas paredes oeste em nenhuma circunstância.
- ❖ **Paredes:** paredes internas e externas pesadas.
- ❖ **Telhado:** telhado leve, bem isolado, com baixa capacidade térmica.
- ❖ **Dormitórios externos:** não devem ser previstos.
- ❖ **Proteção contra chuva:** necessita- se medidas de proteção, tais como galerias profundas, grandes saliências e corredores cobertos.

TABELA 4

A Tabela 4 é uma ampliação das tabelas anteriores; nela se encontra recomendações de desenhos dos elementos de um edifício.

- ❖ **Tamanho das aberturas:** médio, entre 20 e 40% da área da parede.
- ❖ **Posição das aberturas:** devem estar colocadas de forma que o vento incida diretamente sobre os ocupantes. A orientação preferencial é a norte sul, mas neste caso a direção do vento deve predominar sobre a orientação solar.
- ❖ **Proteção das aberturas:** exclusão total de radiação solar durante todo o ano proteção das aberturas contra chuva.
- ❖ **Paredes e piso:** pesados. Tijolos, blocos ou concreto de 300 mm de espessura satisfazem esse requisito. Caso estejam isolados do exterior, pode-se utilizar uma espessura menor, inferior a 100 mm.
- ❖ **Telhado:** telhado leve, bem isolados, com uma transmitância global não inferior a $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- ❖ **Características externas:** são necessárias medidas especiais para a drenagem do telhado. Devem ser evitados depósitos de água parada, por atraírem mosquitos.

5.2.3 - ANÁLISE DA RESIDÊNCIA EM ESTUDO À LUZ DO MÉTODO DE MAHONEY PARA A REGIÃO DE CAMPINAS.

A residência em estudo obedece a grande maioria das Especificações Recomendadas pela TABELA 3 de Mahoney. As especificações que não são obedecidas são as relativas a:

- Disposição da edificação – a edificação se encontra orientada no eixo Nordeste-Sudoeste (pela recomendação o eixo deveria ser leste - oeste),

- Espaçamento - a residência deveria estar separadas das outras edificações, para permitir entrada do vento,
- Movimento de ar – as aberturas das janelas estão nas paredes Nordeste e Sudoeste (pelas recomendações as janelas deveriam estar nas paredes Norte e Sul).

A residência em apreço obedece a todas as Recomendações de Detalhes – TABELA 4 de Mahoney.

CONCLUSÃO

A residência em estudo foi edificada dentro das recomendações preconizadas pelo Método de Mahoney para a cidade de Campinas, considerando os dados climáticos do período de 1983 a 1987.

Apesar de haver contradições entre as recomendações da TABELA 3 e TABELA 4, segundo o Método de Mahoney as recomendações da TABELA 4 prevalecem sobre as das TABELA 3, estando, portanto contempladas, no projeto.

O Método de Mahoney foi utilizado como uma ferramenta para a verificação se a residência analisada se encontra adaptada ao clima da cidade de Campinas, não se levando em consideração os detalhes citados no método que são muito importantes na fase de projeto.

5.3. - RESULTADOS DA AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

5.3.1 - MEDIÇÕES DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS

Nos períodos de 13 a 26 de julho de 1997, de 20 de fevereiro a 2 de março de 1998 e de 8 a 12 de julho de 1998, foram realizadas as medições “in loco” dos parâmetros ambientais na edificação apresentada no Capítulo 4.

Nos Quadros de 8 a 25 , são apresentados os resultados da medições realizadas tanto externa (temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e temperatura de globo) como internamente (temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e temperatura de globo)

nos locais da residência analisada (Item 4.4.2).

Os quadros apresentam dados do dia mais frio do período de inverno, e do dia mais quente do período de verão.

No período de inverno os dias considerados mais frio foram:

- 22 de julho de 1997
- 10 de julho de 1998.

Observações:

1 - O dia mais frio foi 21 de julho de 1997 porém, neste dia choveu das 8:00 às 22:00 Horas, não ocorrendo portanto a presença do sol.

2 - O período de inverno medido em 1997 (dia mais frio 22/7/97) se apresentou ameno deliberou- se então a realização de novas medições durante o período de inverno de 1998 (dia mais frio 10/7/98).

No período de verão o dia considerado mais quente foi;

- 23 de fevereiro de 1998.

QUADRO 8

TEMPERATURA EXTERNA – PERÍODO DE INVERNO

Dia 22 de julho de 1997 – Abrigo

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %	Observação
6:00	15,5	14,0	16,0	86	Céu escuro
8:00	16,5	15,0	16,5	86	Céu encoberto
10:00	19,0	15,0	19,0	64	Céu claro
12:00	20,5	17,0	20,5	70	Céu encoberto
14:00	20,0	15,0	19,7	59	Céu claro
16:00	20,0	16,5	19,0	61	Céu claro
18:00	18,3	16,0	17,5	80	Escurecendo
20:00	17,5	15,5	17,0	82	Escuro
22:00	17,0	14,7	16,5	81	escuro

QUADRO 9
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO
Dormitório do Pavimento Inferior
Dia 22 de julho de 1997

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:05	18,5	17,5	18,5	90
8:05	18,5	17,0	18,5	86
10:05	18,5	17,0	18,5	86
12:05	18,5	17,0	18,5	86
14:05	19,0	17,5	19,0	86
16:05	19,4	17,5	19,4	90
18:05	19,5	18,0	19,5	96
20:05	19,5	18,0	19,5	96
22:05	19,0	17,5	19,0	86

QUADRO 10
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO
Sala de Estar do Pavimento Inferior
Dia 22 de julho de 1997

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:10	19,5	17,5	19,4	82
8:10	20,5	17,5	20,0	75
10:10	20,5	17,5	20,5	75
12:10	20,5	18,0	20,5	78
14:10	20,7	18,0	20,7	74
16:10	21,0	18,0	20,5	74
18:10	20,0	18,5	20,5	87
20:10	20,5	18,0	20,5	76
22:10	19,5	18,0	19,5	94

QUADRO 11
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO
Dormitório Social do Pavimento Superior
Dia 22 de julho de 1997

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:30	17,7	15,5	17,5	76
8:30	17,7	15,5	17,5	76
10:30	18,5	15,4	18,4	73
12:30	19,5	17,0	19,0	78
14:30	19,7	17,0	19,5	78
16:30	20,0	17,0	19,7	74
18:30	20,0	17,4	19,7	77
20:30	20,0	17,5	19,7	77
22:30	19,5	17,0	19,5	76

QUADRO 12
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO
Sala de Estar do Pavimento Superior
Dia 22 de Julho de 1997

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:35	19,5	17,35	19,5	82
8:35	19,5	17,0	19,5	82
10:35	19,5	17,0	19,5	82
12:35	19,5	17,0	20,0	82
14:35	20,0	17,5	20,0	78
16:35	20,0	17,5	20,0	78
18:35	20,0	18,0	20,5	82
20:35	20,0	17,5	20,5	82
22:35	20,0	18,0	20,0	82

QUADRO 13
TEMPERATURA INTERNA – Período de Inverno
Dormitório suite do Pavimento Superior
Dia 22 de Julho de 1997

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:40	19,7	17,5	19,5	78
8:40	19,7	17,5	19,5	78
10:40	20,0	17,5	19,5	78
12:40	21,0	19,0	21,0	75
14:40	22,0	19,0	23,0	76
16:40	21,5	18,5	22,0	75
18:40	21,5	18,5	20,5	76
20:40	21,5	18,5	20,5	75
22:40	19,5	18,5	19,5	92

QUADRO 14
TEMPERATURA EXTERNA – PERÍODO DE VERÃO
ABRIGO – DIA 23 DE FEVEREIRO DE 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %	Observações
6:00	23,5	22,5	24,0	86	Céu escuro
8:00	26,0	22,5	26,5	74	Céu claro
10:00	27,0	23,0	28,5	72	Céu claro
12:00	28,0	23,5	30,5	75	Céu claro
14:00	29,0	23,0	30,5	66	Céu claro
16:00	29,5	23,0	30,5	64	Chovendo
18:00	28,5	23,5	30,0	66	Céu encoberto
20:00	24,5	23,0	25,0	94	Esfriando
22:00	24,5	23,0	25,0	94	Céu escuro

QUADRO 15
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE VERÃO
Sala de Estar do Pavimento inferior
Dia 23 de Fevereiro de 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:05	26,0	23,0	26,0	78
8:05	26,0	23,0	26,0	78
10:05	26,5	23,5	27,0	78
12:05	26,5	24,0	27,0	82
14:05	26,5	24,5	27,0	85
16:05	27,0	25,0	27,5	84
18:05	27,0	23,5	27,5	76
20:05	26,5	23,5	27,0	78
22:05	26,5	24,0	27,0	88

QUADRO 16
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE VERÃO
Dormitório do Pavimento inferior
Dia 23 de Fevereiro de 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:10	25,0	23,0	25,5	84
8:10	25,5	23,5	25,5	84
10:10	25,5	24,0	26,5	88
12:10	26,5	23,5	27,5	78
14:10	27,0	23,5	28,0	72
16:10	26,5	23,5	27,5	78
18:10	27,0	24,5	27,5	82
20:10	26,5	24,5	27,0	84
22:10	26,0	24,0	27,0	84

QUADRO 17
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE VERÃO
Dormitório Social do PAVIMENTO Superior
Dia 23 de Fevereiro de 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:15	25,5	23,0	26,0	88
8:15	26,0	23,0	26,0	78
10:15	26,5	23,0	27,5	72
12:15	27,0	23,5	28,0	74
14:15	28,0	24,0	29,0	72
16:15	28,5	24,0	29,5	68
18:15	28,0	24,5	28,5	74
20:15	28,0	25,0	28,5	78
22:15	27,5	25,0	28,5	82

QUADRO 18
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE VERÃO
Dormitório suite do PAVIMENTO Superior
Dia 23 de Fevereiro de 1998

Hora	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:30	25,5	23,0	26,0	88
8:30	26,0	23,0	26,5	78
10:30	26,0	23,5	27,0	78
12:30	26,5	23,5	27,5	78
14:30	27,0	24,0	27,5	78
16:30	28,0	24,5	27,0	76
18:30	27,5	24,5	27,0	78
20:30	27,0	24,5	26,5	78
22:30	27,0	24,5	26,5	78

QUADRO 19
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE VERÃO
Sala de Estar do PAVIMENTO Superior
Dia 23 de Fevereiro de 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:35	26,0	23,0	26,5	76
8:35	26,5	23,0	27,0	74
10:35	27,0	23,5	27,5	68
12:35	27,5	23,5	28,0	70
14:35	28,0	23,5	29,0	68
16:35	28,0	23,5	29,0	68
18:35	26,5	23,5	27,0	76
20:35	27,0	24,0	27,0	78
22:35	27,0	24,0	27,0	78

QUADRO 20
TEMPERATURA EXTERNA – PERÍODO DE INVERNO
ABRIGO – DIA 10 DE JULHO DE 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %	Observação
6:00	13,0	10,5	13,0	84	Céu escuro
8:00	13,0	11,0	14,0	90	Céu claro
10:00	16,0	12,0	19,0	62	Céu claro
12:00	19,5	15,0	23,0	62	Céu claro
14:00	16,0	13,0	18,0	62	Céu claro
16:00	15,5	13,0	17,5	72	Céu encoberto
18:00	15,5	13,0	14,5	72	Escurecendo
20:00	15,0	12,5	14,0	72	Escuro
22:00	14,0	12,0	14,0	80	Escuro

QUADRO 21
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO
Dormitório do Pavimento inferior
Dia 10 de Julho de 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:05	18,5	15,5	18,5	74
8:05	18,5	15,5	18,5	76
10:05	18,5	15,5	18,5	74
12:05	18,0	15,0	18,5	73
14:05	18,0	15,5	18,5	76
16:05	19,5	15,5	19,5	66
18:05	19,0	16,0	19,0	74
20:05	19,0	16,5	19,0	74
22:05	18,5	15,5	18,5	74

QUADRO 22
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO
Sala de Estar do Pavimento inferior
Dia 22 de Julho de 1998

Hora	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:10	18,0	15,5	18,5	69
8:10	18,0	15,0	18,0	74
10:10	18,0	15,0	18,0	74
12:10	18,5	15,5	19,0	74
14:10	18,5	15,5	19,0	74
16:10	18,5	15,0	19,0	86
18:10	18,5	16,0	19,0	86
20:10	18,0	15,5	18,5	78
22:10	17,50	15,0	18,5	88

QUADRO 23**TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO****Dormitório Social PAVIMENTO Superior****Dia 10 de Julho de 1998**

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:30	16,0	14,5	16,5	86
8:30	16,0	14,5	16,0	86
10:30	16,5	15,5	17,0	90
12:30	17,5	16,0	18,0	94
14:30	17,0	15,5	18,0	77
16:30	17,0	15,5	18,0	77
18:30	17,0	15,0	17,5	82
20:30	17,0	15,0	17,0	82
22:30	16,5	14,5	17,0	81

QUADRO 24**TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO****Sala de Estar do PAVIMENTO Superior****Dia 10 de Julho de 1998**

Hora	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:35	17,5	14,5	17,5	73
8:35	17,0	14,5	17,5	68
10:35	17,5	14,5	17,5	73
12:35	18,0	14,5	18,0	61
14:35	18,0	15,0	18,5	61
16:35	18,5	15,5	18,0	78
18:35	18,0	15,0	18,0	69
20:35	18,0	15,0	18,0	69
22:35	17,5	14,5	17,5	73

QUADRO 25
TEMPERATURA INTERNA – PERÍODO DE INVERNO
Dormitório suite do Pavimento Superior
Dia 10 de Julho de 1998

Horas	T. bulbo seco °C	T. bulbo úmido °C	T. de globo °C	Umidade %
6:40	17,0	14,5	17,0	68
8:40	17,0	14,5	17,0	68
10:40	17,5	14,5	18,0	68
12:40	18,0	15,0	19,0	73
14:40	18,0	15,0	18,5	73
16:40	18,0	15,0	18,5	72
18:40	17,0	15,0	17,5	72
20:40	17,0	15,0	17,5	72
22:40	17,0	15,0	17,0	72

5.3.2 - AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO: CÁLCULO DO VOTO MÉDIO ESTIMADO – MÉTODO DE FANGER.

O Voto Médio Estimado para a edificação analisada foi determinado com o auxílio do programa desenvolvido segundo a ISO 7730 / 1984 por J. M. Evans do Centro de Investigación Habitat y Energía, FDU,UBA.

Os horários escolhidos para a análise e determinação do Voto Médio Estimado, foram de quatro em quatro horas a partir da primeira medição.

A temperatura radiante média foi calculada através da equação (2), apresentada no Capítulo 3 item 2.3.1 :

$$t_{rm} = t_g + k v^{1/2} (t_a - t_g)$$

onde:

t_g (temperatura de globo)

t_a (temperatura ambiente)

v (velocidade do ar) = 0,1m/s

k (constante) = 0,24 no Sistema Internacional de Unidades

O valor da resistência da roupa foi obtido da Tabela 7, considerando-se:

- período de inverno de 1997, foi considerado para vestimentas: roupa íntima curta, meias, calças leves de algodão, camisa de manga curta com colarinho aberto (apesar de ser inverno a temperatura estava amena).
- Período de verão de 1998, foi considerado para vestimentas: roupa íntima curta, meias, calças leves de algodão, camisa de manga curta com colarinho aberto
- Período de inverno de 1998, foi considerada para vestimentas: roupa íntima curta, meias, calças, camisas de mangas largas e paletó (temperatura mais fria).

O calor metabólico segundo a Tabela 6, considerando- se a pessoa em pé e em repouso (atividade parada) vale 93 W/m².

5.3.2.1 - PERÍODO DE INVERNO – medição de 14 a 26 de julho de 1997 (dia mais frio 22/07/97)

a - Pavimento Inferior

LOCAL: DORMITÓRIO DO PAVIMENTO INFERIOR - DATA: 22 DE JULHO DE 1997

	Horas				
	6:05	10:05	14:05	18:05	22:05
T. de bulbo seco (°C)	18,5	18,5	19,0	19,5	19,0
Umidade relativa (%)	90	86	86	96	86
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	18,5	18,5	19,0	19,5	19,0
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	- 0,2 neutrali- dade térmica	- 0,2 neutrali- dade térmica	- 0,1 neutrali- dade térmica	0,0 neutrali- dade térmica	- 0,1 neutrali- dade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,7	5,9	5,2	5,0	5,2

LOCAL: SALA DE ESTAR DO PAVIMENTO INFERIOR DATA: 22 DE JULHO DE 1997.

	Horas				
	6:10	10:10	14:10	18:10	22:10
T. de bulbo seco (°C)	19,5	20,5	20,7	20,0	19,5
Umidade relativa (%)	82	75	74	87	94
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	19,4	20,5	20,5	20,5	19,5
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	+ 0,0 neutralidade térmica	+ 0,2 neutralidade térmica	+ 0,2 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica	+ 0,0 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,0	5,5	5,6	5,5	5,0

Com base na escala térmica definida no Método de Fanger, no dia 22/ 7 / 97 (considerado o dia mais frio), nas diversas horas analisadas o dormitório do pavimento inferior apresenta um bom Conforto Térmico, tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 10:05 horas. A sala de estar do pavimento inferior neste dia, também apresenta um bom Conforto Térmico, tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 14:10 horas.

b – Pavimento Superior**LOCAL: DORMITÓRIO SOCIAL DO PAVIMENTO SUPERIOR - DATA: 22 DE JULHO DE 1997**

	Horas				
	6:30	10:30	14:30	18:30	22:30
T. de bulbo seco (°C)	17,7	18,5	19,7	20,0	19,5
Umidade relativa (%)	76	73	78	77	76
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	17,5	18,4	19,52	19,72	19,5
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	- 0,4 neutralidade Térmica	- 0,3 neutralidade Térmica	- 0,0 neutralidade Térmica	0,0 neutralidade Térmica	- 0,0 neutralidade Térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	8,6	6,4	5,0	5,0	5,0

LOCAL: SALA DE ESTAR DO PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 22 DE JULHO DE 1997

	Horas				
	6:35	10:35	14:35	18:35	22:35
T. de bulbo seco (°C)	19,5	19,5	20,0	20,0	20,0
Umidade relativa (%)	82	82	78	82	82
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	19,5	19,5	20,0	20,5	20,0
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	- 0,0 neutralidade térmica	- 0,0 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,0	5,0	5,1	5,3	5,1

LOCAL: DORMITÓRIO SUITE DO PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 22 DE JULHO DE 1997

	Horas				
	6:40	10:40	14:40	18:40	22:40
T. de bulbo seco (°C)	19,7	20,0	22,0	21,5	19,5
Umidade relativa (%)	82	82	78	82	82
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	19,5	19,5	22,9	20,6	19,5
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	+ 0,1 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica	+ 0,1 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,0	5,0	11,0	6,9	5,0

Com base na escala térmica definida no Método de Fanger, no dia 22/ 7 /97, (considerado o dia mais frio), nas diversas horas analisadas o dormitório social do pavimento superior apresenta um bom Conforto Térmico, tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 6:30 horas e às 10:30 horas. A sala de estar do pavimento superior também apresenta um bom Conforto Térmico, tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 18:35 horas.

O mesmo Conforto Térmico ocorre no dormitório suite do pavimento superior, tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 14:40 horas.

**5.3.2.2 - PERÍODO DE VERÃO DE 1998 - medição de 20/2/98
a 3/3/98 (dia mais quente 23/2/98)**

a - Pavimento Inferior

LOCAL: SALA DE ESTAR DO PAVIMENTO INFERIOR DATA: 23 DE FEVEREIRO DE 1998

	Horas				
	6:05	10:05	14:05	18:05	22:05
T. de bulbo seco (°C)	26,0	26,5	26,5	27,0	26,5
Umidade relativa (%)	78	78	85	76	88
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	26	26	27	27	26
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade fisica	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	+ 1,3 leve sensação de calor	+ 1,4 leve sensação de calor	+ 1,3 leve sensação de calor	+ 1,5 leve sensação de calor	+ 1,5 leve sensação de calor
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	38,2	41,2	48,3	48,4	44,5

LOCAL: DORMITÓRIO DO PAVIMENTO INFERIOR DATA: 23 DE FEVEREIRO DE 1998

	Horas				
	6:10	10:10	14:10	18:10	22:10
T. de bulbo seco (°C)	25,0	25,5	27,0	27,0	26,0
Umidade relativa (%)	84	88	72	82	84
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	25,5	26,5	27,9	27,5	26,9
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade fisica	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	+ 1,1 leve sensação de calor	+ 1,3 leve sensação de calor	+ 1,7 sensação de calor	+ 1,5 leve sensação de calor	+ 1,4 leve sensação de calor
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	32,1	40,6	51,4	49,5	44,3

Com base na escala térmica definida no Método de Fanger, no dia 23/2/98 (considerado o

dia mais quente), a sala de estar do pavimento inferior nas diversas horas analisadas se apresentou, com uma leve sensação de calor, tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 18:05 horas. O dormitório do pavimento inferior também apresentou uma leve sensação de calor com exceção das 14:10 horas, horário em que o ambiente analisado se apresentava uma sensação de calor. O ambiente apresentou uma porcentagem maior de insatisfeitos às 14:10 horas.

b - Pavimento Superior

LOCAL: DORMITÓRIO SOCIAL DO PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 23 DE FEV. DE 1998

	Horas				
	6:15	10:15	14:15	18:15	22:15
T. de bulbo seco (°C)	25,5	26,5	28,0	28,0	27,5
Umidade relativa (%)	88	78	72	74	82
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	26,0	27,4	28,9	28,5	28,4
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	+ 1,3 leve sensação de calor	+ 1,4 leve sensação de calor	+ 1,7 sensação de calor	+ 1,7 sensação de calor	+ 1,7 sensação de calor
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	38,3	47,9	62,6	61,4	60,6

LOCAL: DORMITÓRIO SUITE – PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 23 DE FEVEREIRO DE 1998

	Horas				
	6:30	10:30	14:30	18:30	22:30
T. de bulbo seco (°C)	25,5	26,0	27,0	27,5	27,0
Umidade relativa (%)	88	78	78	78	78
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	26,0	26,5	27,5	27,0	26,5
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	+ 1,3 leve sensação de calor	+ 1,3 leve sensação de calor	+ 1,5 sensação de calor	+ 1,5 sensação de calor	+ 1,4 leve sensação de calor
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	38,3	40,5	51,5	52,3	46,7

LOCAL: SALA DE ESTAR DO PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 23 DE FEVEREIRO DE 1998

	Horas				
	6:35	10:35	14:35	18:35	22:35
T. de bulbo seco (°C)	26,0	27,0	28,0	26,5	27,0
Umidade relativa (%)	76	68	68	76	78
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	26,5	27,5	28,9	27,0	27,0
Vestimenta (clo)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	+ 1,3 leve sensação de calor	+ 1,4 leve sensação de calor	+ 1,7 sensação de calor	+ 1,4 leve sensação de calor	+ 1,5 leve sensação de calor
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	39,9	48,1	61,2	45,3	49,1

Com base na escala térmica definida no Método de Fanger, no dia 23/2/98 (considerado o dia mais quente), o dormitório social do pavimento superior apresentou às 6:15 horas e às 10:15 horas leve sensação de calor e nas demais horas, o ambiente analisado apresentou uma sensação de calor; tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 14:15 horas.

O dormitório suite do pavimento superior apresentou às 6:30, 10:30 e 22:30 horas leve sensação de calor e nas demais horas, o ambiente analisado apresentou uma sensação de calor; tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 14:30 e 18:30 horas.

A sala de estar do pavimento superior apresentou nas horas analisadas leve sensação de calor, com exceção das 14:35 horas, quando o ambiente analisado apresentou uma sensação de calor; tendo uma porcentagem maior de insatisfeitos às 10:35 e às 14:35 horas

5.3.2.3 PERÍODO DE INVERNO DE 1998 - medição de 8 a 12/7/98 (dia mais frio 10/7/98)

a – Pavimento Inferior

LOCAL: DORMITÓRIO DO PAVIMENTO INFERIOR DATA: 10 DE JULHO DE 1998

	Horas				
	6:05	10:10	14:05	18:05	22:05
T. de bulbo seco (°C)	18,5	18,5	18,0	19,0	18,5
Umidade relativa (%)	74	74	76	74	74
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	18,5	18,5	18,5	19,0	18,5
Vestimenta (clo)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	0,2 neutralidade térmica	0,2 neutralidade térmica	0,1 neutralidade térmica	0,3 neutralidade térmica	0,2 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,7	5,7	5,4	6,5	5,7

LOCAL: SALA DE ESTAR DO PAVIMENTO INFERIOR DATA: 10 DE JULHO DE 1998

	Horas				
	6:10	10:10	14:10	18:10	22:10
T. de bulbo seco (°C)	18,0	18,0	18,5	18,5	17,4
Umidade relativa (%)	69	74	86	86	88
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	18,0	18,0	18,5	18,5	17,4
Vestimenta (clo)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	0,1 neutralidade térmica	0,1 neutralidade térmica	0,2 neutralidade térmica	0,2 neutralidade térmica	0,1 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,2	5,2	6,1	6,1	5,1

Com base na escala térmica definida no Método de Fanger, no dia 10/07/98, considerado o dia mais frio, o dormitório do pavimento inferior apresentou neutralidade térmica nas horas analisadas; o ambiente apresentou uma porcentagem maior de insatisfeitos às 18:05 horas.

A sala de estar do pavimento inferior apresentou neutralidade térmica nas horas analisadas; o ambiente apresentou uma porcentagem maior de insatisfeitos às 14:10 horas e às 16:10 horas.

b – Pavimento superior

DORMITÓRIO SOCIAL DO PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 10 DE JULHO DE 1998

	Horas				
	6:30	10:30	14:30	18:30	22:30
T. de bulbo seco (°C)	16	16,5	17,0	17,0	16,5
Umidade relativa (%)	86	90	77	82	81
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	16	16	17	17	16,5
Vestimenta (clo)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	-0,2 neutralidade térmica	-0,1 neutralidade térmica	-0,0 neutralidade térmica	-0,0 neutralidade térmica	-0,1 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,7	5,3	5,0	5,0	5,3

LOCAL: SALA DE ESTAR DO PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 10 DE JULHO DE 1998

	Horas				
	6:35	10:35	14:35	18:35	22:35
T. de bulbo seco (°C)	17,5	17,5	18,0	18,0	17,5
Umidade relativa (%)	73	73	61	69	73
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	17,5	17,5	18	18	17,5
Vestimenta (clo)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	0,0 neutralidade térmica	0,0 neutralidade térmica	0,1 neutralidade térmica	0,1 neutralidade térmica	0,0 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,0	5,0	5,1	5,2	5,0

LOCAL: DORMITÓRIO SUITE DO PAVIMENTO SUPERIOR DATA: 10 DE JULHO DE 1998

	Horas				
	6:40	10:40	14:40	18:40	22:40
T. de bulbo seco (°C)	17,0	17,5	18,0	17,0	17,0
Umidade relativa (%)	68	68	73	72	72
Velocidade do ar (m/s)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
T. radiante média (°C)	17,0	17,5	18,0	17,0	17,0
Vestimenta (clo)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Calor metabólico (W)	93	93	93	93	93
Atividade física	0	0	0	0	0
Voto Médio Estimado	-0,1 neutralidade térmica	-0,1 neutralidade térmica	0,1 neutralidade térmica	-0,1 neutralidade térmica	-0,1 neutralidade térmica
Porcentagem estimada de Insatisfeitos (%)	5,1	5,1	5,2	5,1	5,1

Com base na escala térmica definida no Método de Fanger, no dia 10/07/98, considerado o dia mais frio, o dormitório do pavimento superior apresentou neutralidade térmica nas horas analisadas; o ambiente apresentou uma porcentagem maior de insatisfeitos às 6:30 horas.

A sala de estar do pavimento superior apresentou neutralidade térmica nas horas analisadas; o ambiente apresentou uma porcentagem maior de insatisfeitos às 18:35; horas.

O dormitório suite do pavimento superior apresentou neutralidade térmica nas horas analisadas; o ambiente apresentou uma porcentagem maior de insatisfeitos às 14:40; horas.

5.3.3. CONCLUSÃO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE FANGER

Através da aplicação do Método de Fanger com base no dados experimentais obtidos através das medições feitas “in loco” na edificação analisada, observa-se que:

- no período de inverno - julho de 1997, o dia 22, considerado o dia mais frio do período de dias analisados (14 dias), verifica-se que tanto o pavimento inferior como o superior apresentam um bom Conforto Térmico nas horas analisadas..
- no período de verão - Fevereiro de 1998, o dia 23, considerado o dia mais quente do

período de dias analisados (14 dias), verifica-se que tanto o pavimento inferior como o superior apresentam leve sensação de calor nas horas analisadas.

- no período de inverno – julho de 1998, o dia 10, considerado o dia mais frio do período de dias analisado (12 dias), verifica-se que tanto o pavimento inferior como o superior apresentam neutralidade térmica.

5.4 - AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO: MÉTODO DO C.S.T.B. - Centre Scientifique et Technique du Batiment Paris

O Método do C.S.T.B. foi aplicado no Pavimento Inferior e Superior

Os meses definidos para a aplicação do Método do CSTB foram, julho para o período de inverno fevereiro para período de verão, isto é, os mesmos períodos em que foram realizadas as medições “in loco” na edificação.

O horário definido para ambos os dias analisados, foi das 7:00 as 17:00 Horas e os locais analisados foram:

- no pavimento inferior a sala de estar e o dormitório.
- no pavimento superior o dormitório social e o dormitório suite

Os cômodos tanto do pavimento inferior como do superior foram escolhidos por se localizarem em pontos extremos da edificação.

As tabelas foram desenvolvidas com base nas informações contidas nos itens 5.2 e 9.2 do Capítulo 3.

O coeficiente global de transmissão Térmica (K) dos componentes, foi calculado através da equação (23) do item 5.1 Capítulo 3. Os dados da radiação solar foram obtidos na tabela 9 do apêndice.

5.4.1 - DADOS DA EDIFICAÇÃO - MATERIAIS E COMPONENTES DA RESIDÊNCIA AVALIADA.

- a - telhas de barro
- b - tijolos de barro comum
- c - revestimento das paredes - massa fina
- d - revestimento de azulejos
- g - revestimento do piso - cerâmica
- h - revestimento de piso - taco de madeira
- i - vidros canelados

Para cada tipo de material da edificação foram consultadas tabelas (Tabelas n.º 1; 2; 3; 4 e 5 do Apêndices) que forneceram:

- a - as características térmicas de cada material: condutividade térmica, calor específico e densidade
- b - As características dos componentes:
 - a condutância e resistência térmica para paredes externas e externas;
 - a resistência térmica de espaços confinados entre lâminas paralelas;
 - os coeficientes de absorção e emissividade;
 - os coeficientes de absorção da radiação solar específica de pinturas;
 - o fator solar de vidros.

5.4.2 – CÁLCULO DO COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO TÉRMICA - K

Local	e (m)	λ (W/m°C)	h_e	h_i	ε	ε_r	R_{ar} (m² °C/W)	$1/h_i + 1/h_e$	e/λ	K (W/m² °C)
Cobertura										
Telha de barro	0,015	0,93	---	---			---	---	0,016	---
Concreto	0,038	1,28	---	---			---	---	0,030	---
Tijolo cerâmico	0,080	0,67	---	---	0,90	0,82	---	---	0,119	---
Revestimento	0,015	0,65	---	---			---		0,023	---
Fluxo ascendente	---	---	20	11			0,16	0,14		2,05
Fluxo descendente	---	---	20	6			0,17	0,22		1,73
Parede										
Tijolo de barro	0,12	0,72							0,166	2,62
Tijolo de barro	0,23	0,72	20	8	0,90	0,82	---	0,17	0,319	1,87
Revestimento	0,03	0,65							0,046	
Laje de piso										
Concreto	0,038	1,28	---	---			---	---	0,030	
Tijolo cerâmico	0,120	0,61	---	---	0,90	0,82	---	---	0,197	
Cerâmica	0,010	0,46	---	---			---	---	0,022	
Revestimento	0,015	0,65	---	---			---	---	0,023	
Piso da casa										
Fluxo ascendente	---	---	10	10	--	---	0,16	0,20	---	0,89
Fluxo descendente	---	---	6	6	---	---	0,17	0,34	---	0,74
Piso do terraço										
Fluxo ascendente	---	---	20	11	---	---	---	0,14	---	2,43
Fluxo descendente	---	---	20	6	---	---	---	0,22	---	2,03

e = espessura da parede

λ = condutividade térmica do material – Tabela 1 do Apêndices

K = coeficiente global de transmissão térmica

R_{ar} = resistência do ar – Tabela 3 do Apêndices

h_i e h_e = condutância térmica superficial externa e interna – Tabela 2 do Apêndices

U.R = umidade relativa

ε = emissividade térmica

5.4.3 – GANHOS DE CALOR SOLAR – PERÍODO DE INVERNO

$$Q_{opaco} = A_{opaco} \left(\frac{\alpha K}{h_e} \right) I_g \dots\dots\dots Q_{transparente} = S_{tr} I_g$$

a - Pavimento Inferior – Período de Inverno Julho

Onde:

α = coeficiente de absorção da radiação solar
 K = coeficiente global de transmissão de calor
 I_g = intensidade da radiação solar incidente

h_e = coeficiente de condutância térmica superficial
 q = intensidade do fluxo térmico (ganho)
 Q = carga térmica (ganho)

S_{tr} = fator solar de material transparente
 A_{op} = área da superfície opaca
 A_{tr} = área da superfície transparente

Sala de Estar - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Cobertura	0,70	0,74	20	-	23,76	-	0,615 I_g
Parede	0,70	2,62	20	-	9,08	-	0,830 I_g
Caixilho + vidro				0,80	-	3,68	2,944 I_g

Dormitório Inferior - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Terraço	0,70	2,03	20	-	10,15	-	0,72 I_g
Parede	0,70	2,62	20	-	6,01	-	0,55 I_g
Caixilho + vidro				0,80	-	2,4	1,92 I_g

Planilha de Ganhos de calor solar - Sala de Estar do Pavimento Inferior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m ²)	Parede 0,83 I _g	Caixilho 2,944 I _g	I _g (W/m ²)	Parede 0,83 I _g	Caixilho 2,944 I _g	I _g (W/m ²)	0,615 I _g	
7:00	9	7,47	26,50	9	7,47	26,50	19	11,69	76,63
8:00	49	40,67	144,25	49	40,67	144,26	159	97,79	467,64
9:00	85	70,55	250,24	85	70,55	250,24	414	254,61	896,19
10:00	113	93,79	332,67	113	93,79	332,67	414	254,51	1107,53
11:00	130	107,90	382,72	130	107,9	382,72	486	298,89	1280,19
12:00	136	112,88	400,38	136	112,88	400,38	511	314,27	1340,79
13:00	130	107,90	382,72	130	107,9	382,72	486	298,89	1280,19
14:00	113	93,79	332,67	113	93,79	332,67	414	254,61	1107,53
15:00	85	70,55	250,24	85	70,55	250,24	302	185,73	827,31
16:00	49	40,69	144,26	49	40,67	144,26	159	97,79	467,67
17:00	9	7,47	26,50	9	7,47	26,50	19	11,69	79,63

Planilha de Ganhos de calor solar - Dormitório do Pavimento Inferior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m ²)	Parede 0,55 I _g	Caixilho 1,92 I _g	I _g (W/m ²)	Parede 0,55 I _g	Caixilho 1,92 I _g	I _g (W/m ²)	0,72 I _g	
7:00	9	4,95	17,28	9	4,95	17,28	15	10,8	55,26
8:00	49	26,95	94,08	49	26,95	94,08	66	47,52	289,58
9:00	85	46,75	163,20	85	46,75	163,20	109	78,48	498,38
10:00	113	62,15	216,96	113	62,15	216,96	143	102,96	661,18
11:00	130	71,50	249,60	130	71,50	249,60	164	118,08	760,28
12:00	136	74,80	261,12	136	74,80	261,12	171	123,12	794,96
13:00	130	71,50	249,60	130	71,50	249,60	164	118,08	760,28
14:00	113	62,15	216,96	113	62,15	216,96	143	102,96	661,18
15:00	85	46,75	163,20	85	46,75	163,20	109	78,48	498,38
16:00	49	26,95	94,08	49	26,95	94,08	66	47,52	289,58
17:00	9	4,95	17,28	9	4,95	17,28	15	10,8	55,26

b - Pavimento Superior - Ganho de calor solar - Período de Inverno – Julho

Dormitório Suite do Pavimento Superior - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Cobertura	0,70	1,73	20	-	13,33	-	0,807 I _g
Parede	0,70	2,62	20	-	4,37	-	0,401 I _g
Caixilho + vidro		5,88		0,80	-	4,41	3,530 I _g

Dormitório Social do Superior - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Cobertura	0,70	1,73	20	-	12,62	-	0,764 I _g
Parede	0,70	2,62	20	-	4,00	-	0,367 I _g
Caixilho + vidro		5,88		0,80	-	4,41	3,530 I _g

α = coeficiente de absorção da radiação solar
K = coeficiente global de transmissão de calor
I_g = intensidade da radiação solar

h_e = coeficiente de condutância térmica superficial
q = intensidade do fluxo térmico (ganho)
Q = carga térmica (ganho)

S_{tr} = fator de ganho solar de material transparente
 A_{op} = área da superfície opaca
 A_{tr} = área da superfície transparente

Planilha de Ganhos de calor solar - Dormitório Suite do Pavimento superior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m ²)	Parede 0,401 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	Parede 0,401 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	0,807 I _g	
7:00	9	3,61	31,77	9	3,61	31,77	19	15,33	86,09
8:00	49	19,65	172,97	49	19,65	172,97	159	128,31	513,55
9:00	85	34,09	300,05	85	34,09	300,05	414	334,10	1002,38
10:00	113	45,31	398,89	113	45,31	398,89	414	334,10	1222,5
11:00	130	52,13	458,90	130	52,13	458,90	486	392,20	1414,26
12:00	136	54,54	480,08	136	54,54	480,08	511	412,38	1481,62
13:00	247	99,05	871,91	130	52,13	458,9	486	392,20	1874,19
14:00	332	133,13	1171,96	113	45,31	398,89	414	334,10	2083,39
15:00	371	148,77	1309,63	85	34,09	300,05	302	243,71	2036,25
16:00	332	133,13	1171,96	49	19,65	172,97	159	128,31	1626,02
17:00	61	24,46	215,33	9	3,61	31,77	19	15,33	290,50

Planilha de Ganhos de calor solar - Dormitório Social do Pavimento superior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m ²)	Parede 0,367 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	Parede 0,367 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	0,764 I _g	
7:00	9	3,30	31,77	9	3,30	31,77	19	14,52	84,66
8:00	49	19,78	172,97	49	19,78	172,97	159	121,48	503,38
9:00	85	31,20	300,05	85	31,20	300,05	414	316,30	976,70
10:00	113	41,47	398,89	113	41,47	398,89	414	316,30	1197,02
11:00	130	47,71	458,90	130	47,71	458,90	486	371,30	1384,52
12:00	136	49,91	480,08	136	49,91	480,08	511	390,40	1450,38
13:00	130	47,71	459,90	130	47,71	459,90	486	371,30	1384,52
14:00	113	41,47	398,89	113	41,47	398,89	414	316,30	1197,02
15:00	85	31,20	300,05	85	31,20	300,05	302	230,73	893,23
16:00	49	17,98	172,97	49	17,98	172,97	159	121,48	503,38
17:00	9	3,30	31,77	9	3,30	31,77	19	14,52	84,66

5.4.4. - PERDA DE CALOR DEVIDA A DIFERENÇA DE TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA (ΔT)

a - Pavimento inferior – Período de Inverno

Sala de Estar do Pavimento Inferior					Dormitório do Pavimento Inferior				
Local	K	q	A _{op}	Q'	Local	K	q	A _{op}	Q'
Cobertura de telha	2,05	2,05 Δt	23,76	48,71 Δt	Terraço	2,43	2,43 Δt	10,15	24,66 Δt
Parede	2,62	2,62 Δt	9,08	23,79 Δt	Parede	2,62	2,62 Δt	9,08	23,79 Δt
Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	3,68	21,64 Δt	Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	6,01	35,34 Δt
$\Sigma Q'_1$				94,14 Δt	$\Sigma Q'_2$				83,79 Δt

b - Pavimento Superior

Dormitório Suite do Pavimento superior					Dormitório Social do Pavimento Superior				
Local	K	q	A _{op}	Q'	Local	K	q	A _{op}	Q'
Cobertura de telha	2,05	2,05 Δt	13,33	27,33 Δt	Cobertura de telha	2,05	2,05 Δt	12,62	25,87 Δt
Parede	2,62	2,62 Δt	4,37	11,45 Δt	Parede	2,62	2,62 Δt	4,00	10,48 Δt
Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	4,41	25,93 Δt	Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	4,41	25,93 Δt
$\Sigma Q'_3$				64,71 Δt	$\Sigma Q'_4$				62,28 Δt

Superfície opaca $\rightarrow Q'_{op} = A_{op} K \Delta t$

Superfície transparente $\rightarrow Q'_{tr} = A_{tr} K \Delta t$

q = intensidade de fluxo

Q' = carga térmica (perda)

A_{op} = área da superfície opaca

A_{tr} = área da superfície transparente

q = K Δt

$\Delta t = (t_i - t_e)$

onde: t_i = temperatura interna e t_e = temperatura externa

5.4.5. – PERDA DE CALOR DEVIDO À VENTILAÇÃO

a - Pavimento Inferior – Período de Inverno

	N	V	Q_{vent}
Sala de Estar	6	66,53	139,7 Δt
Dormitório	6	29,23	61,38 Δt

b - Pavimento Superior

	N	V	Q_{vent}
Dormitório Social	6	35,32	74,17 Δt
Dormitório Suite	6	31,85	66,89 Δt

$$Q_{vent.} = 0,35 N V \Delta t$$

$Q_{vent.}$ = carga térmica perdida devido a ventilação

N = número de renovações do ar por hora

V = volume do ambiente (m³)

Δt = diferença de temperatura externa e interna

O número de renovação do ar por hora (N) foi obtido a partir do Quadro 5 do item 7.1 do Capítulo 3; considerou-se N = 6 renovações por hora necessárias para ventilar o ambiente, tanto no período de inverno como no período de verão.

5.4.6 – GANHO DE CALOR DEVIDO A OCUPAÇÃO DO AMBIENTE

Os ambientes analisados estavam ocupados por apenas uma pessoa (em pé e em repouso), segundo o Anexo B da ISO 7730/94 (Tabela 6 do Apêndice) o calor cedido ao ambiente é:

$$Q_{ocupação} = 93 \text{ W}$$

5.4.7 BALANÇO TÉRMICO – GANHOS E PERDAS

a - Pavimento inferior – Período de Inverno

$$Q + Q_{\text{ocup.}} = Q' \Delta t + Q_{\text{vent}} \Delta t$$

$$Q' = Q'_1 + Q'_2 \text{ (pavimento inferior)} \quad \text{e} \quad Q' = Q'_3 + Q'_4 \text{ (pavimento superior)}$$

$$\Delta t = \frac{Q + Q_{\text{ocup.}}}{Q' + Q_{\text{vent.}}}$$

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas - Período de Inverno – Sala de Estar do Pavimento Inferior

Horas	Q' (W/°C)	Q' ventilação. (W/°C)	Q' total (W/°C)	Q _{ocupação} (W)	Q (W)	Δt (°C)
7:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	76,63	0,73
8:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	467,64	2,40
9:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	896,19	4,23
10:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	1107,53	5,40
11:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	1280,19	5,87
12:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	1340,79	6,13
13:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	1280,18	5,87
14:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	1107,53	5,40
15:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	827,31	3,94
16:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	467,67	2,40
17:00	94,14Δt	139,7Δt	283,84Δt	93	79,63	0,74

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas - Período de Inverno – Dormitório do Pavimento Inferior

Horas	Q' (W/°C)	Q' ventilação. (W/°C)	Q' total (W/°C)	Q _{ocupação} (W)	Q (W)	Δt (°C)
7:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	55,26	1,01
8:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	289,58	2,70
9:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	498,38	4,07
10:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	661,18	5,20
11:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	760,28	5,88
12:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	794,96	6,12
13:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	760,28	5,88
14:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	661,18	5,20
15:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	498,38	4,07
16:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	289,58	2,07
17:00	83,79 Δt	61,38Δt	145,47Δt	93	55,26	1,02

b - Pavimento Superior – Balanço Térmico - Período de Inverno

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas- Período de Inverno Dormitório Social do Pavimento superior						
Horas	Q' (W/°C)	Q' ventilação. (W/°C)	Q' total (W/°C)	Q _{ocupação} . (W)	Q (W)	Δt (°C)
7:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	84,66	1,30
8:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	503,38	4,37
9:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	976,70	7,84
10:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	1197,02	9,45
11:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	1384,52	10,83
12:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	1450,38	11,31
13:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	1384,52	10,83
14:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	1197,02	9,45
15:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	893,23	7,23
16:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	503,38	4,37
17:00	62,28 Δt	74,17Δt	136,45Δt	93	84,66	1,30

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas- Período de Inverno Dormitório Suite do Pavimento Superior						
Horas	Q' (W/°C)	Q' ventilação. (W/°C)	Q' total (W/°C)	Q _{ocupação} . (W)	Q (W)	Δt (°C)
7:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	86,09	1,36
8:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	513,55	4,61
9:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	1002,38	8,32
10:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	1222,50	10,00
11:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	1414,26	11,45
12:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	1481,62	11,97
13:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	1874,19	14,95
14:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	2083,39	16,54
15:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	2036,25	16,18
16:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	1626,02	13,06
17:00	64,71 Δt	66,89Δt	131,60Δt	93	290,50	2,91

5.4.8 - CÁLCULO DA TEMPERATURA EXTERNA - PERÍODO DE INVERNO

O cálculo aproximado da variação da temperatura externa foi realizado, a partir do método “Desplanches” citado por Roriz (1991).

Este método foi utilizado no presente trabalho, com o objetivo de se obter a temperatura externa hora a hora, a partir dos dados climáticos obtidos junto ao Posto Meteorológico do Instituto Agronômico de Campinas.

As temperaturas externas serão utilizadas no Método do CSTB para o cálculo da temperatura interna dos ambientes analisados.

A equação utilizada é:

$$T(h) = MAX - [B(h) \times (MAX - MIN)] \quad (44)$$

Onde: $T(h)$ = temperatura no momento h
 MAX = temperatura média das máximas do mês considerado
 MIN = temperatura média das mínimas do mês considerado
 $B(h)$ = Fator multiplicador para o momento “ h ” (Quadro 27)

QUADRO 26

Fator $B(h)$

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B(h)	0,800	0,875	0,936	0,980	1,00	0,975	0,920	0,805	0,635	0,427	0,225	0,097

Hora	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B(h)	0,025	0,00	0,020	0,060	0,120	0,185	0,225	0,340	0,428	0,510	0,600	0,700

QUADRO 27

Cálculo da temperatura externa

Período de Inverno - Julho

Horas	MAX	MIN	(MAX – MIN)	B(h)	B(h) x (Max – Min)	T(h)
7:00	24,6	12,40	12,2	0,920	11,895	13,38
8:00	24,6	12,40	12,2	0,805	11,224	14,38
9:00	24,6	12,40	12,2	0,635	9,821	16,85
10:00	24,6	12,40	12,2	0,427	7,747	19,39
11:00	24,6	12,40	12,2	0,225	5,2094	21,86
12:00	24,6	12,40	12,2	0,097	1,183	23,42
13:00	24,6	12,40	12,2	0,025	0,305	24,30
14:00	24,6	12,40	12,2	0,00	0,00	24,60
15:00	24,6	12,40	12,2	0,020	0,244	24,36
16:00	24,6	12,40	12,2	0,060	0,732	23,87
17:00	24,6	12,40	12,2	0,120	1,464	23,14

5.4.9 - CÁLCULO DA TEMPERATURA INTERNA**a - Pavimento Inferior – Período de Inverno**

Horas	Sala de Estar do Pavimento Inferior			Dormitório do Pavimento Inferior		
	Δt °C	t_e °C	$t_i = \Delta t + t_e$ °C	Δt °C	t_e °C	$t_i = \Delta t + t_e$ °C
7:00	0,73	13,38	14,11	1,01	13,38	14,40
8:00	2,40	14,38	17,18	2,70	14,38	17,48
9:00	4,23	16,85	21,08	4,07	16,85	20,92
10:00	5,40	19,39	24,79	5,20	19,39	24,56
11:00	5,87	21,86	27,73	5,88	21,86	27,74
12:00	6,13	23,42	29,55	6,12	23,42	29,54
13:00	5,87	24,30	29,17	5,88	24,30	30,18
14:00	5,40	24,60	30,00	5,20	24,60	29,80
15:00	3,94	24,36	28,30	4,07	24,36	28,43
16:00	2,40	23,87	26,27	2,07	23,87	26,57
17:00	0,74	23,14	23,88	1,02	23,14	24,16

b - Pavimento Superior – Período de Inverno

Horas	Dormitório Social do Pavimento Superior			Dormitório Suite do Pavimento Superior		
	Δt °C	t_e °C	$t_i = \Delta t + t_e$ °C	Δt °C	t_e °C	$t_i = \Delta t + t_e$ °C
7:00	1,30	13,38	14,68	1,36	13,38	14,74
8:00	4,37	14,38	19,15	4,61	14,38	19,39
9:00	7,84	16,85	24,69	8,32	16,85	25,17
10:00	9,45	19,39	28,84	10,00	19,39	29,39
11:00	10,83	21,86	32,69	11,45	21,86	33,31
12:00	11,31	23,42	34,73	11,97	23,42	35,39
13:00	10,83	24,30	35,13	14,95	24,30	39,25
14:00	9,45	24,60	34,05	16,54	24,60	41,14
15:00	7,23	24,36	31,59	16,18	24,36	40,54
16:00	4,37	23,87	28,24	13,06	23,87	36,93
17:00	1,30	23,14	24,44	2,91	23,14	26,05

OBSERVAÇÕES:

Nas planilhas de cálculo da temperatura interna para o período de inverno, observa-se que os pavimentos inferior e superior apresentam em determinadas horas do dia temperaturas não muito condizentes para um período de inverno.

Algumas hipóteses podem ser levantadas para se tentar explicar tal ocorrência:

1 – a intensidade da radiação solar da América do Sul (Região de Campinas), talvez seja maior que a radiação na França por estarem situadas em latitudes diferentes.

2 – a equação de cálculo da temperatura interna de inverno do Método do CSTB, deve ter sido desenvolvida levando-se em conta as temperaturas do inverno europeu, que é bem mais rigoroso que o inverno brasileiro.

Se o inverno brasileiro é bem mais ameno que o inverno europeu, então, surge a idéia de se calcular a temperatura interna do período de inverno, utilizando-se a equação de cálculo da temperatura interna para o período de verão do próprio Método do CSTB e observar o que ocorrerá com a temperatura interna de inverno. No item 9.2.2. do Capítulo 3 é apresentada a equação (40) que permite o cálculo da temperatura interna de período de verão

Os dados climáticos da Região de Campinas obtidos junto ao Posto Meteorológico do Instituto Agrônomo não fornecem as temperaturas máxima e mínima diárias do mês mais frio; fornecem apenas as médias das temperaturas máximas e mínimas anuais do mês mais frio. As temperatura máxima e mínima diárias do mês mais frio foram obtidas no Quadro 28.

QUADRO 28

Dados climáticos da cidade de São Paulo Fonte: Tabela Climatológica do Ministério da Aeronáutica – Período 1961/65 citada por Frota et al. (1988)

Descrição Geográfica	Latitudes	Longitude	Altitude	Época do ano	1	2	3	4	5	6	7
Planalto	23° 31'	46° 39'	802 m	dezembro	20,4	24,6	17,4	30,7	13,8	80	179,8
Ondulante				setembro	19,0	25,1	15,0	31,9	9,4	71	45,5
				junho	15,6	20,4	11,9	25,2	7,8	80	28,3

- | | | |
|---|--|-------|
| 1 | Média aritmética mensal da temperatura em °C | |
| 2 | Média mensal das temperaturas máximas diárias | T_d |
| 3 | Média mensal das temperaturas mínimas diárias | t_d |
| 4 | Temperatura máxima observada durante o mês (média) | T_s |
| 5 | Temperatura mínima observada durante o mês (média) | t_s |
| 6 | Média aritmética mensal da umidade relativa em porcentagem | |
| 7 | Total mensal de precipitações em milímetros | |

Dos dados climáticos do IAC temos: $T_s = 26,4\text{ °C}$ e $t_s = 12,4\text{ °C}$.

Do Quadro 29 temos: $T_d = 20,4\text{ °C}$ e $t_d = 11,9\text{ °C}$. Aplicando esses valores na expressão (44) temos:

$$A = \frac{(T_d - t_d) + (T_s - t_s)}{2} = \frac{(20,4 - 11,9) + (26,4 - 12,4)}{2} = \frac{8,5 + 14}{2} = 11,25\text{ °C}$$

$$E = \frac{A}{2} = \frac{11,25}{2} = 5,63\text{ °C}$$

Para a aplicação da equação (40) falta o cálculo da valor do coeficiente de amortecimento ϕ , que está apresentado na planilha a seguir:

AVALIAÇÃO DA INÉRCIA – PESO DA PAREDE (inclusive teto e piso)

a - Pavimento inferior: Avaliação da inércia - Período de Inverno

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Sala de Estar do Pavimento Inferior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Laje de forro										
Concreto	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	23,76	15,84
Lajota cerâmica	0,080	0,040	1600	64,00						
Parede	0,120	0,060	1800	108,00	0,030	0,65	0,015	1/3	9,08	3,03
Σ										18,87

e = espessura da parede

δ = densidade do material constituinte do elemento

Coef. = coeficiente obtido do Quadro 2 Item 5.2

A = área da parede

λ = condutividade térmica do material

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{18,87}{23,76} = 0,79 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75$$

Item 5.2 – Capítulo 3

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Dormitório do Pavimento Inferior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Terraço										
Concreto	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	10,15	6,78
Lajota cerâmica	0,120	0,060	1600	96,00						
Parede	0,12	0,06	1800	108,00	0,030	0,65	0,015	1/3	6,01	2,00
Σ										8,78

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{8,78}{10,15} = 0,86 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75$$

Item 5.2 – Capítulo 3

b – Pavimento Superior: Avaliação da inércia - Período de Inverno

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Dormitório Suite do Pavimento Superior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Laje de forro										
Concreto	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	13,33	8,89
Lajota cerâmica	0,080	0,040	1600	64,00						
Parede					0,030	0,65	0,015	1/3	4,37	1,46
Σ										10,35

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{10,35}{13,33} = 0,78 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75$$

Item 5.2 – Capítulo 3

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Dormitório Social do Pavimento Superior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Laje de forro										
Concreto	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	12,62	8,41
Lajota cerâmica	0,080	0,040	1600	64,00						
Parede	0,12	0,06	1800	108,00	0,030	0,65	0,015	1/3	4,0	1,33
Σ										9,74

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{9,74}{12,62} = 0,77 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75$$

Item 5.2 – Capítulo 3

Com o valor do coeficiente de amortecimento (ϕ) já é possível calcular a temperatura interna do pavimento inferior e superior da residência, através da equação (40):

$$t_{i\max} = t'_e + (1 - \phi) E + (1 - \phi) \Delta t$$

Nas Planilhas a seguir são apresentadas as temperaturas internas.

a – Pavimento inferior – cálculo da temperatura interna de inverno

Dormitório do Pavimento Inferior – Período de Inverno							
Hora	t_e °C	ϕ	E °C	(1- ϕ) E °C	Δt °C	(1- ϕ) Δt °C	$t_{i\max}$ °C
7:00	13,38	0,75	5,63	1,41	1,01	0,26	15,05
8:00	14,38	0,75	5,63	1,41	2,7	0,68	16,47
9:00	16,85	0,75	5,63	1,41	4,07	1,02	19,28
10:00	19,39	0,75	5,63	1,41	5,2	1,30	22,10
11:00	21,86	0,75	5,63	1,41	5,88	1,47	24,74
12:00	23,42	0,75	5,63	1,41	6,12	1,53	26,36
13:00	24,3	0,75	5,63	1,41	5,88	1,47	26,30
14:00	24,6	0,75	5,63	1,41	5,2	1,30	27,31
15:00	24,36	0,75	5,63	1,41	4,07	1,02	26,79
16:00	23,87	0,75	5,63	1,41	2,07	0,68	25,96
17:00	23,14	0,75	5,63	1,41	1,02	0,26	25,57

Sala de estar do Pavimento Inferior – Período de Inverno							
Hora	t_e °C	ϕ	E °C	(1- ϕ) E °C	Δt °C	(1- ϕ) Δt °C	$t_{i\max}$ °C
7:00	13,38	0,75	5,63	1,41	0,73	0,18	14,97
8:00	14,38	0,75	5,63	1,41	2,40	0,60	16,39
9:00	16,85	0,75	5,63	1,41	4,23	1,06	19,32
10:00	19,39	0,75	5,63	1,41	5,40	1,35	22,15
11:00	21,86	0,75	5,63	1,41	5,87	1,47	26,30
12:00	23,42	0,75	5,63	1,41	6,13	1,53	26,37
13:00	24,3	0,75	5,63	1,41	5,87	1,47	27,48
14:00	24,6	0,75	5,63	1,41	5,40	1,35	27,12
15:00	24,36	0,75	5,63	1,41	3,94	0,99	26,27
16:00	23,87	0,75	5,63	1,41	2,40	0,60	25,88
17:00	23,14	0,75	5,63	1,41	0,74	0,19	24,74

b – Pavimento Superior – cálculo da temperatura interna de inverno

Dormitório Social do Pavimento Superior – Período de Inverno							
Hora	t_e °C	ϕ	E °C	$(1-\phi)E$ °C	Δt °C	$(1-\phi)\Delta t$ °C	$t_{i,max}$ °C
7:00	13,38	0,75	5,63	1,41	1,30	0,33	15,12
8:00	14,38	0,75	5,63	1,41	4,37	1,09	16,88
9:00	16,85	0,75	5,63	1,41	7,84	1,96	20,22
10:00	19,39	0,75	5,63	1,41	9,45	2,36	23,16
11:00	21,86	0,75	5,63	1,41	10,83	2,71	25,98
12:00	23,42	0,75	5,63	1,41	11,31	2,83	27,66
13:00	24,3	0,75	5,63	1,41	10,83	2,71	28,42
14:00	24,6	0,75	5,63	1,41	9,45	2,36	28,13
15:00	24,36	0,75	5,63	1,41	7,23	1,81	27,58
16:00	23,87	0,75	5,63	1,41	4,37	1,09	26,37
17:00	23,14	0,75	5,63	1,41	1,30	0,33	24,88

Dormitório Suite do Pavimento Superior – Período de Inverno							
Hora	t_e °C	ϕ	E °C	$(1-\phi)E$ °C	Δt °C	$(1-\phi)\Delta t$ °C	$t_{i,max}$ °C
7:00	13,38	0,75	5,63	1,41	1,36	0,34	15,13
8:00	14,38	0,75	5,63	1,41	4,61	1,15	16,94
9:00	16,85	0,75	5,63	1,41	8,32	1,66	19,92
10:00	19,39	0,75	5,63	1,41	10,00	2,50	23,30
11:00	21,86	0,75	5,63	1,41	11,45	2,86	26,13
12:00	23,42	0,75	5,63	1,41	11,97	2,99	27,82
13:00	24,3	0,75	5,63	1,41	14,95	3,74	29,45
14:00	24,6	0,75	5,63	1,41	16,54	4,14	30,15
15:00	24,36	0,75	5,63	1,41	16,18	4,05	30,06
16:00	23,87	0,75	5,63	1,41	13,06	3,27	28,55
17:00	23,14	0,75	5,63	1,41	2,91	0,73	26,28

Conclusão:

As temperaturas internas do período de inverno dos pavimentos inferior e superior, calculadas através da adaptação feita ao Método do CSTB em certas horas do dia são inferiores as calculadas como prescreve o Método para o período de inverno.

No Quadro 29 é apresentada uma comparação entre a temperatura interna medida “in loco” e as calculadas pela adaptação feita e da forma como prescreve o método.

Quadro 29

Comparação da temperatura interna medida “in loco” e a temperatura interna calculada através da adaptação e da maneira como prescreve o Método do CSTB

Horas	Pavimento Inferior						Pavimento Superior					
	Dormitório			Sala de Estar			Dormitório Social			Dormitório Suite		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7:00		15,05	14,40		14,97	14,11		15,12	14,68		15,13	14,74
8:00	18,5	16,47	17,48	20,5	16,39	17,18	17,7	16,88	19,15	19,7	16,94	19,39
9:00		19,28	20,92		19,32	21,08		20,22	24,69		19,92	25,17
10:00	18,5	22,10	24,56	20,5	22,15	24,79	18,5	23,16	28,84	20,0	23,30	29,39
11:00		24,74	27,74		26,30	27,73		25,98	32,69		26,13	33,31
12:00	18,5	26,36	29,54	20,5	26,37	29,55	19,5	27,66	34,73	21,0	27,82	35,39
13:00		26,30	30,18		27,48	29,17		28,42	35,13		29,45	39,25
14:00	19,0	27,31	29,80	20,7	27,12	30,00	19,7	28,13	34,05	22,0	30,15	41,14
15:00		26,79	28,43		26,27	28,30		27,58	31,59		30,06	40,54
16:00	19,4	25,96	26,57	21,0	25,88	26,27	20,0	26,37	28,24	21,5	28,55	36,93
17:00		25,57	24,16		24,74	23,88		24,88	24,44		26,28	26,05
18:00	19,5			20,0			20,0			21,5		

Onde:

- 1 – temperatura interna medida “in loco” na residência em 22/7/97
- 2 – temperatura interna calculada através da fórmula adaptada do Método do CSTB
- 3 – temperatura interna calculada como prescreve o Método do CSTB.

É importante lembrar que a temperatura interna medida “in loco” (1) representa a leitura de apenas um dia, enquanto enquanto as temperaturas internas (2) e (3) foram calculadas em função de uma série climática.

A conclusão imediata que um projetista pode retirar do Quadro 29 é que a temperatura interna (2) se aproxima mais das temperatura observadas da edificação.

5.4.10 - CÁLCULO DA TEMPERATURA EFETIVA (T_E) ATRAVÉS DE NOMOGRAMA

Nos dados climáticos da Região de Campinas obtido junto a Seção de Climatologia Agrícola do I.A.C. – Instituto Agrônômico de Campinas, não estavam disponíveis informações sobre os dados da média mensal da Umidade Relativa do Ar medida às 9:00 e às 15:00 horas. No I.A.C. obteve-se apenas a média mensal da Umidade Relativa.

Recorreu-se então a Seção de Climatologia da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP; obteve-se então os dados da Umidade Relativa do Ar medida às 9:00 e às 15:00 horas referentes ao período de 1989 a 1996, que são apresentados no Quadro 7.

Dos dados retirou-se a média da Umidade Relativa dos meses de fevereiro e julho, respectivamente os meses de verão e de inverno:

Umidade Relativa do Ar		
Horas	Fevereiro	Julho
09:00	77,2 %	71,7 %
15:00	57,0 %	40,5 %

A Umidade Relativa do Ar medida às 9:00 Horas foi utilizada no período das 7:00 às 12:00 Horas e a Umidade Relativa do Ar medida às 15:00 Horas foi utilizada no período das 13:00 às 17:00 Horas.

A temperatura de bulbo úmido foi obtida através do Diagrama Psicrométrico e a Temperatura Efetiva foi obtida através do Nomograma (considerando a velocidade do vento de 0,1 m/s).

a - Pavimento Inferior – cálculo da T E para o período de inverno

Horas	Sala de Estar do Pavimento Inferior				Dormitório do Pavimento Inferior			
	T. Bulbo Seco °C	U relativa do ar %	T Bulbo Úmido °C	T. Efetiva °C	T. Bulbo Seco °C	U. relativa do ar %	T. Bulbo Úmido °C	T. Efetiva °C
7:00	14,97	71,6	11,97	14	15,05	71,6	12,05	13,5
8:00	16,39	71,6	13,29	14,3	16,47	71,6	13,37	14,5
9:00	19,32	71,6	15,82	15,9	19,28	71,6	15,88	17,2
10:00	22,15	71,6	18,55	19,9	22,10	71,6	18,50	19,9
11:00	26,30	71,6	22,4	23,5	24,74	71,6	20,94	22,3
12:00	26,37	71,6	22,5	23,4	26,36	71,6	22,36	23,5
13:00	27,48	40,05	17,98	22,5	26,30	40,05	17,30	21,8
14:00	27,12	40,05	17,92	22,3	27,31	40,05	18,01	22,5
15:00	26,27	40,05	17,37	21,6	26,79	40,05	17,59	22,3
16:00	25,88	40,05	17,08	21,5	25,96	40,05	17,06	21,9
17:00	24,74	40,05	16,04	20,9	25,57	40,05	16,87	21,5

b - Pavimento Superior – cálculo da T E para o período de inverno

Horas	Dormitório Social do Pavimento Superior				Dormitório Suite do Pavimento Superior			
	T. Bulbo Seco °C	U relativa do ar %	T Bulbo Úmido °C	T. Efetiva °C	T. Bulbo Seco °C	U. relativa do ar %	T. Bulbo Úmido °C	T. Efetiva °C
7:00	15,12	71,6	12,12	14	15,13	71,6	12,13	14
8:00	16,88	71,6	13,78	15,5	16,94	71,6	13,84	15,5
9:00	20,22	71,6	16,72	18	19,92	71,6	16,52	18
10:00	23,16	71,6	19,46	20,9	23,30	71,6	19,60	20,5
11:00	25,98	71,6	22,08	23,3	26,13	71,6	22,23	23,3
12:00	27,66	71,6	23,46	24,5	27,82	71,6	23,62	24,9
13:00	28,42	40,05	19,02	23,3	29,45	40,05	19,75	23,2
14:00	28,13	40,05	18,83	23	30,15	40,05	20,25	24,2
15:00	27,58	40,05	18,28	22,5	30,06	40,05	20,15	24
16:00	26,37	40,05	17,47	21,9	28,55	40,05	19,05	23,5
17:00	24,88	40,05	16,08	20,9	26,28	40,05	17,38	21,9

5.4.10.1 - RESUMO DO CONFORTO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO DO CSTB PARA O PERÍODO DE INVERNO (JULHO)

Segundo Koenigsberger et al. (1977) os valores da Temperatura Efetiva válidos para o Conforto Térmico da maior parte das regiões Tropicais da Temperatura Efetiva são de 22 a 27 °C.

a - Pavimento Inferior

Hora	Sala de Estar – Pav. Inferior		Dormitório – Pav. Inferior	
	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C
7:00	14	abaixo da Zona de Conforto Térmico	13,5	abaixo da Zona de Conforto Térmico
8:00	14,3	abaixo da Zona de Conforto Térmico	14,5	abaixo da Zona de Conforto Térmico
9:00	15,9	abaixo da Zona de Conforto Térmico	17,2	abaixo da Zona de Conforto Térmico
10:00	19,9	abaixo da Zona de Conforto Térmico	19,9	abaixo da Zona de Conforto Térmico
11:00	23,5	na Zona de Conforto Térmico	22,3	na Zona de Conforto Térmico
12:00	23,4	na Zona de Conforto Térmico	23,5	na Zona de Conforto Térmico
13:00	22,5	na Zona de Conforto Térmico	21,8	na da Zona de Conforto Térmico
14:00	22,3	na Zona de Conforto Térmico	22,5	na Zona de Conforto Térmico
15:00	21,6	abaixo da Zona de Conforto Térmico	22,3	na Zona de Conforto Térmico
16:00	21,5	abaixo da Zona de Conforto Térmico	21,9	na Zona de Conforto Térmico
17:00	20,9	abaixo da Zona de Conforto Térmico	21,5	abaixo da Zona de Conforto Térmico

b - Pavimento superior

Hora	Dormitório Social – Pav. Superior		Dormitório Suite – Pav. Superior	
	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C
7:00	14	abaixo da Zona de Conforto Térmico	14	abaixo da Zona de Conforto Térmico
8:00	15,5	abaixo da Zona de Conforto Térmico	15,5	abaixo da Zona de Conforto Térmico
9:00	18	abaixo da Zona de Conforto Térmico	18	abaixo da Zona de Conforto Térmico
10:00	20,9	abaixo da Zona de Conforto Térmico	20,5	abaixo da Zona de Conforto Térmico
11:00	23,3	na Zona de Conforto Térmico	23,3	na Zona de Conforto Térmico
12:00	24,5	na Zona de Conforto Térmico	24,9	na Zona de Conforto Térmico
13:00	23,3	na Zona de Conforto Térmico	23,2	na Zona de Conforto Térmico
14:00	23	na Zona de Conforto Térmico	24,2	na Zona de Conforto Térmico
15:00	22,5	na Zona de Conforto Térmico	24	na Zona de Conforto Térmico
16:00	21,9	na Zona de Conforto Térmico	23,5	na Zona de Conforto Térmico
17:00	20,9	abaixo da Zona de Conforto Térmico	21,9	abaixo da Zona de Conforto Térmico

Conclusão:

O Dormitório do Pavimento Inferior se encontra dentro da zona de conforto térmico no período das 11:00 às 14:00 Horas.

A Sala de Estar do Pavimento Inferior se encontra dentro da zona de conforto térmico das 11:00 às 14:00 Horas

Isto, leva a concluir que o pavimento inferior das 11:00 às 14:00 Horas está dentro da Zona de Conforto.

O Dormitório Social do Pavimento Superior se encontra dentro da zona de conforto térmico das 11:00 às 16:00 Horas.

O Dormitório Suite do Pavimento Superior se encontra dentro da zona de conforto térmico das 11:00 às 17:00 Horas.

Isto, leva a se concluir que todo o pavimento superior das 11:00 às 16:00 Horas está dentro da Zona de Conforto.

5.4.11 – GANHOS DE CALOR SOLAR – PERÍODO DE VERÃO

a - Pavimento Inferior – Período de Verão (Fevereiro)

$$Q_{opaco} = A_{opaco} \left(\frac{\alpha K}{h_e} \right) I_g \dots\dots\dots Q_{transparente} = S_{tr} I_g$$

Onde:

α = coeficiente de absorção da radiação solar
 K = coeficiente global de transmissão de calor
 I_g = intensidade da radiação solar

h_e = coeficiente de condutância térmica superficial
 q = intensidade do fluxo térmico (ganho)
 Q = carga térmica (ganho)

S_{tr} = fator de ganho solar de material transparente
 A_{op} = área da superfície opaca
 A_{tr} = área da superfície transparente

Sala de Estar - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Cobertura	0,70	0,74	20	-	23,76	-	0,615 I_g
Parede	0,70	2,62	20	-	9,08	-	0,830 I_g
Caixilho + vidro				0,80	-	3,68	2,944 I_g

Dormitório Inferior - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Terraço	0,70	2,03	20	-	10,15	-	0,72 I_g
Parede	0,70	2,62	20	-	6,01	-	0,55 I_g
Caixilho + vidro				0,80	-	2,4	1,92 I_g

Planilha de Ganhos de calor solar - Sala de Estar do Pavimento Inferior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m²)	Parede 0,83 I _g	Caixilho 2,944 I _g	I _g (W/m²)	Parede 0,830 I _g	Caixilho 2,944 I _g	I _g (W/m²)	0,615	
7:00	40	33,20	117,76	40	33,20	117,76	99	60,89	362,81
8:00	82	68,06	241,41	82	68,06	241,41	227	139,61	758,59
9:00	116	96,28	341,50	116	96,28	341,50	340	209,10	1084,66
10:00	144	119,52	423,94	144	119,52	423,94	427	262,61	1349,53
11:00	162	134,46	476,93	162	134,46	476,93	483	297,05	1519,83
12:00	168	139,44	494,59	168	139,44	494,59	501	308,12	1576,18
13:00	162	134,46	476,93	162	134,46	476,93	483	297,05	1519,83
14:00	144	119,52	423,94	144	119,52	423,94	427	262,61	1349,53
15:00	116	96,28	341,50	116	96,28	341,50	340	209,10	1084,66
16:00	82	68,06	241,41	82	68,06	241,41	227	139,61	758,59
17:00	40	33,20	117,76	40	33,20	117,76	99	60,89	362,81

Planilha de Ganhos de calor solar - Dormitório do Pavimento Inferior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m²)	Parede 0,55 I _g	Caixilho 1,92 I _g	I _g (W/m²)	Parede 0,55 I _g	Caixilho 1,92 I _g	I _g (W/m²)	0,72	
7:00	40	22,0	76,80	40	22,0	76,80	61	43,92	241,52
8:00	82	45,1	157,44	82	45,1	157,44	116	83,52	488,60
9:00	116	63,8	222,72	116	63,8	222,72	165	118,80	691,84
10:00	144	79,2	276,48	144	79,2	276,48	202	145,44	856,80
11:00	162	89,1	311,04	162	89,1	311,04	226	162,72	963,00
12:00	168	92,4	322,56	168	92,4	322,56	234	168,48	998,40
13:00	162	89,1	311,04	162	89,1	311,04	226	162,72	963,00
14:00	144	79,2	276,48	144	79,2	276,48	202	145,44	856,80
15:00	116	63,8	222,72	116	63,8	222,72	165	118,80	691,84
16:00	82	45,1	157,44	82	45,1	157,44	116	83,52	488,60
17:00	40	22,0	76,80	40	22,0	76,80	61	43,92	241,52

b – Pavimento Superior – Ganho de calor - Período de Verão (Fevereiro)

Dormitório Social do Pavimento Superior - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Cobertura	0,70	1,73	20	-	12,62	-	0,764 I_g
Parede	0,70	2,62	20	-	4,00	-	0,367 I_g
Caixilho + vidro		5,88		0,80	-	4,41	3,530 I_g

Dormitório Suite superior - Ganhos de calor Solar							
	α	K	h_e (W/m ² °C)	S_{tr}	A_{op} (m ²)	A_{tr} (m ²)	Q (W)
Cobertura de telha	0,70	1,73	20	-	13,33	-	0,807 I_g
Parede	0,70	2,62	20	-	4,37	-	0,401 I_g
Caixilho + vidro		5,88		0,80	-	4,41	3,530 I_g

α = coeficiente de absorção da radiação solar
K = coeficiente global de transmissão de calor
 I_g = intensidade da radiação solar

h_e = coeficiente de condutância térmica superficial
 q = intensidade do fluxo térmico (ganho)
Q = carga térmica (ganho)

S_{tr} = fator de ganho solar de material transparente
 A_{op} = área da superfície opaca
 A_{tr} = área da superfície transparente

Planilha de Ganhos de calor solar - Dormitório Social do Pavimento Superior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m ²)	Parede 0,367 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	Parede 0,367 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	0,764	
7:00	40	16,68	141,20	40	16,68	141,20	99	75,64	391,40
8:00	82	30,09	106,22	82	30,09	106,22	227	173,43	446,05
9:00	116	42,57	409,48	116	42,57	409,48	340	259,76	1163,87
10:00	144	52,85	508,32	144	52,85	508,32	427	326,23	1448,57
11:00	162	59,45	571,86	162	59,45	571,86	483	369,01	1631,63
12:00	168	61,66	593,04	168	61,66	593,04	501	382,76	1692,16
13:00	162	59,45	571,86	162	59,45	571,86	483	369,01	1631,63
14:00	144	52,85	508,32	144	52,85	508,32	427	326,23	1448,57
15:00	116	42,57	409,48	116	42,57	409,48	340	259,76	1163,87
16:00	82	30,09	106,22	82	30,09	106,22	227	173,43	446,05
17:00	40	16,68	141,20	40	16,68	141,20	99	75,64	391,40

Planilha de Ganhos de calor solar - Dormitório Suite do Pavimento Superior									
Hora	Orientação Oeste			Orientação Nordeste			Cobertura		Q _{Total} (W)
	I _g (W/m ²)	Parede 0,401 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	Parede 0,401 I _g	Caixilho 3,53 I _g	I _g (W/m ²)	0,807	
7:00	40	16,04	141,2	166	66,57	585,98	99	79,89	887,68
8:00	82	32,88	289,46	263	105,46	928,39	227	183,19	1539,38
9:00	116	46,52	409,48	306	122,71	1080,18	340	274,38	1933,27
10:00	144	57,74	508,32	314	125,91	1108,42	427	344,59	2144,98
11:00	162	64,96	571,86	294	117,89	1037,82	483	389,78	2182,31
12:00	168	67,37	593,04	250	100,25	882,50	501	404,31	2047,83
13:00	236	94,64	833,08	187	74,99	660,11	483	389,78	2052,60
14:00	286	114,69	1009,58	144	57,74	508,32	427	344,59	2034,92
15:00	307	123,11	1083,71	116	46,52	409,48	340	274,38	1937,20
16:00	290	116,29	1023,70	82	32,88	289,46	227	183,19	1645,52
17:00	201	80,60	709,53	40	16,04	141,20	99	79,89	1027,26

5.4.12 PERDA DE CALOR DEVIDA A DIFERENÇA DE TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA (ΔT)

a - Pavimento inferior – Período de Verão

Sala de Estar do Pavimento Inferior					Dormitório do Pavimento Inferior				
Local	K	Q	A _{op}	Q'	Local	K	q	A _{op}	Q'
Cobertura de telha	2,05	2,05 Δt	23,76	48,71 Δt	Terraço	2,43	2,43 Δt	10,15	24,66 Δt
Parede	2,62	2,62 Δt	9,08	23,79 Δt	Parede	2,62	2,62 Δt	9,08	23,79 Δt
Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	3,68	21,64 Δt	Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	6,01	35,34 Δt
$\Sigma Q'_1$				94,14 Δt	$\Sigma Q'_2$				83,79 Δt

b - Pavimento Superior

Dormitório Suite do Pavimento superior					Dormitório Social do Pavimento Superior				
Local	K	q	A _{op}	Q'	Local	K	q	A _{op}	Q'
Cobertura de telha	2,05	2,05 Δt	13,33	27,33 Δt	Cobertura de telha	2,05	2,05 Δt	12,62	25,87 Δt
Parede	2,62	2,62 Δt	9,08	11,45 Δt	Parede	2,62	2,62 Δt	4,00	10,48 Δt
Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	3,68	25,93 Δt	Caixilho de ferro + vidro	5,88	5,88 Δt	4,41	25,93 Δt
$\Sigma Q'_3$				64,71 Δt	$\Sigma Q'_4$				62,28 Δt

Superfície opaca $\rightarrow Q'_{op} = A_{op} K \Delta t$

Superfície transparente $\rightarrow Q'_{tr} = A_{tr} K \Delta t$

q= intensidade de fluxo
q= K Δt

Q'= carga térmica (perda)

A_{op} = área da superfície opaca

A_{tr} = área da superfície transparente

5.4.13. – PERDA DE CALOR DEVIDO À VENTILAÇÃO

a - Pavimento Inferior – Período de Verão (fevereiro)

	N	V	Q ventilação
Sala de Estar	6	66,53	139,7Δt
Dormitório	6	29,23	61,38 Δt

b - Pavimento Superior

	N	V	Q ventilação
Dormitório Social	6	35,32	74,17 Δt
Dormitório Suite	6	31,85	66,89 Δt

$$Q_{\text{vent.}} = 0,35 \, N \, V \, \Delta t$$

Q_{ventilação} = carga térmica perdida devido a ventilação

N = número de renovações do ar por hora

V = volume do ambiente (m³)

Δt = diferença de temperatura externa e interna

5.4.14 – GANHO DE CALOR DEVIDO À OCUPAÇÃO DO AMBIENTE

Os ambientes analisados estavam ocupados por apenas uma pessoa (em pé e em repouso), segundo a Tabela 6 o calor cedido ao ambiente é:

$$Q_{\text{ocupação}} = 93 \, \text{W}$$

5.4.15.– BALANÇO TÉRMICO – GANHOS E PERDAS

$$Q + Q_{\text{ocup.}} = Q' \Delta t + Q_{\text{vent}} \Delta t$$

$$Q' = Q'_1 + Q'_2 \text{ (pavimento Inferior)} \quad Q' = Q'_3 + Q'_4 \text{ (pavimento superior)}$$

$$\Delta t = \frac{Q + Q_{\text{ocup.}}}{Q' + Q_{\text{vent.}}}$$

a - Pavimento inferior – Período de Verão

Sala de estar

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas - Período de Verão – Sala de Estar do Pavimento Inferior						
Horas	Q' (W/°C)	Q' ventilação. (W/°C)	Q' total (W/°C)	Q _{ocupação} (W)	Q (W)	Δt (°C)
7:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	362,81	1,95
8:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	758,59	3,64
9:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	1084,66	5,04
10:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	1349,53	6,17
11:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	1519,83	6,90
12:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	1576,18	7,34
13:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	1519,83	6,90
14:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	1349,53	6,17
15:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	1084,66	5,04
16:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	758,59	3,64
17:00	94,14 Δt	139,7 Δt	233,84 Δt	93	362,81	1,95

Dormitório Inferior

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas - Período de Verão – Dormitório do Pavimento Inferior						
Horas	Q' (W/°C)	Q' ventilação. (W/°C)	Q' total (W/°C)	Q _{ocupação} . (W)	Q (W)	Δt (°C)
7:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	241,52	2,3
8:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	488,60	4,01
9:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	691,84	5,41
10:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	856,80	6,54
11:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	963,00	7,27
12:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	998,40	7,45
13:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	963,00	7,27
14:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	856,80	6,54
15:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	691,84	5,41
16:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	488,60	4,01
17:00	83,79 Δt	61,38 Δt	145,17 Δt	93	241,52	2,3

b - Pavimento Superior –Período de Verão

Dormitório Social

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas- Período de Verão Dormitório Social do Pavimento superior						
Horas	Q' (W/°C)	Q' ventilação (W/°C)	Q' total (W/°C)	Q _{ocupação} . (W)	Q (W/°C)	Δt (°C)
7:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	391,40	2,87
8:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	446,05	3,95
9:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	1163,87	9,21
10:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	1448,57	11,3
11:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	1631,63	12,64
12:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	1692,16	13,08
13:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	1631,63	12,64
14:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	1448,57	11,30
15:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	1163,87	9,21
16:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	446,05	3,95
17:00	62,28	74,17 Δt	136,45 Δt	93	391,40	2,87

Dormitório Suite

Planilha do Balanço Térmico: ganhos = perdas- Período de Verão Dormitório Suite do Pavimento Superior						
Horas	Q' (W/°C)	$Q'_{\text{ventilação}}$ (W/°C)	Q'_{total} (W/°C)	$Q_{\text{ocupação}}$ (W)	Q (W)	Δt (°C)
7:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	887,68	7,45
8:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	1539,38	12,81
9:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	1933,27	15,40
10:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	2144,98	17,01
11:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	2182,31	17,29
12:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	2047,83	16,27
13:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	2052,60	16,30
14:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	2034,92	16,17
15:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	1937,20	15,43
16:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	1645,52	13,21
17:00	64,71	66,89 Δt	131,6 Δt	93	1027,26	8,51

5.4.16 – AVALIAÇÃO DA INÉRCIA – PESO DA PAREDE (inclusive teto e piso)

Pavimento inferior - Período de Verão (fevereiro)

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Sala de Estar do Pavimento Inferior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Laje de forro	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	23,76	15,84
Concreto	0,080	0,040	1600	64,00						
Lajota cerâmica	0,120	0,060	1800	108,00	0,030	0,65	0,015	1/3	9,08	3,03
Parede										
Σ										18,87

e = espessura da parede
A = área da parede

δ = densidade do material constituinte do elemento Coef. = coeficiente obtido do Quadro 2 Item 5.2
 λ = condutividade térmica do material

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{18,87}{23,76} = 0,79 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75 \quad \text{Item 5.2 – Capítulo 3}$$

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Dormitório do Pavimento Inferior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Terraço	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	10,15	6,78
Concreto	0,120	0,060	1600	96,00						
Lajota cerâmica	0,12	0,06	1800	108,00	0,030	0,65	0,015	1/3	6,01	2,00
Parede										
Σ										8,78

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{8,78}{10,15} = 0,86 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75 \quad \text{Item 5.2 – Capítulo 3}$$

Pavimento superior – Avaliação da inércia – período de Verão (Fevereiro)

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Dormitório Suite do Pavimento Superior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Laje de forro	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	13,33	8,89
Concreto	0,080	0,040	1600	64,00						
Lajota cerâmica										
Parede					0,030	0,65	0,015	1/3	4,37	1,46
Σ										10,35

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{10,35}{13,33} = 0,78 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75$$

Item 5.2 – Capítulo 3

Planilha de Cálculo da Superfície pesada – Local: Dormitório Social do Pavimento Superior										
Elemento	Peso do elemento = $\frac{1}{2} e \delta$				Revestimento - Coeficiente Quadro 2 Item 5.2				Superfície equivalente pesada	
	e (m)	e/2 (m)	δ (Kg/m³)	Peso (Kg/m²)	e (m)	λ (W/m°C)	e/ λ	Coef.	Área (m²)	Área x coef. (m²)
Laje de forro	0,038	0,019	2400	45,60	0,015	0,65	0,0075	2/3	12,62	8,41
Concreto	0,080	0,040	1600	64,00						
Lajota cerâmica										
Parede	0,12	0,06	1800	108,00	0,030	0,65	0,015	1/3	4,0	1,33
Σ										9,74

$$\frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{9,74}{12,62} = 0,77 \Rightarrow \text{inércia térmica fraca } \phi = 0,75$$

Item 5.2 – Capítulo 3

5.4.17. - Cálculo da Temperatura interna e da Temperatura Efetiva através de Nomograma – Período de Verão

No item 9.2.2. do Capítulo 3 é apresentada a equação (40) que permite o cálculo da temperatura interna de período de verão

$$T_{e.\max} = \frac{T_d + T_s}{2} \dots\dots\dots T_{e.\min} = \frac{t_d + t_s}{2} \dots\dots\dots \Rightarrow \bar{t}_e = \frac{T_{e.\max} + T_{e.\min}}{2}$$

$$A = \frac{(T_d - t_d) + (T_s - t_s)}{2} \dots\dots\dots E = \frac{A}{2}$$

$$t_{i.\max} = \bar{t}_e + (1 - \phi)E + (1 - \phi)\Delta t \dots\dots\dots (40)$$

Onde:

t_e = temperatura externa máxima

$t_{i.\max}$ = temperatura interna máxima

t_i = temperatura interna mínima

ϕ = coeficiente de amortecimento da edificação

T_s = média das máximas anuais do mês mais quente

A = amplitude entre a temperatura máxima e mínima.

T_d = média das máximas diárias do mês mais quente

$\bar{t}_e$ = temperatura média externa

t_s = média das mínimas anuais do mês mais quente

t_d = média das mínimas diárias do mês mais quente

Os dados climáticos da Região de Campinas obtidos junto ao Posto Meteorológico do Instituto Agrônômico não fornecem as temperaturas máxima e mínima diárias do mês mais frio; fornecem apenas as médias das temperaturas máximas e mínimas anuais do mês mais frio. As temperatura máxima e mínima diárias do mês mais frio foram obtidas no Quadro 28.

Dos dados climáticos do IAC temos: $T_s = 29,7^\circ\text{C}$ e $t_s = 19,5^\circ\text{C}$

Do Quadro 28 temos: $T_d = 24,6^\circ\text{C}$ e $t_d = 17,4^\circ\text{C}$

$$A = \frac{(T_d - t_d) + (T_s - t_s)}{2} = \frac{(24,6 - 17,4) + (29,7 - 19,5)}{2} = \frac{7,2 + 10,2}{2} = 8,7^\circ\text{C}$$

$$E = \frac{A}{2} = \frac{8,7}{2} = 4,35^\circ\text{C}$$

O cálculo aproximado da variação da temperatura externa foi realizado, a partir do método “Desplanches” citado por Roriz (1991). Este método foi utilizado no presente trabalho, com o objetivo de se obter a temperatura externa hora a hora, a partir dos dados climáticos obtidos junto ao Posto Meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas.

As temperaturas externas serão utilizadas no Método do CSTB para o cálculo da temperatura interna dos ambientes analisados.

A equação utilizada é:

$$T(h) = MAX - [B(h) \times (MAX - MIN)] \quad (44)$$

Onde: $T(h)$ = temperatura no momento h

MAX = temperatura média das máximas do mês considerado

MIN = temperatura média das mínimas do mês considerado

$B(h)$ = Fator multiplicador para o momento “ h ” (Quadro 26)

QUADRO 30

Cálculo da temperatura externa

Período de Verão - Fevereiro

Horas	MAX	MIN	(MAX – MIN)	B(h)	B(h) x (Max – Min)	T(h)
7:00	29,7	19,5	10,2	0,920	9,384	20,32
8:00	29,7	19,5	10,2	0,805	8,211	21,49
9:00	29,7	19,5	10,2	0,635	6,477	23,22
10:00	29,7	19,5	10,2	0,427	4,355	25,35
11:00	29,7	19,5	10,2	0,225	2,295	27,41
12:00	29,7	19,5	10,2	0,097	0,989	28,71
13:00	29,7	19,5	10,2	0,025	0,255	29,45
14:00	29,7	19,5	10,2	0,00	0,00	29,7
15:00	29,7	19,5	10,2	0,020	0,204	29,50
16:00	29,7	19,5	10,2	0,060	0,612	29,09
17:00	29,7	19,5	10,2	0,120	1,224	28,47

Nas Planilhas a seguir são apresentadas as temperaturas internas calculada através de equação (40):

$$t_{i\max} = t'_e + (1 - \phi) E + (1 - \phi) \Delta t$$

As planilhas também apresentam o cálculo da Temperatura Efetiva (TE) através de Nomograma, obedecendo as mesmas considerações feitas no item 5.4.10.

A Temperatura Efetiva foi obtida no Nomograma considerando a velocidade do vento de 0,1 m/s

a- Pavimento Inferior - cálculo da temperatura interna e da TE (Verão)

Dormitório Inferior

Planilha de cálculo da temperatura interna do Dormitório do Pavimento inferior e da Temperatura Efetiva (T.E). com o auxílio do Nomograma.										
Hora	t_e °C	ϕ	E °C	$(1-\phi) E$ °C	Δt °C	$(1-\phi) \Delta t$ °C	$t_{L\max}$ °C	Umidade %	TBU °C	TE °C
7:00	20,32	0,75	4,35	1,09	2,30	0,58	21,99	77,2	19,29	20
8:00	21,49	0,75	4,35	1,09	4,01	1,00	23,58	77,2	20,98	21,3
9:00	23,22	0,75	4,35	1,09	5,41	1,35	25,66	77,2	22,76	23,8
10:00	25,35	0,75	4,35	1,09	6,54	1,64	28,08	77,2	24,98	25,5
11:00	27,41	0,75	4,35	1,09	7,27	1,82	30,32	77,2	27,02	27,9
12:00	28,71	0,75	4,35	1,09	7,45	1,86	31,66	77,2	28,36	28,9
13:00	29,45	0,75	4,35	1,09	7,27	1,82	32,36	57,0	25,56	27,5
14:00	29,7	0,75	4,35	1,09	6,54	1,64	32,43	57,0	25,63	27,6
15:00	29,50	0,75	4,35	1,09	5,41	1,35	31,94	57,0	25,14	27,2
16:00	29,09	0,75	4,35	1,09	4,01	1,00	31,18	57,0	24,58	26,8
17:00	28,47	0,75	4,35	1,09	2,30	0,58	30,14	57,0	23,64	25,9

Sala de Estar Inferior

Planilha de cálculo da temperatura interna da Sala de Estar do Pavimento inferior e da Temperatura Efetiva (T.E). com o auxílio do Nomograma.

Hora	t_e °C	ϕ	E °C	$(1-\phi)E$ °C	Δt °C	$(1-\phi)\Delta t$ °C	$t_{i,max}$ °C	Umidade %	TBU °C	TE °C
7:00	20,32	0,75	4,35	1,09	1,95	0,49	21,9	77,2	19,2	20
8:00	21,49	0,75	4,35	1,09	3,64	0,91	23,59	77,2	20,89	21,3
9:00	23,22	0,75	4,35	1,09	5,04	1,26	25,57	77,2	22,67	23,2
10:00	25,35	0,75	4,35	1,09	6,17	1,54	27,98	77,2	24,88	25,9
11:00	27,41	0,75	4,35	1,09	6,90	1,73	30,23	77,2	27,93	28
12:00	28,71	0,75	4,35	1,09	7,34	1,84	31,64	77,2	28,34	28,9
13:00	29,45	0,75	4,35	1,09	6,90	1,73	32,27	57,0	25,47	27,3
14:00	29,7	0,75	4,35	1,09	6,17	1,54	32,33	57,0	25,53	27,5
15:00	29,50	0,75	4,35	1,09	5,04	1,26	31,85	57,0	25,05	27,2
16:00	29,09	0,75	4,35	1,09	3,64	0,91	31,09	57,0	24,39	26,9
17:00	28,47	0,75	4,35	1,09	1,95	0,49	30,05	57,0	23,55	26

b – Pavimento Superior – Cálculo da temperatura interna e da TE (Verão)

Dormitório Social

Planilha de cálculo da temperatura interna do Dormitório Social do Pavimento superior e da Temperatura Efetiva (T.E). com o auxílio do Nomograma.-

Hora	t_e °C	ϕ	E °C	$(1-\phi)E$ °C	Δt °C	$(1-\phi)\Delta t$ °C	$t_{i,max}$ °C	Umidade %	TBU °C	TE °C
7:00	20,32	0,75	4,35	1,09	2,87	0,72	22,13	77,2	19,43	20,1
8:00	21,49	0,75	4,35	1,09	3,95	0,99	23,57	77,2	2,077	22
9:00	23,22	0,75	4,35	1,09	9,21	2,30	26,61	77,2	23,61	24,5
10:00	25,35	0,75	4,35	1,09	11,30	2,83	29,27	77,2	26,17	27
11:00	27,41	0,75	4,35	1,09	12,64	3,16	31,65	77,2	28,35	28,8
12:00	28,71	0,75	4,35	1,09	13,08	3,27	33,07	77,2	29,77	30,8
13:00	29,45	0,75	4,35	1,09	12,64	3,16	33,7	57,0	26,7	28,3
14:00	29,7	0,75	4,35	1,09	11,30	2,83	33,62	57,0	26,62	28,2
15:00	29,50	0,75	4,35	1,09	9,21	2,30	32,89	57,0	25,99	28,1
16:00	29,09	0,75	4,35	1,09	3,95	0,99	31,17	57,0	24,57	27
17:00	28,47	0,75	4,35	1,09	2,87	0,72	30,28	57,0	23,78	26,2

Dormitório Suite

Planilha de cálculo da temperatura interna do Dormitório Suite do Pavimento superior e da Temperatura Efetiva (T.E.) com o auxílio do Nomograma.-										
Hora	t_e °C	ϕ	E °C	$(1-\phi)E$ °C	Δt °C	$(1-\phi)\Delta t$ °C	t_{Lmax} °C	Umidade %	TBU °C	TE °C
7:00	20,32	0,75	4,35	1,09	7,45	1,86	23,27	77,2	20,47	21
8:00	21,49	0,75	4,35	1,09	12,81	3,20	25,75	77,2	22,75	24
9:00	23,22	0,75	4,35	1,09	15,40	3,85	28,16	77,2	25,06	26
10:00	25,35	0,75	4,35	1,09	17,01	4,25	30,69	77,2	27,09	27,9
11:00	27,41	0,75	4,35	1,09	17,29	4,32	32,82	77,2	29,22	29,9
12:00	28,71	0,75	4,35	1,09	16,27	4,07	33,87	77,2	30,27	31
13:00	29,45	0,75	4,35	1,09	16,30	4,08	34,62	57,0	27,52	28,8
14:00	29,7	0,75	4,35	1,09	16,17	4,04	34,83	57,0	27,63	29,8
15:00	29,50	0,75	4,35	1,09	15,43	3,86	34,45	57,0	27,35	29
16:00	29,09	0,75	4,35	1,09	13,21	3,30	33,48	57,0	26,48	28,2
17:00	28,47	0,75	4,35	1,09	8,51	2,13	31,69	57,0	24,99	27,2

5.4.17.1 - RESUMO DO CONFORTO TÉRMICO DA RESIDÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DO C.S.T.B. PARA O PERÍODO DE VERÃO (FEVEREIRO).

Segundo Koenigsberger et al. (1977) os valores válidos da temperatura efetiva para o Conforto Térmico para a maior parte das regiões Tropicais da Temperatura Efetiva são de 22 a 27 °C.

Pavimento Inferior

Hora	Sala de Estar Pavimento Inferior		Dormitório do Pavimento Inferior	
	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C
7:00	20	abaixo da zona de conforto térmico	20	abaixo da zona de conforto térmico
8:00	21,3	abaixo da zona de conforto térmico	21,3	abaixo da zona de conforto térmico
9:00	23,2	dentro da zona de conforto térmico	23,8	dentro da zona de conforto térmico
10:00	25,9	dentro da zona de conforto térmico	25,5	dentro da zona de conforto térmico
11:00	28	acima da zona de conforto térmico	27,9	acima da zona de conforto térmico
12:00	28,9	acima da zona de conforto térmico	28,9	acima da zona de conforto térmico
13:00	27,3	acima da zona de conforto térmico	27,5	acima da zona de conforto térmico
14:00	27,5	acima da zona de conforto térmico	27,6	acima da zona de conforto térmico
15:00	27,2	dentro da zona de conforto térmico	27,2	dentro da zona de conforto térmico
16:00	26,9	dentro da zona de conforto térmico	26,8	dentro da zona de conforto térmico
17:00	26	dentro da zona de conforto térmico	25,9	dentro da zona de conforto térmico

Pavimento Superior

Hora	Dormitório Social Pav. Superior		Dormitório Suite Pavimento Superior	
	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C	TE	Zona de Conforto Térmico 22 a 27°C
7:00	20,1	abaixo da zona de conforto térmico	21	abaixo da zona de conforto térmico
8:00	22	dentro da zona de conforto térmico	24	dentro da zona de conforto térmico
9:00	24,5	dentro da zona de conforto térmico	26	dentro da zona de conforto térmico
10:00	27	dentro da zona de conforto térmico	27,9	acima da zona de conforto térmico
11:00	28,8	acima da zona de conforto térmico	29,9	acima da zona de conforto térmico
12:00	30,8	acima da zona de conforto térmico	31	acima da zona de conforto térmico
13:00	28,3	acima da zona de conforto térmico	28,8	acima da zona de conforto térmico
14:00	28,2	acima da zona de conforto térmico	29,8	acima da zona de conforto térmico
15:00	28,1	acima da zona de conforto térmico	29	acima da zona de conforto térmico
16:00	27	dentro da zona de conforto térmico	28,2	acima da zona de conforto térmico
17:00	26,2	dentro da zona de conforto térmico	27,2	dentro da zona de conforto térmico

Conclusão:

O dormitório e a sala de estar do pavimento inferior se encontram dentro da zona de conforto térmico às 9:00, 10:00, 15:00, 16:00 e 17:00 Horas.

O dormitório social do pavimento superior se encontra dentro da zona de conforto térmico às 8:00, 9:00, 10:00, 16:00 e 17:00 Horas.

O dormitório suite do pavimento superior se encontra dentro da zona de conforto térmico das 8:00, 9:00 e 17:00 Horas.

5.5 - Simulação Computacional – Arquitrop – Versão 3.0

Os meses definidos para a aplicação do programa de simulação ARQUITROP foram: julho para o período de inverno e fevereiro para o período de verão; são os mesmos períodos em que foram realizadas as medições “in loco” na residência.

5.5.1 – UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP

Os dados climáticos da Região de Campinas – 83/97, pesquisados junto ao Instituto Agronômico de Campinas - IAC, foram acrescentado ao Banco de Dados do programa ARQUITROP. Através do ARQUITROP foi feita a análise do clima da região de Campinas – 83/97, cujo resultado é apresentado no Quadro 31.

Quadro.31

Análise do clima da região de Campinas feito pelo programa ARQUITROP.

Recomendações para Projeto (Método de Mahoney adaptado)												
Cidade: Campinas – 83/97			UF: SP		TMA: 21,3		AMA: 17,5		Alt.: 694			
	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
MAX	30,0	29,5	29,0	28,0	25,5	24,0	24,5	26,5	26,5	28,5	29,0	29,0
MIN	19,5	19,5	18,5	17,5	15,0	12,5	12,5	13,5	15,0	11,5	10,5	9,0
AMP	10,5	10,0	10,5	10,5	10,5	11,5	12,0	13,0	11,5	11,5	10,5	9,0
UMI	78d	79d	78d	76d	76d	74d	68c	64c	68c	68c	70c	75d
CHU	252	198	191	80	97	43	32	32	81	91	135	218
Dia	Quen	Quen	Quen	Quen	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Quen
noite	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Frio	Frio	Frio	Frio	Frio	Conf.	Conf.	Conf.
Implantação			Fachadas maiores Norte/Sul (menor insolação). Afastar. Controle vento									
Abertura			Entre 25 e 40% das fachadas Norte/Sul (e/ou/Leste/Oeste clima frio) Sombrear. Ventilar. Proteger de chuva									
Parede			Pesadas. $K \geq 1,98 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Retardamento ≤ 8 horas Fator Solar $\geq 4\%$									
Cobertura			Leve isolada. $K \geq 0,81 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Retardamento ≥ 3 horas. Fator Solar $\geq 3\%$.									
Quen. = quente.			Conf. = confortável									
As letras c , d representam o grupo de umidade da tabela 1 de Mahoney (pagina 76)												

Esse diagnóstico coincide com o apresentado no item 5.2.1.

Chvatal (1998), também encontrou o mesmo diagnóstico para o clima de Campinas, considerando dois período de dados climáticos (1978 a 1994) e (1981 a 1997).

Na literatura pesquisada, todos os programas de simulação de análise de energia são aplicados em edificações de formato retangulares, e cujos lados são praticamente iguais dois a dois. Este fato pode ser observado em: Kasuda et al.(1981), Robertson et al. (1985), Yuill (1985), Kolotroni et al. (1990), van Bellan et al. (1993) e Bulla (1995).

A residência cujo desempenho térmico foi avaliado através do programa de simulação ARQUITROP, é retangular, porém, seus lados não são iguais dois a dois, como nos casos citados na literatura pesquisada. A Figura 15 apresenta um esquema sem escala da residência avaliada; as medidas apresentadas no esquema representam as dimensões (sem considerar a espessura das paredes externas) da residência analisada. As paredes internas não foram representadas, uma vez que para a simulação o programa ARQUITROP considera cada pavimento da residência individualmente como sendo um único ambiente.

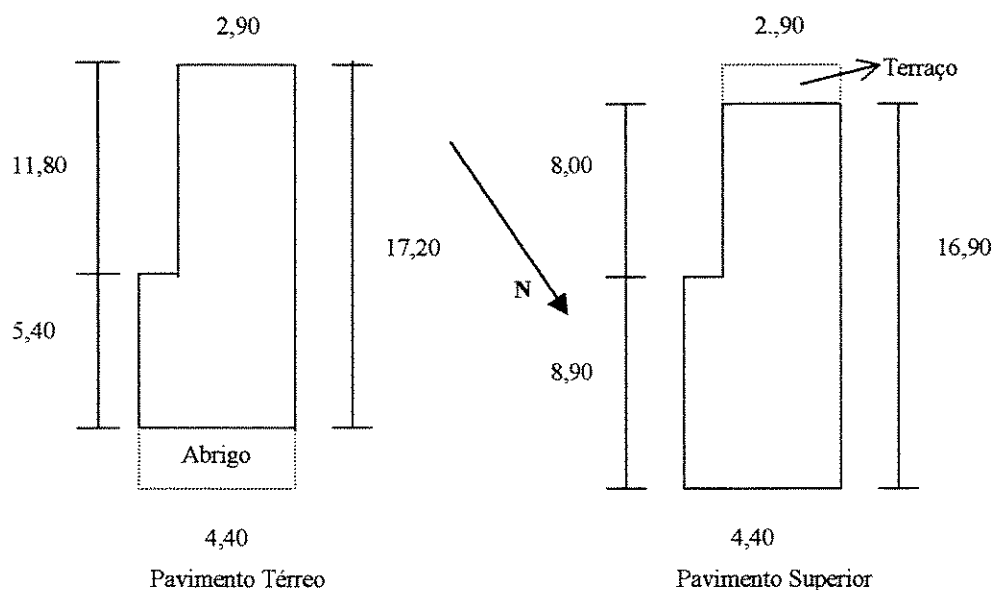


Figura 15 Esquema sem escala da residência sem considerar a espessura da parede.

Para que a residência fosse retangular com os lados iguais dois a dois, duas hipóteses foram realizadas:

a – a residência foi dividida em duas partes como ilustra a figura 16 A, sendo o programa aplicado separadamente a cada uma das partes.

b – com base na área da residência (Figura 15) e mantendo-se a maior dimensão da residência (17,20 m) constante, obteve-se uma nova largura fictícia (3,37m) para a residência; a figura 16 B ilustra o novo esquema da residência.

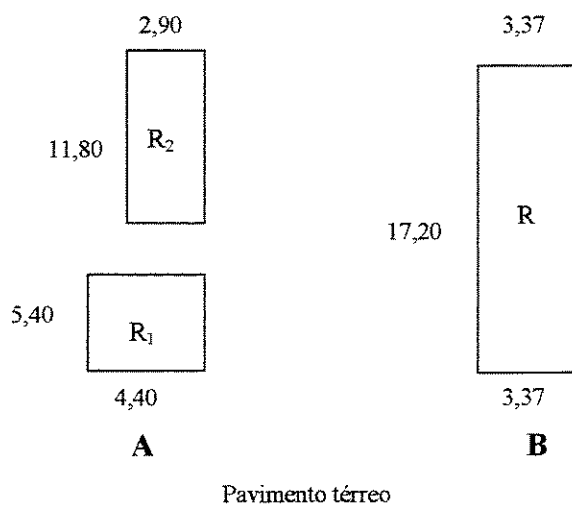


Figura 16 Divisão utilizada na residência para uso do ARQUITROP

Outras adaptações e considerações se fizeram necessárias para a aplicação do programa de simulação ARQUITROP; essas considerações serão devidamente colocadas e explicadas no momento da análise do resultado da simulação.

O programa foi aplicado considerando o dia típico 22 de julho. Este dia foi o mais frio quando da realização da medição “in loco” das temperatura na residência.

5.5.2 - APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO INFERIOR DA RESIDÊNCIA R1 (FIG. 16 A)

As informações e dados solicitados pelo programa ARQUITROP, e os resultado dos cálculos realizado pelo mesmo, são apresentados nas planilhas dos Quadros 32 a 36.

Quadro 32

Planilha das característica do projeto fornecido pelo ARQUITROP
Pavimento Inferior da Residência R 1 - Dia analisado 22 de julho

>>ARQUITROP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R 1 Pav. Inferior			Dimensões do ambiente: 4,40 x 5,40			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30,00	120,00	210,00	300,00	Cor da cobertura	
Comprimento	4,40	5,40	4,40	5,40	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Área de vidros	3,68	0,00	0,48	0,00	Dia típico	22 Jul.
Vidros shed:		área (m ²)		Orientação dos vidros:		
Ventilação	área útil: 4,16		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às ____ horas e duração de ____			

Inter - interno

Mac. - maciço

RDV – revestido dos dois lados

Quadro 33

Planilha das Características das vedações externas

Pavimento Inferior da Residência R 1

Dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES EXTERNAS														
Projeto R1 local: Campinas data 22 Jun.														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	AxY	Imed	Qs
Piso	----	23,8	1,2	29,6	----	----	----	----	4,3	----	4,1	98,4	----	----
Par 1	30	8,6	2,9	24,8	----	0,06	0,54	----	3,7	0,8	4,3	37,3	139,8	112,2
vidro	30	3,7	5,5	20,2	0,76	----	----	0,69	0,1	1,0	5,5	20,2	139,8	390,9
Par 2	120	15,1	2,9	43,4	----	0,06	0,54	----	3,7	0,8	4,3	65,2	41,9	58,9
vidro	----	----	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Par 3	210	11,8	2,9	34,0	----	0,06	0,54	----	3,7	0,8	4,3	51,1	18,6	20,5
vidro	210	0,5	5,5	2,6	0,76	----	----	0,69	0,1	1,0	5,5	2,6	18,6	6,8
Par 4	300	15,1	2,9	43,4	----	0,06	0,54	----	3,7	0,8	4,3	65,2	111,6	156,8
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	----	23,8	2,4	57,5	----	0,04	----	----	3,7	0,5	0,5	12,0	----	---
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 66,5 m ³ qc: 255,5 352,0 Qs: 746,1														
Renov. : 6,0 vol/h qv: 67,0 Qi: 55,4														
q = 322,4 W/°C Qsi: 801,5 W														

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar do vidro

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup, superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absorvância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 34

Varição horária da temperatura
Pavimento Inferior da Residência R 1
Dia analisado 22 de julho

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	14,8	13,9	13,2	12,6	12,4	12,7	13,4	14,8	16,9	19,4	21,9	23,4
Int:	19,9	19,5	19,0	18,5	18,0	17,6	17,4	16,3	17,4	19,5	21,8	23,8
Amb:	19,8	19,4	18,9	18,4	17,9	17,5	17,3	16,6	17,4	19,4	21,6	23,7
Sup:	19,8	19,4	18,9	18,4	17,9	17,5	17,3	16,8	17,4	19,3	21,5	23,7

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	24,3	24,6	24,4	23,9	23,1	22,3	21,5	20,5	19,4	18,4	17,3	16,1
Int:	24,6	25,1	25,3	25,3	24,8	24,3	24,6	23,7	22,6	22,1	21,0	20,5
Amb:	24,7	25,2	25,6	25,6	25,2	24,7	24,5	23,6	22,5	22,0	20,9	20,4
Sup:	24,8	25,3	25,8	25,9	25,6	25,0	24,5	23,6	22,5	22,0	20,8	20,3

Onde:

Ext. : temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura ambiental Sup. temperatura. superficial

A temperatura Ambiental indica o efeito combinado entre a temperatura do ar e as temperaturas superficiais no ambiente. Sua influência é grande sobre a sensação de calor percebida pelas pessoas (Roriz, 1991).

Quadro 35

Valores Estimados da Radiação Solar

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R1 local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	41	154	397	510	538	509	441
Par. 2	120	0	187	112	224	195	92	34	35
Par. 3	210	0	8	8	19	27	31	34	35
Par. 4	300	0	8	8	19	27	31	124	271
Cober.	0	0	44	34	177	335	464	545	572

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R1 local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	347	239	128	36	8	8	0	139,8
Par. 2	120	34	31	27	19	8	8	0	41,9
Par. 3	210	34	31	27	19	26	147	0	18,6
Par. 4	300	124	499	528	447	186	126	0	111,6
Cober.	0	545	464	335	177	34	44	0	0,0

Quadro 36

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental

Pavimento Inferior da Residência R 1 dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL	
(Para Tn = 23,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R1 local: Campinas- 83/97 data: 22 JUL.	
Para manter a temperatura interna entre 21,6 e 25,1 °C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 80,7 KWh (graus-hora mês = 250,4 °C h) AQUECIMENTO: 527,5 KWh (graus-hora mês = 1635,9 °C h)	

Onde: Tn = temperatura no momento n

5.5.3 - APLICAÇÃO DO ARQUITROP NO PAVIMENTO INFERIOR DA RESIDÊNCIA R2- (FIG. 16 A)

As informações e dados solicitados pelo programa ARQUITROP, e os resultado dos cálculos realizado pelo mesmo, são apresentados nas planilhas dos Quadros 37 a 41.

Quadro 37

Planilha das característica do projeto

Pavimento Inferior da Residência R 2

Dia analisado 22 de julho

>>ARQUITROP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R2 Pav. Inferior			Dimensões do ambiente: 11,80 x 2,90			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	120,00	210,00	300,00		Cor da cobertura	
Comprimento	11,80	2,90	11,80		Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3		Temperatura externa	média
Area de vidros	2,98	2,40	0,00		Dia típico	22 Jun.
Vidros shed:		área (m ²)		Orientação dos vidros:		
Ventilação	área útil: 5,38		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às _____ horas e duração de _____			

Inter - interno

Mac. - maciço

RDV – revestido dos dois lados

Quadro 38

Planilha das Características das vedações externas

Pavimento Inferior da Residência R 2

Dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES														
Projeto R 2 local: Campinas data 22 Jun.														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	A x Y	Imed	Qs
Piso	----	32,2	1,3	43,8	---	---	---	---	4,3	---	4,1	141,8	---	---
Par 1	120	30,1	2,9	86,2	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	129,7	41,9	117,1
vidro	120	3,0	5,5	16,4	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	16,4	41,9	94,9
Par 2	210	5,7	2,9	16,4	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	24,7	18,6	9,9
vidro	210	2,4	5,5	13,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	13,2	18,6	33,9
Par 3	300	33,0	2,9	94,8	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	142,5	112	342,6
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Par 4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	34,2	2,4	82,9	---	0,04	---	---	3,7	0,5	0,5	17,3	---	---
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 98,8 m³												qc: 353,6	485,4	Qs: 598,4
Renov. : 6,0 vol/h												qv: 96,4	Qi: 55,4	
q = 450,1 w/°C												Qsi: 653,8 W		

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt ; amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup; superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absortância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 39
 Variação horária da temperatura
 Pavimento Inferior da Residência R 2
 Dia analisado 22 de julho

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	14,8	13,9	13,2	12,6	12,4	12,7	13,4	14,8	16,9	19,4	21,9	23,4
Int:	19,5	19,0	18,6	18,0	17,6	17,2	17,0	16,1	17,4	19,0	20,4	21,6
Amb:	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5	17,2	17,0	16,3	17,5	18,8	19,9	21,1
Sup:	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5	17,2	16,9	16,5	17,6	18,6	19,5	20,7

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	24,3	24,6	24,4	23,9	23,1	22,3	21,5	20,5	19,4	18,4	17,3	16,1
Int:	22,1	22,4	23,0	23,5	23,7	23,8	24,7	24,0	22,8	21,7	20,5	20,0
Amb:	21,5	21,8	22,6	23,4	23,9	24,1	24,6	23,9	22,7	21,6	20,5	20,0
Sup:	21,1	21,4	22,4	23,4	24,0	24,4	24,6	23,9	22,7	21,6	20,5	20,0

Onde:

Ext. : temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura ambiental Sup. temperatura. superficial

A temperatura Ambiental, indica o efeito combinado entre a temperatura do ar e as temperaturas superficiais no ambiente. Sua influência é grande sobre a sensação de calor percebida pelas pessoas (Roriz, 1991).

Quadro 40

Valores Estimados da Radiação Solar.

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R 2 local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	187	112	224	195	92	34	35
Par. 2	120	0	8	8	19	27	31	34	35
Par. 3	210	0	8	8	19	27	31	124	271
Par. 4	300	0	0	0	0	0	0	0	0
Cober.	0	0	34	44	117	335	464	545	572

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R 2 local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	34	31	27	19	8	8	0	41,9
Par. 2	120	34	31	27	19	26	147	0	18,6
Par. 3	210	404	499	528	447	186	126	0	116,6
Par. 4	300	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Cober.	0	545	464	335	177	34	44	0	0,0

Quadro 41

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental Pavimento

Inferior da Residência R 2 dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL (Para Tn = 23,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R2 local: Campinas- 83/97 data 22 JUN.	
Para manter a temperatura interna entre 21,6 e 25,1 °C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 36,1 KWh (graus-hora mês = 80,3 °C h) AQUECIMENTO: 930,1 KWh (graus-hora mês = 2066,5 °C h):	

5.5.4 - APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO INFERIOR DA RESIDÊNCIA R (FIGURA 16 B).

As informações e dados solicitados pelo programa ARQUITROP, e os resultado dos cálculos realizado pelo mesmo, são apresentados nas planilhas dos Quadros 42 a 46.

Quadro 42

Planilha das característica do projeto

Pavimento Inferior da Residência R.

Dia analisado 22 de julho

>>ARQUITROP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R Pav. Inferior			Dimensões do ambiente: 3,37 x 17,20			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30	120	210	300	Cor da cobertura	
Comprimento	3,37	17,20	3,37	17,20	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Área de vidros	3,68	2,98	2,4	0,00	Dia típico	22 Jun.
Vidros shed:		área (m ²)		Orientação dos vidros:		
Ventilação	área útil: 9,06		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às _____ horas e duração de _____			

Inter - interno

Mac. - maciço

RDV – revestido dos dois lados

Quadro 43

Planilha das Características das vedações externas

Pavimento Inferior da Residência R

Dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES EXTERNAS														
Projeto R local: Campinas data 22 Jun.														
Sup.	Ori	A	K	A x K	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	A x Y	Imed	Qs
Piso	---	58,0	1,1	64,7	---	---	---	---	4,3	---	4,1	240	---	---
Par 1	30	5,8	2,9	16,5	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	24,8	139,8	74,8
vidro	30	3,7	5,5	20,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	20,2	139,8	390,9
Par 2	120	45,2	2,9	129,6	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	195	41,9	176,0
vidro	120	3,0	5,5	16,4	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	16,4	41,9	94,9
Par 3	210	7,0	2,9	20,2	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	30,3	18,6	176,0
vidro	210	2,4	5,5	13,2	---	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	13,2	18,6	94,9
Par 4	300	48,2	2,9-	138,2	---	---	0,54	---	3,7	0,8	4,3	208	111,6	499,4
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	58,0	2,4	140,4	---	0,04	---	---	3,7	0,5	0,5	29,3	---	---
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 162,3 m ³ qc: 559,3 776,9 Qs: 1282,0														
Renov. : 6,0 vol/h qv: 67,0 Qi: 55,4														
q = 322,4 w/°C Qsi: 1337,4 W														

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup; superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absortância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 44

Varição horária da temperatura
Pavimento Inferior da Residência R
Dia analisado 22 de julho

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	14,8	13,9	13,2	12,6	12,4	12,7	13,4	14,8	16,9	19,4	21,9	23,4
Int:	19,5	19,1	18,6	18,1	17,6	17,3	17,1	16,1	17,4	19,2	21,0	22,6
Amb:	19,6	19,1	18,6	18,1	17,6	17,3	17,1	16,4	17,5	19,1	20,7	22,3
Sup:	19,6	19,1	18,6	18,1	17,6	17,3	17,1	16,7	17,6	19,0	20,5	22,1

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	24,3	24,6	24,4	23,9	23,1	22,3	21,5	20,5	19,4	18,4	17,3	16,1
Int:	23,2	23,6	24,0	24,3	24,2	24,0	24,6	23,8	22,6	21,7	20,6	20,1
Amb:	23,0	23,3	23,9	24,4	24,5	24,4	24,6	23,8	22,6	21,6	20,6	20,1
Sup:	22,7	23,1	23,8	24,5	24,7	24,7	24,6	23,8	22,6	21,6	20,6	20,1

Onde:

Ext.: temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura ambiental Sup. temperatura. superficial

Quadro 45

Valores Estimados da Radiação Solar

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	41	154	397	510	538	509	441
Par. 2	120	0	187	112	224	195	92	34	35
Par. 3	210	0	8	8	19	27	31	34	35
Par. 4	300	0	8	8	19	27	31	124	271
Cober.	0	0	44	34	177	335	464	545	572

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	347	239	128	36	8	8	0	139,8
Par. 2	120	34	31	27	19	8	8	0	41,9
Par. 3	210	34	31	27	19	26	147	0	18,6
Par. 4	300	404	499	528	447	186	126	0	111,6
Cober.	0	545	464	335	177	34	44	0	157,2

Quadro 46

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental

Pavimento Inferior da Residência R dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL (Para T _n = 23,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R local: Campinas- 83/97 data 22 JUN.	
Para manter a temperatura interna entre 23,3 e 25,1 °C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 97,8 KWh (graus- hora mês = 135 °C)	AQUECIMENTO: 1368,6 KWh (graus-hora mês = 1893,8 °C h

Onde: T_n = temperatura no momento n

5.5.5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NAS RESIDÊNCIAS R1, R2 E R (FIGURA 16).

No Quadro 47 é apresentada a comparação entre os valores: volume, carga térmica e a taxa de ganhos térmico fornecidos pelo programa de simulação ARQUITROP nos ambiente R1, R2 e R, bem como a soma dos valores de R1 e R2. Esses valores foram retirados dos Quadros 33, 38 e 43.

O Quadro 48 apresenta a variação horária da temperatura interna dos ambiente R1, R2 e R fornecido pelo programa de simulação. Esses valores foram retirados dos Quadros 33, 39 e 44.

O Quadro 49 apresenta o Consumo Mensal de Energia necessários para manter a temperatura entre 21,6 e 25,1 °C nos ambiente R1, R2 e R analisado, fornecido pelo programa de simulação. Esses valores foram retirados dos Quadros 36, 41 e 46.

Quadro 47

Comparação da carga, do volume e da taxa de ganho térmico dos ambientes R1, R2 e R.

	R1	R2	R1 + R2	R
V (m ³)	66,5	95,8	162,3	162,3
q (W / °C)	322,4	450,1	772,5	722,7
Qsi (W)	801	653,8	1454,8	1337,4

Onde:

R1, R2 e R3 são os ambientes analisados

V – volume dos ambientes analisados

q – carga térmica do ambiente analisado

Qsi – taxa de ganho térmico do ambiente analisado

Quadro 48

Variação horária da temperatura dos ambientes R 1, R 2 e R

Horas	Temperatura interna °C			
	R1	R2	(R1 + R2) / 2	R
7	17,4	17,0	17,2	17,1
8	16,3	16,1	16,2	16,1
9	17,4	17,4	17,4	17,4
10	19,5	19,0	19,25	19,2
11	21,8	20,4	21,1	21,0
12	23,8	21,6	22,7	22,6
13	24,6	22,1	23,4	23,2
14	21,1	22,4	21,8	23,6
15	25,3	23,0	24,2	24,0
16	25,3	23,5	24,4	24,3
17	24,8	23,7	24,3	24,2
18	24,3	23,8	24,1	24,0
19	24,6	24,7	24,7	24,6
20	23,7	24,0	23,9	23,8
21	22,6	22,8	22,7	22,6
22	22,1	21,7	21,9	21,7

Onde: R1, R2 e R3 são os ambientes analisados

Quadro 49

Consumo mensal de energia para manter a temperatura
no ambiente entre 21,6 e 25,1 °C.

	R1	R2	R1 + R2	R
Refrigeração KWh	80,7	36,1	116,8	97,8
Aquecimento KWh	527,5	930,1	1457,6	1368,6

Onde: R1, R2 e R são os ambientes analisados

Na análise das planilhas apresentadas nos Quadros 47 a 49, observa-se diferenças entre

os valores obtidos considerando a residência dividida em duas partes (R1 e R2, Figura 16 A) e a residência como um todo (R, Figura 16 B). Estas diferenças talvez permitam uma possível explicação:

1 – na residência R1 a fachada que se localiza na direção nordeste mede 4,40 metros; a residência R localizada na mesma direção nordeste, recebe menos radiação solar; sua fachada mede 3,37 metros.

2 – na residência R1 a fachada que se localiza na direção sudoeste também mede 4,40 metros, uma vez que o programa de simulação considera que os lados da residência devem ser iguais dois a dois. Na Figura 15 verifica-se que a medida da fachada de R1 voltada para a direção sudoeste deveria ser de 1,5 metros; entretanto o programa não aceita que uma fachada meça 4,40 metros e a outra 1,5 metro. Se as dimensões da fachada forem de 4,40 metro, haverá maior ganho térmico em R1.

3 – na residência R2 a fachada que se localiza na direção sudoeste mede 2,90 metros, recebendo menos radiação solar que a residência R, cuja fachada nessa direção mede 3,37 metros; a fachada de R1 mede 4,4m metros e a fachada de R2 mede 2,90 metros.

4 – a área total da residência R é exatamente igual à soma das áreas das residências R1 e R2, o comprimento (profundidade) de R é igual a soma dos comprimentos de R1 e R2. A única diferença entre elas são as larguras (fachadas); de R que medem 3,37 metros e as de R1 e R2 medem cada uma 4,40 metros. Ao se aplicar o programa de simulação ARQUITROP em R tem-se um único bloco que receberá a radiação nas quatro fachadas; R1 e R2 também recebem individualmente radiação em suas fachadas, sendo que R1 possui quatro fachadas e R2 apenas três; este fato talvez possa explicar porquê a soma dos valores nas planilha apresentadas nos Quadros 47 a 49 de R1 e R2 apresenta diferenças em relação a R.

Devido a essas considerações adotou-se o esquema da Figura 16B como sendo o esquema do pavimento térreo da residência.

5.5.6 - APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO SUPERIOR DA RESIDÊNCIA R

O ambiente do pavimento superior da residência R avaliada tem dimensões maiores que o pavimento inferior (Figura 15), isto ocorre porque o pavimento superior avança sobre o abrigo existente no pavimento inferior (Figura 12).

O abrigo possui a sua frente totalmente aberta, deixando de ser considerado um ambiente fechado e este fato faz com que o ambiente do pavimento térreo seja menor.

Como as dimensões do pavimento superior são diferentes das do pavimento inferior realizou-se então duas simulações do pavimento superior e duas do inferior considerando as hipóteses:

I – as dimensões do pavimento superior da residência R (Figura 17) com base nos dados das Figura 15 e 16, e considerando na simulação o pavimento superior como se fosse uma residência térrea. .

II - as dimensões do pavimento superior da residência R igual as dimensões do pavimento inferior apresentadas na Figura 16 B.

III – simulação do pavimento superior da residência R , considerando as dimensões do pavimento inferior iguais a do pavimento superior apresentado na Figura 17.

IV – simulação do pavimento inferior da residência R, considerando as suas dimensões iguais a do pavimento superior apresentados na Figura 17.

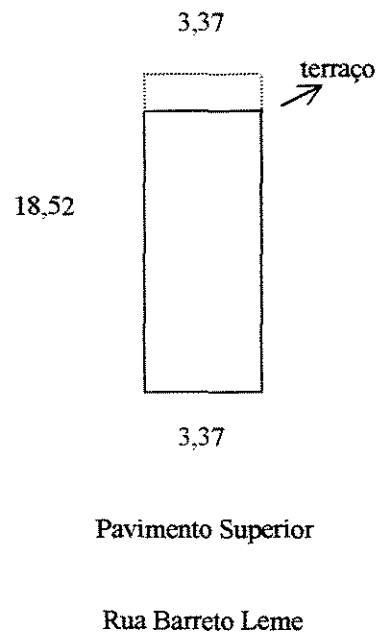


Figura 17 Esquema sem escala do pavimento superior sem considerar a espessura das paredes.

**5.5.7 APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO
PAVIMENTO SUPERIOR DA RESIDÊNCIA R CONSIDERANDO AS
DIMENSÕES DA FIGURA 17 – HIPÓTESE I.**

As informações e dados solicitados pelo programa, e os resultado dos cálculos realizados pelo mesmo, são apresentados nas planilhas dos Quadros 50 a 54.

Quadro 50

Planilha das características do projeto

Pavimento Superior da Residência R

Hipótese I - Dia analisado 22 de julho

>>ARQUITROP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R Pav. Superior			Dimensões do ambiente: 3,37 x 18,52			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30,00	120,00	210,00	300,00	Cor da cobertura	4
Comprimento	3,37	18,52	3,37	18,52	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Área de vidros	4,89	0,96	4,41	0,00	Dia típico	22 Jun.
Vidros shed:		área (m ²)		Orientação dos vidros:		
Ventilação	área útil: 10,30		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às _____ horas e duração de _____			

Inter. - interna

MAC. - maciça

RDV – revestida dos dois lados

Quadro 51

Planilha das Características das vedações externas

Pavimento Superior da Residência R

Hipótese I - Dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES														
Projeto R S local: Campinas data 22 Jun.														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	A x Y	Imed	Qs
Piso	---	62,4	1,1	70,0	---	---	---	---	4,3	---	4,0	250,0	---	---
Par 1	30	4,5	2,9	13,0	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	19,6	140	59,1
vidro	30	4,9	5,5	26,8	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	26,8	140	519,4
Par 2	120	50,9	2,9	146	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	219,5	41,9	198,3
vidro	120	1,0	5,5	5,3	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	5,3	41,9	30,6
Par 3	210	5,0	2,9	14,4	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	21,7	18,6	8,7
vidro	210	4,4	5,5	24,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	24,2	18,6	62,3
Par 4	300	51,9	2,9	145	---	---	0,54	---	3,7	0,8	4,3	223,7	112	537,7
vidro	300	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	62,4	2,4	151	---	0,04	0,72	---	3,7	0,5	0,5	182,7	157	684,3
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 174,8 m ³		qc: 599,8				973,5				Qs: 2100,4				
Renov. : 6,0 vol/h		qv: 175,9								Qi: 55,4				
		q = 775,7 W/°C								Qsi: 2155,8W				

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup, superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absortância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 52

Variação horária da temperatura
Pavimento Superior da Residência R
Hipótese I - Dia analisado 22 de julho

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	14,8	13,9	13,2	12,6	12,4	12,7	13,4	14,8	16,9	19,4	21,9	23,4
Int:	20,2	19,8	19,4	19,0	17,6	18,3	18,1	16,8	17,9	19,8	21,4	22,2
Amb:	20,2	19,8	19,4	19,0	17,5	18,3	18,1	17,3	18,2	19,9	21,3	23,0
Sup:	20,2	19,8	19,4	19,0	17,5	18,3	18,1	17,6	18,3	19,9	21,1	22,9

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	24,3	24,6	24,4	23,9	23,1	22,3	21,5	20,5	19,4	18,4	17,3	16,1
Int:	24,2	24,7	25,0	25,3	25,1	23,8	25,4	24,5	22,8	22,3	21,3	20,7
Amb:	24,1	24,6	25,2	25,6	25,7	24,1	25,5	24,5	22,7	22,2	21,2	20,7
Sup:	24,0	24,6	25,3	25,9	26,0	24,4	25,5	24,5	22,7	22,2	21,2	20,6

Onde:

Ext. : temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura ambiental Sup. temperatura superficial

Quadro 53

Valores Estimados da Radiação Solar

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R S local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	41	154	397	510	538	509	441
Par. 2	120	0	187	112	224	195	92	34	35
Par. 3	210	0	8	8	19	27	31	34	35
Par. 4	300	0	8	8	19	27	31	124	271
Cober.	0	0	44	34	177	335	464	545	572

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R S local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	347	239	128	36	8	8	0	139,8
Par. 2	120	34	31	27	19	8	8	0	41,9
Par. 3	210	34	31	27	19	26	147	0	18,6
Par. 4	300	404	499	528	447	186	126	0	111,6
Cober.	0	545	464	335	177	34	44	0	157,2

Quadro 54

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental Pavimento

Superior da Residência R Hipótese I - dia analisado 22 de julho

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL	
(Para T _n = 23,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R S local: Campinas- 83/97 data 22 JUN.	
Para manter a temperatura interna entre 21,6 e 25,1 °C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 237,4 KWh (graus-hora mês = 306,1°C h) AQUECIMENTO: 1184,2 KWh (graus-hora mês = 1526,7 °C h):	

Onde: T_n = temperatura no momento n

5.5.8. - APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO SUPERIOR DA RESIDÊNCIA R CONSIDERANDO AS SUAS DIMENSÕES IGUAIS AS DO PAVIMENTO INFERIOR FIGURA 16 B HIPÓTESE II.

As informações e dados solicitados pelo programa de ARQUITROP, e os resultados dos cálculos realizado pelo mesmo são apresentados nas planilhas dos Quadros 55 a 59.

Quadro 55

Planilha das características do projeto Residência R
Pavimento Superior Hipótese II
Dia analisado 22 de Julho

>>ARQUITRP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R Pav. Superior			Dimensões do ambiente: 3,37 x 17,20			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30	120	210	300	Cor da cobertura	4
Comprimento	3,37	17,20	3,37	17,20	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Área de vidros	4,89	0,96	4,41	0,00	Dia típico	22 Jun.
Vidros shed:	área (m²)		Orientação dos vidros:			
Ventilação	área útil: 10,30		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às horas e duração de			

Inter. - interna

MAC - maciço

RDV – revestido dos dois lados

Quadro 56

Planilha das Características das vedações externas

Residência R Pavimento Superior

Hipótese II – Dia analisado 22 de Julho

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES EXTERNAS														
Projeto R local: Campinas data 22 Jun.														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	AxY	Imed	Qs
Piso	---	58,0	3,0	176,7	---	---	---	---	4,3	---	1,0	55,5	---	---
Par 1	30	5,8	2,9	13,0	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	19,6	139,8	59,1
vidro	30	3,7	5,5	26,8	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	26,8	139,8	519,4
Par 2	120	47,2	2,9	135,4	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	204	41,9	183,9
vidro	120	1,0	5,5	5,5	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	5,3	41,9	30,6
Par 3	210	5,0	2,9	14,4	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	21,7	18,6	8,7
vidro	210	4,4	5,5	22,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	24,2	18,6	62,3
Par 4	300	48,2	2,9	138,2	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	208	111,6	499,4
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	58,0	2,4	140,4	---	0,04	---	---	3,7	0,5	2,9	168	---	635,6
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 162,3 m³ qc: 674,5 734,0 Qs: 1998,9 Renov. : 6,0 vol/h qv: 67,0 Qi: 55,4 q = 837,8 w/°C Qsi: 2054,3 W														

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup: superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absorvância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 57

Varição horária da temperatura
Residência R Pavimento Superior
Hipótese II – Dia analisado 22 de Julho

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	14,8	13,9	13,2	12,6	12,4	12,7	13,4	14,8	16,9	19,4	21,9	23,4
Int:	19,3	18,9	18,3	17,8	17,3	17,0	16,8	15,9	17,2	19,3	21,2	23,1
Amb:	19,3	18,9	18,3	17,8	17,3	17,0	16,7	16,1	17,2	19,2	20,9	23,0
Sup:	19,3	18,9	18,3	17,8	17,3	17,0	16,7	16,3	17,2	19,1	20,7	22,9

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	24,3	24,6	24,4	23,9	23,1	22,3	21,5	20,5	19,4	18,4	17,3	16,1
Int:	23,1	24,9	25,3	25,6	25,4	24,9	25,8	23,8	24,6	21,9	20,6	19,9
Amb:	23,0	24,9	25,5	26,0	26,0	25,6	25,8	23,8	24,6	21,9	20,6	19,9
Sup:	22,9	24,9	25,7	26,4	26,5	26,1	25,8	23,8	24,6	21,9	20,6	19,9

Onde:

Ext.: temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura ambiental Sup. temperatura superficial

Quadro 58**Valores Estimados da Radiação Solar**

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	41	154	397	510	538	509	441
Par. 2	120	0	187	112	224	195	92	34	35
Par. 3	210	0	8	8	19	27	31	34	35
Par. 4	300	0	8	8	19	27	31	124	271
Cober.	0	0	44	34	177	335	464	545	572

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	347	239	128	36	8	8	0	139,8
Par. 2	120	34	31	27	19	8	8	0	41,9
Par. 3	210	34	31	27	19	26	147	0	18,6
Par. 4	300	404	499	528	447	186	126	0	111,6
Cober.	0	545	464	335	177	34	44	0	157,2

Quadro 59**Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental - Residência R Pavimento****Superior Hipótese II – Dia analisado 22 de Julho**

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL (Para T _n = 23,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R local: Campinas- 83/97 data 22 JUN.	
Para manter a temperatura interna entre 21,6 e 25,1°C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 204,5 KWh (graus- hora mês = 244,1 °C)	AQUECIMENTO: 1381,1 KWh (graus- hora mês = 1648,5 °C h)

Onde: T_n = temperatura no momento n

5.5.9.- APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO SUPERIOR DA RESIDÊNCIA R, CONSIDERANDO QUE AS DIMENSÕES DO PAVIMENTO INFERIOR E SUPERIOR SÃO IGUAIS AS FIGURA 17 – HIPÓTESE III.

As informações e dados solicitados pelo programa de ARQUITROP, e os resultados dos cálculos realizado pelo mesmo são apresentados nas planilhas dos Quadros 60 a 64.

Quadro 60

Planilha das característica do projeto
Residência R Pavimento Superior
Hipótese III – Dia analisado 22 de Julho

>>ARQUITRP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R Pav. Superior			Dimensões do ambiente: 3,37 x 18,52			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30	120	210	300	Cor da cobertura	4
Comprimento	3,37	18,52	3,37	18,52	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Área de vidros	4,89	0,96	4,41	0,00	Dia típico	22 Jun.
Vidros shed:		área (m²)		Orientação dos vidros:		
Ventilação	área útil: 10,30		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às _____ horas e duração de _____			

Inter. - interna

MAC. - maciço

RDV – revestido dos dois lados

Quadro 61

Planilha das Características das vedações externas

Residência R Pavimento Superior

Hipótese III – Dia analisado 22 de Julho

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES EXTERNAS														
Projeto R local: Campinas data 22 Jun.														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	AxY	Imed	Qs
Piso	----	62,4	3,0	190,3	---	---	---	---	4,3	---	1,0	59,9	---	---
Par 1	30	4,5	2,9	13,0	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	19,6	139,8	59,1
vidro	30	4,9	5,5	26,8	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	26,8	139,8	519,4
Par 2	120	50,9	2,9	146,0	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	220	41,9	198,3
vidro	120	1,0	5,5	5,3	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	5,3	41,9	30,6
Par 3	210	5,0	2,9	14,4	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	21,7	18,6	8,7
vidro	210	4,4	5,5	22,4	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	24,2	18,6	62,3
Par 4	300	61,9	2,9	148,8	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	224	111,6	537,7
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	62,4	2,4	151,2	---	0,04	---	---	3,7	0,5	2,9	183	---	684,3
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 174,8m³ qc: 720,0 783,2 Qs: 2100,4 Renov. : 6,0 vol/h qv: 291,2 Qi: 55,4 q = 1011,2 w/°C Qsi: 2155,8W														

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup: superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absorptância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : Admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 62

Varição horária da temperatura.
Residência R Pavimento Superior
Hipótese III – Dia analisado 22 de Julho

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	14,8	13,9	13,2	12,6	12,4	12,7	13,4	14,8	16,9	19,4	21,9	23,4
Int:	17,4	16,8	18,3	17,8	17,3	16,9	16,7	15,9	17,1	19,2	21,1	23,0
Amb:	18,2	17,6	18,3	17,8	17,3	16,9	16,7	16,1	17,2	19,1	20,8	22,8
Sup:	18,6	18,1	18,3	17,8	17,3	16,9	16,7	16,3	17,2	19,1	20,6	22,7

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	24,3	24,6	24,4	23,9	23,1	22,3	21,5	20,5	19,4	18,4	17,3	16,1
Int:	24,2	24,8	25,2	25,5	25,3	24,8	23,9	22,9	21,5	20,4	19,2	18,3
Amb:	24,1	24,7	25,4	26,0	26,0	25,6	24,7	23,5	22,1	20,9	19,7	18,9
Sup:	24,0	24,7	25,6	26,3	26,4	26,0	25,1	23,9	22,2	21,3	20,0	19,3

Onde:

Ext.: temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura ambiental Sup.: temperatura superficial

Quadro 63

Valores Estimados da Radiação Solar

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	41	154	397	510	538	509	441
Par. 2	120	0	187	112	224	195	92	34	35
Par. 3	210	0	8	8	19	27	31	34	35
Par. 4	300	0	8	8	19	27	31	124	271
Cober.	0	0	44	34	177	335	464	545	572

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	347	239	128	36	8	8	0	139,8
Par. 2	120	34	31	27	19	8	8	0	41,9
Par. 3	210	34	31	27	19	26	147	0	18,6
Par. 4	300	404	499	528	447	186	126	0	111,6
Cober.	0	545	464	335	177	34	44	0	157,2

Quadro 64

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental - Residência R Pavimento Superior Hipótese III – Dia analisado 22 de Julho

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL (Para T _n = 23,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R local: Campinas- 83/97 data 22 JUN.	
Para manter a temperatura interna entre 21,6 e 25,1°C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 186,6 KWh (graus- hora mês = 184,5 °C)	AQUECIMENTO: 1791,7 KWh (graus- hora mês = 1771,8 °C h)

5.5.10. APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO INFERIOR DA RESIDÊNCIA R, CONSIDERANDO QUE AS DIMENSÕES DO PAVIMENTO INFERIOR E SUPERIOR SÃO IGUAIS AS FIGURA 17 HIPÓTESE IV.

As informações e dados solicitados pelo programa de ARQUITROP, e os resultados dos cálculos realizado pelo mesmo são apresentados nas planilhas dos Quadros 65 a 69.

Quadro 65

Planilha das característica do projeto
Residência R Pavimento Inferior
Hipótese IV – Dia analisado 22 de Julho

>>ARQUITRP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R Pav. Inferior			Dimensões do ambiente: 3,37 x 18,52			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30	120	210	300	Cor da cobertura	4
Comprimento	3,37	18,52	3,37	18,52	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Área de vidros	3,68	2,98	240	0,00	Dia típico	22 Jun.
Vidros shed:		área (m ²)		Orientação dos vidros:		
Ventilação	área útil: 10,30		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às _____ horas e duração de _____			

Inter. interna

Mac. - maciço

RDV – revestido dos dois lados

Quadro 66

Planilha das Características das vedações externas

Residência R Pavimento Inferior

Hipótese IV – Dia analisado 22 de Julho

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES EXTERNAS														
Projeto R local: Campinas data 22 Jun.														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	AxY	Imed	Qs
Piso	---	62,4	1,1	69,2	---	---	---	---	4,3	---	4,1	259	---	---
Par 1	30	5,8	2,9	16,5	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	24,8	139,8	74,8
vidro	30	3,7	5,5	20,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	20,2	139,8	390,9
Par 2	120	48,9	2,9	140,2	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	211	41,9	190,4
vidro	120	3,0	5,5	16,4	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	16,4	41,9	94,9
Par 3	210	7,0	2,9	20,2	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	30,3	18,6	12,2
vidro	210	2,4	5,5	13,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	13,2	18,6	33,9
Par 4	300	51,9	2,9	148,8	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	224	111,6	537,7
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	62,4	2,4	151,2	---	0,04	---	---	3,7	0,5	2,9	31,5	---	---
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 174,8m³		qc: 595,8				829,5				Qs: 1334,8				
Renov. : 6,0 vol/h		qv: 175,9								Qi: 55,4				
		q = 771,7 w/°C								Qsi: 1390,2W				

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup: superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absortância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 67

Variação horária da temperatura
Residência R Pavimento Inferior
Hipótese IV – Dia analisado 22 de Julho

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	14,8	13,9	13,2	12,6	12,4	12,7	13,4	14,8	16,9	19,4	21,9	23,4
Int:	19,5	19,1	18,6	18,1	17,6	17,3	17,1	16,1	17,3	19,2	20,9	22,5
Amb:	19,6	19,1	18,6	18,1	17,6	17,3	17,1	16,4	17,4	19,0	20,6	22,2
Sup:	19,6	19,1	18,6	18,1	17,6	17,3	17,1	16,6	17,5	19,1	20,4	21,9

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	24,3	24,6	24,4	23,9	23,1	22,3	21,5	20,5	19,4	18,4	17,3	16,1
Int:	23,1	23,5	23,9	24,2	24,2	23,9	24,6	23,8	22,5	21,6	20,6	20,1
Amb:	22,8	23,2	23,8	24,3	24,4	24,3	24,6	23,8	22,5	21,6	20,6	20,1
Sup:	22,6	23,0	23,7	24,4	24,7	24,6	24,6	23,8	22,5	21,6	20,6	20,1

Onde:

Ext.: temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura ambiental Sup. temperatura superficial

Quadro 68

Valores Estimados da Radiação Solar

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	41	154	397	510	538	509	441
Par. 2	120	0	187	112	224	195	92	34	35
Par. 3	210	0	8	8	19	27	31	34	35
Par. 4	300	0	8	8	19	27	31	124	271
Cober.	0	0	44	34	177	335	464	545	572

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 22 JUN.									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	347	239	128	36	8	8	0	139,8
Par. 2	120	34	31	27	19	8	8	0	41,9
Par. 3	210	34	31	27	19	26	147	0	18,6
Par. 4	300	404	499	528	447	186	126	0	111,6
Cober.	0	545	464	335	177	34	44	0	157,2

Quadro 69

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental - Residência R Pavimento

Inferior Hipótese IV – Dia analisado 22 de Julho

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL (Para T _n = 23,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R local: Campinas- 83/97 data 22 JUN.	
Para manter a temperatura interna entre 21,6 e 25,1°C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 98,5 KWh (graus- hora mês = 127,7 °C)	AQUECIMENTO: 1477,9 KWh (graus- hora mês = 1915,2 °C h

Onde: T_n = temperatura no momento n

5.5.11. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO SUPERIOR DA RESIDÊNCIA R CONSIDERANDO AS HIPÓTESES: I, II, III E IV.

No Quadro 70 é apresentado o volume , a carga térmica e a taxa de ganhos térmico, o Consumo Mensal de Energia necessários para manter a temperatura entre 21,6 e 25,1 °C no ambiente analisado da residência R, fornecidos pelo programa de simulação ARQUITROP, considerando as hipóteses I, II, III e IV. Esses valores foram retirados dos Quadros 51, 54, 56, 59, 61, 64, 66, 69 e Quadros 43 e 46 do item 5.5.4 (pavimento inferior da residência R).

Na utilização do programa de simulação ARQUITROP observa-se que:

a – ao se iniciar a avaliação de uma edificação a primeira informação solicitada foi quanto ao número de pavimento da edificação; a segunda sobre qual seria o pavimento avaliado (por exemplo o pavimento inferior).

b – determinado o pavimento, o programa de simulação solicita então dados e informações sobre a edificação

c – a avaliação do outro pavimento (por exemplo o pavimento superior) foi realizada através de uma nova simulação; indicado o pavimento; são então fornecidos os dados e informações sobre o mesmo.

d – o programa de simulação em sua seqüência de cálculo de avaliação de uma edificação de dois pavimentos, leva em conta a influência térmica de um pavimento sobre o outro.

e – em edificações de dois pavimentos o programa de simulação ARQUITROP em sua seqüência de cálculo considera que o pavimento inferior e o superior possuem a mesma área e dimensões.

O Quadro 71 apresenta a variação horária da temperatura interna do ambiente do pavimento superior da residência R, segundo as hipóteses I, II, III, e IV fornecido pelo programa de simulação . Esses valores foram retirados dos Quadros 44, 52, 57, 62 e 67 .

Quadro 70

Volume, carga térmica (q), taxa de ganhos térmicos(Qsi)
e consumo de energia da residência R
considerando as hipóteses I, II, III e IV.

	Hipótese I Cálculo do Pav. Sup. supondo: Pav. Sup. como casa térrea	Hipótese II Cálculo do Pav. Sup. supondo: Pav. Sup. com dimensões do Pav. Inferior	Hipótese III Cálculo do Pav. Sup. supondo: Pav. Sup.e Inf. com dimensões iguais	Hipótese IV Cálculo do Pav. Inf. supondo: Pav. Inf. com dimensões do Pav. Superior	Cálculo do Pavimento Inferior Item 5.5.4
Edificação	1 pavimento	2 pavimentos	2 pavimentos	2 pavimento	2 pavimentos
Dimensões (m)	3,37 x 18,52	3,37 x 17,20	3,37 x 18,52	3,37 x 18,52	3,37 x 17,20
Volume (m³)	174,8	162,3	174,8	174,8	162,3
Área m² de ventilação	10,3	10,3	10,3	9,06	9,06
q (W/°C)	775,7	837,8	1011,2	771,7	722,7
Qsi (W)	2155,8	2054,3	2155,8	1390,2	1337,4
Refrigeração (KWh)	237,4	204,5	186,6	98,5	97,8
Aquecimento (KWh)	1184,2	1381,1	1791,7	1477,9	1368,6

Quadro 71

Variação horária da temperatura interna da residência R, com as hipóteses I, II, III e IV.

Variação horária da Temperatura interna °C da residência R					
Hora	Hipótese I Cálculo do Pav. Sup. supondo: Pav. Sup. como casa térrea	Hipótese II Cálculo do Pav. Sup. supondo: Pav. Sup. com dimensões do Pav. inferior	Hipótese III Cálculo do Pav. Sup. supondo: Pav. Sup e Inf. com dimensões iguais	Hipótese IV Cálculo do Pav. Inf. supondo: Pav. Inf. Com dimensões do Pav. Superior	Cálculo do Pavimento Inferior Item 5.5.4.
6	18,3	17,0	16,9	17,3	17,3
7	18,1	16,8	16,7	17,1	17,1
8	16,8	15,9	15,9	16,1	16,1
9	17,9	17,2	17,1	17,3	17,4
10	19,8	19,3	19,2	19,2	19,2
11	21,4	21,2	21,1	20,9	21,0
12	22,3	23,1	23,0	22,5	22,6
13	24,2	24,3	24,2	23,1	23,2
14	24,7	24,9	24,8	23,5	23,6
15	25,0	25,3	25,2	23,9	24,0
16	25,3	25,6	25,5	24,2	24,3
17	25,1	25,4	25,3	24,2	24,2
18	24,6	24,9	24,8	23,9	24,0
19	25,4	25,8	23,9	24,6	24,6
20	24,5	24,6	22,9	23,8	23,8
21	23,2	23,1	21,5	22,5	22,6
22	22,3	21,9	20,4	21,6	21,7
23	21,3	20,6	19,2	20,6	20,6

Na análise do Quadro 70, observa-se que na Hipótese I ao se considerar na simulação o pavimento superior como se o mesmo fosse uma casa térrea, o valor da carga de fluxo térmico é menor que o valor da Hipótese III, onde o pavimento é considerado na simulação como pavimento superior. Esta diferença talvez seja devido ao coeficiente global de transmissão térmica (K); a área do piso da casa das Hipóteses I e III é a mesma porém os valores de K para o piso são diferentes, na Hipótese I $K = 1,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$ e na Hipótese III $K = 3,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ Quadros 51

e 61.

A taxa de ganhos térmicos (Q_{si}) possui o mesmo valor nas Hipóteses I e III, uma vez que os dados usados para o cálculo de Q_{si} são os mesmos Quadros 51 e 61.

Apesar das diferenças de temperaturas (Quadro 71) existentes entre as Hipóteses I e III, elas não são significativas do ponto de vista das sensações térmicas numa pessoa que esteja nos ambientes das Hipóteses I e III no período das 8:00 às 19:00 horas.

5.5.12. APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP NO PAVIMENTO INFERIOR DA RESIDÊNCIA R, FIGURA 19 CONSIDERANDO COMO DIA TÍPICO 23 DE FEVEREIRO

Foram fornecidos os dados e informações do pavimento inferior solicitadas pelo programa ARQUITROP; nos Quadros 72 a 76 são apresentadas as planilhas da simulação.

Quadro 72

Planilha das características do projeto - Residência R

Pavimento Inferior - Dia Analisado 23 de fevereiro

>>ARQUITRP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R Pav. Inferior			Dimensões do ambiente: 3,37 x 18,52			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30	120	210	300	Cor da cobertura	
Comprimento	3,37	18,52	3,37	18,52	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Área de vidros	3,68	2,98	240	0,00	Dia típico	23 Fev
Vidros shed:	área (m²)		Orientação dos vidros:			
Ventilação	área útil: 10,30		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às _____ horas e duração de _____			

Quadro 73

Planilha das Características das vedações externas

Residência R Pavimento Inferior

Dia analisado 23 de fevereiro.

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES EXTERNAS														
Projeto R. local: Campinas data 23 Fev..														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	AxY	Imed	Qs
Piso	----	62,4	1,1	69,2	---	---	---	---	4,3	---	4,1	258,6	---	---
Par 1	30	5,8	2,9	16,5	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	24,8	52,2	27,9
vidro	30	3,7	5,5	20,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	20,2	52,2	146,0
Par 2	120	48,9	2,9	140,2	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	210,8	58,2	264,6
vidro	120	3,0	5,5	16,4	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	16,4	58,2	131,9
Par 3	210	7,0	2,9	20,2	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	30,3	34,8	22,7
vidro	210	2,4	5,5	13,2	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	13,2	34,8	63,4
Par 4	300	51,9	2,9	148,8	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	223,7	68,2	328,6
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	62,4	2,4	151,2	---	0,04	---	---	3,7	0,5	2,9	31,5	---	---
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 174,8m ³		qc: 595,8				829,5				Qs: 985,1				
Renov. : 6,0 vol/h		qv: 175,9				Qi: 55,4								
		q = 771,7 w/°C				Qsi: 1040,5W								

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup; superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absortância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 74

Varição horária da temperatura
Residência R Pavimento Inferior
Dia analisado 23 de fevereiro

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	21,5	20,8	20,2	19,7	19,5	19,8	20,3	21,5	23,2	25,3	27,4	28,7
Int:	25,4	25,1	24,6	24,2	23,8	23,6	23,4	22,6	23,5	25,3	27,0	28,0
Amb:	25,4	25,1	24,7	24,2	23,8	23,6	23,4	22,8	23,6	25,2	26,8	27,7
Sup:	25,4	25,1	24,7	24,2	23,8	23,6	23,4	23,0	23,6	25,2	26,7	27,5

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	29,4	29,7	29,5	29,1	28,5	27,8	27,1	26,2	25,3	24,5	23,6	22,6
Int:	28,4	28,6	28,5	28,5	28,6	27,7	29,5	29,3	28,4	27,1	26,3	25,9
Amb:	28,1	28,3	28,3	28,3	28,7	28,9	29,5	29,2	28,4	27,0	26,3	25,9
Sup:	27,9	28,1	28,3	28,2	28,7	29,1	29,5	29,2	28,3	27,0	26,3	25,9

Onde:

Ext. : temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura. ambiental Sup. temperatura. superficial

Quadro 75

Valores Estimados da Radiação Solar

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 23 FEV.									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	40	141	201	221	211	177	123
Par. 2	120	0	100	278	316	194	194	92	28
Par. 3	210	0	5	13	19	26	26	28	28
Par. 4	300	0	5	13	19	26	26	28	85
Cober.	0	0	18	125	257	375	465	526	549

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 23 FEV..									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	53	26	23	19	13	5	0	52,2
Par. 2	120	28	26	23	19	13	5	0	58,2
Par. 3	210	28	81	145	188	180	70	0	34,8
Par. 4	300	187	269	320	324	255	83	0	68,2
Cober.	0	526	465	375	257	125	18	0	0,0

Quadro 76

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental – Residência R Pavimento Inferior , dia analisado 23 de Fevereiro

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL	
(Para Tn = 25,3 ± 1,75 °C)	
Projeto R local: Campinas- 83/97 data 23 FEV.	
Para manter a temperatura interna entre 23,5 e 27,0°C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 587,4 KWh (graus- hora mês = 761,3 °C)	AQUECIMENTO: 297,9 KWh (graus- hora mês = 297,9 °C h)

Onde: Tn = temperatura no momento n

**5.5.13. APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP
NO PAVIMENTO SUPERIOR DA RESIDÊNCIA R FIGURA 19,
CONSIDERANDO COMO DIA TÍPICO 23 DE FEVEREIRO.**

Foram fornecidos os dados e informações do pavimento superior solicitadas pelo programa de ARQUITROP; nos Quadros 77 a 81 são apresentadas as planilhas da simulação.

Quadro 77

Planilha das características do projeto
Residência R Pavimento Superior
Dia Analisado 23 de fevereiro

>>ARQUITRP – Desempenho térmico e climático dos edifícios – Versão 3.0 <<						
módulo = PROJETO - SIMULAÇÃO						
Características do Projeto						
Cidade: Campinas			Parede: Tijolo Cerâmico Mac RVD 13,5			
Piso: Piso Cerâmico Inter Mac			Cobertura : telha de barro, laje mista vent			
Título do projeto: R Pav. Superior			Dimensões do ambiente: 3,37 x 18,52			
Fachadas	F1	F2	F3	F4		
Orientação	30	120	210	300	Cor da cobertura	4
Comprimento	3,37	18,52	3,37	18,52	Pé direito	2,80
Cor externa	3	3	3	3	Temperatura externa	média
Area de vidros	4,89	0,96	4,41	0,00	Dia típico	23 FEV.
Vidros shed:		área (m ²)		Orientação dos vidros:		
Ventilação	área útil: 10,30		Início às 8:00 horas e duração de 10 horas			
Pessoas	número: 01		Início às 18:00 horas e duração de 8 horas			
Equipamentos	carga (W) :		Início às _____ horas e duração de _____			

Mac. – maciço

RDV – revestido dos dois lados

Inter. - interno

Quadro 78

Planilha das Características das vedações externas

Residência R Pavimento Superior

Dia analisado 23 de fevereiro

ARQUITROP 3.0 – CARACTERÍSTICAS DAS VEDAÇÕES EXTERNAS														
Projeto R local: Campinas data 23 de FEV.														
Sup.	Ori	A	K	AxK	Fs	Rse	α	Fs'	rtrd	amrt	Y	AxY	Imed	Qs
Piso	---	62,4	3,0	190,3	---	---	---	---	4,3	---	1,0	59,7	---	---
Par 1	30	4,5	2,9	13,0	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	19,6	52,2	22,1
vidro	30	4,9	5,5	26,8	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	26,8	52,2	194,0
Par 2	120	50,9	2,9	146,0	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	219,5	58,2	275,5
vidro	120	1,0	5,5	5,3	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	5,3	58,2	42,5
Par 3	210	5,0	2,9	14,4	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	21,7	34,8	16,2
vidro	210	4,4	5,5	2242	0,76	---	---	0,69	0,1	1,0	5,5	24,2	34,8	116,5
Par 4	300	61,9	2,9	148,8	---	0,06	0,54	---	3,7	0,8	4,3	223,7	68,2	328,6
vidro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
cobe	---	62,4	2,4	151,2	---	0,04	---	---	3,7	0,5	2,9	182,7	170,0	740,3
zenit	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Volume: 174,8m³		qc: 720,0										783,2		Qs: 1735,6
Renov. : 6,0 vol/h		qv: 291,2												Qi: 55,4
		q = 1011,2 w/°C												Qsi: 1791W

Onde:

Ori : orientação em graus, à contar do Norte, no sentido horário

K : transmitância térmica em W/ m² °C

A x K : taxa de trocas térmicas por condução

Rse : resistência superficial externa

Fs' : fator solar

amrt : amortecimento

Imed : insolação média

qc : taxa de trocas térmicas por condução

Qi : taxa média de calor produzido internamente

Sup: superfície considerada

A : área do elemento (m²)

Fs : fator de ganho solar do vidro

α : absorvância a radiação solar

rtrd : retardamento

Y : admitância

Qs : taxa de ganho solar

qv : trocas térmicas pela ventilação

Quadro 79

Varição horária da temperatura
Residência R Pavimento Superior
Dia analisado 23 de Fevereiro

Temp. °C	Horas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ext:	21,5	20,8	20,2	19,7	19,5	19,8	20,3	21,5	23,2	25,3	27,4	28,7
Int:	23,7	23,2	24,5	24,1	23,6	23,4	23,2	22,4	23,5	25,2	27,2	28,5
Amb:	24,4	23,9	24,5	24,1	23,6	23,4	23,2	22,7	23,5	25,1	27,1	28,3
Sup:	24,7	24,3	24,5	24,1	23,6	23,4	23,1	22,8	23,5	25,1	27,0	28,3

Temp. °C	Horas											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ext:	29,4	29,7	29,5	29,1	28,5	27,8	27,1	26,2	25,3	24,5	23,6	22,6
Int:	29,3	29,7	29,6	29,6	29,7	29,7	29,4	28,8	27,5	26,1	25,2	24,4
Amb:	29,1	29,6	29,7	29,7	30,1	30,3	30,1	29,5	28,1	26,6	25,7	25,0
Sup:	29,1	29,6	29,7	29,8	30,3	30,6	30,5	29,9	28,5	26,8	26,0	25,3

Onde :

Ext. : temperatura externa Int.: temperatura interna Amb.: temperatura. ambiental Sup. temperatura. superficial

Quadro 80

Valores Estimados da Radiação Solar

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 23 FEV..									
Superf.	Ori.	Horas							
		5	6	7	8	9	10	11	12
Par. 1	30	0	40	141	201	221	211	177	123
Par. 2	120	0	100	278	316	194	194	92	28
Par. 3	210	0	5	13	19	26	26	28	28
Par. 4	300	0	5	13	19	26	26	28	85
Cober.	0	0	18	125	257	375	465	526	549

ARQUITROP 3.0 – VALORES ESTIMADOS DA RADIAÇÃO SOLAR (W h / m ²)									
Projeto R local: Campinas 83/97 data: 23 FEV..									
Superf.	Ori.	Horas							
		13	14	15	16	17	18	19	Imed
Par. 1	30	53	26	23	19	13	5	0	52,2
Par. 2	120	28	26	23	19	13	5	0	58,2
Par. 3	210	28	81	145	188	180	70	0	34,8
Par. 4	300	187	269	320	324	255	83	0	68,2
Cober.	0	526	465	375	257	125	18	0	170,0

Quadro 81

Consumo Mensal de Energia para Condicionamento Ambiental – Residência R Pavimento

Superior, dia analisado 23 de fevereiro.

ARQUITROP 3.0 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA PARA CONDICIONAMENTO AMBIENTAL	
(Para T _n = 25,2 ± 1,75 °C)	
Projeto R local: Campinas- 83/97 data 23 FEV.	
Para manter a temperatura interna entre 23,5 e 27,0°C seriam necessários os seguintes consumo no mês considerado:	
REFRIGERAÇÃO: 897,2 KWh (graus- hora mês = 887,2 °C)	AQUECIMENTO: 294,7 KWh (graus- hora mês = 291,4 °C h)

Onde : T_n = temperatura no momento n

CAPÍTULO 6 DISCUSSÃO

6.1. DADOS EXPERIMENTAIS

6.1.1. - COMPARAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA EXTERNA E A TEMPERATURA INTERNA DO PAVIMENTO INFERIOR E SUPERIOR DA RESIDÊNCIA, MEDIDAS NO PERÍODO DE INVERNO

A figura 18 apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura externa da residência e a temperatura interna do pavimento inferior medidas no dia 22/07/1997. No pavimento inferior a temperatura interna foi medida no dormitório e na sala de estar inferior; as curvas das temperaturas dessas duas medições são apresentadas no gráfico da Figura 18.

A figura 19 apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura externa da residência e a temperatura interna do pavimento superior medidas no dia 22/07/1997. No pavimento superior a temperatura interna foi medida no dormitório social na sala de estar e no dormitório suite; as curvas das temperaturas dessas três medições são apresentadas no gráfico da Figura 19

**Comparação da temperatura externa com a temperatura
interna do Pavimento Inferior Dia 22-07-97**

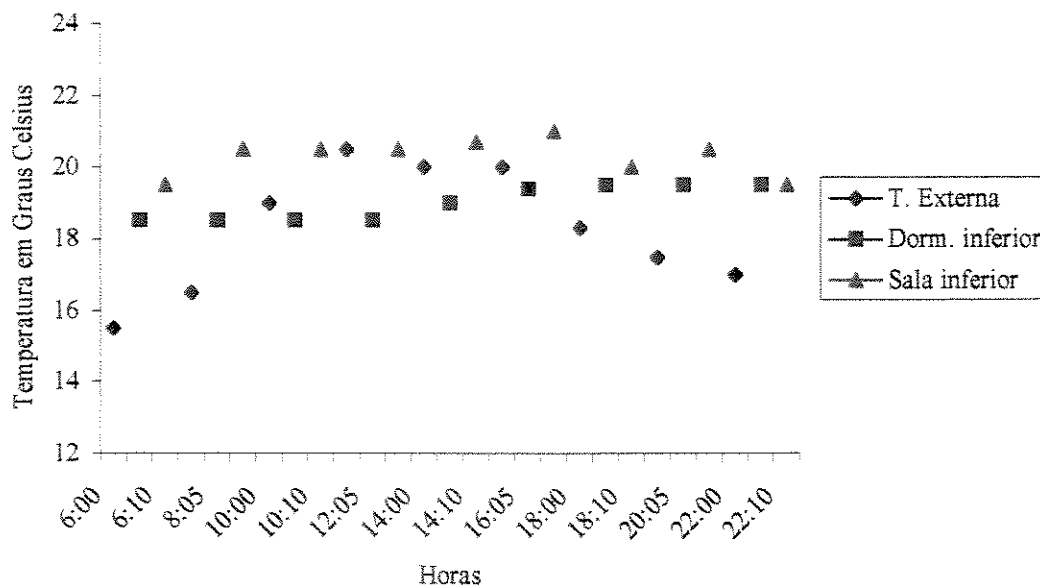


Figura 18 Comparação entre as temperaturas externas e internas do pavimento inferior da edificação – período de inverno.

**Comparação da temperatura externa com a temperatura interna
do Pavimento Superior Dia 22-07-97**

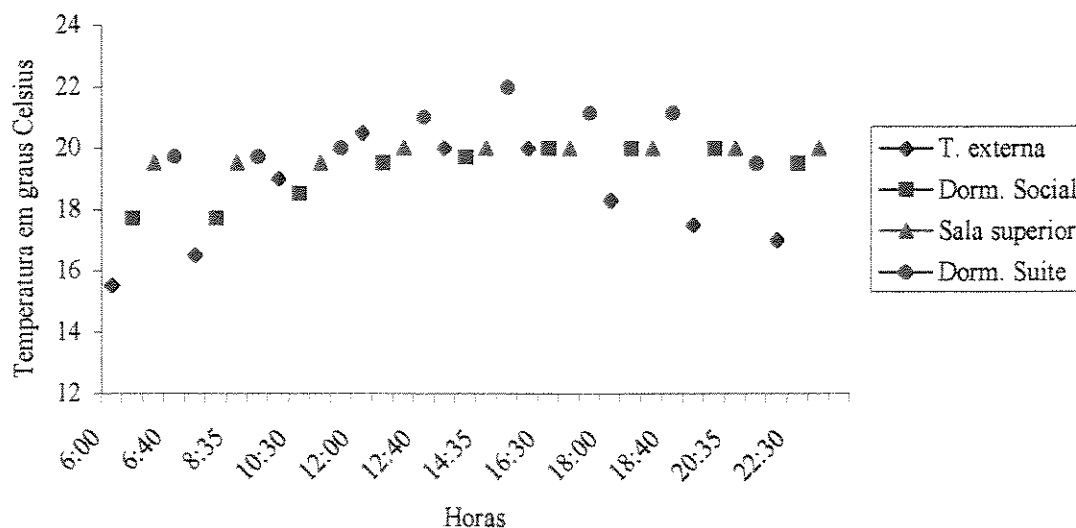


Figura 19 Comparação entre as temperaturas externas e internas do pavimento superior da edificação – período de inverno.

No pavimento inferior observa-se que a temperatura externa é menor que as temperaturas internas da sala de estar, ao longo de todo o período de medição (das 6:00 às 22:00 horas), sendo que as temperaturas são iguais apenas às 12:00 horas.

A temperatura externa é maior que a temperatura do dormitório apenas das 10:00 às 16:00 horas.

A temperatura interna da sala de estar em todos os horários é maior que a temperatura interna do dormitório; uma possível explicação para esse fato deve ser a radiação solar. A sala de estar está localizada na orientação nordeste, recebendo portanto uma intensidade de radiação solar maior que o dormitório que está voltado para sudoeste.

No pavimento superior, a temperatura interna da suíte é maior que a temperatura externa e as temperaturas internas do dormitório social e sala de estar. O dormitório suíte está localizado na orientação nordeste, recebendo uma intensidade maior de radiação solar que o dormitório social, voltado para sudoeste.

No período das 6:00 às 16:00 horas a temperatura interna da sala de estar é maior que a temperatura interna do dormitório social; às 12:00 horas essas temperaturas são iguais. A temperatura interna da sala de estar permanece constante em 19,5 °C das 6:00 às 12:00 horas e em 20 °C das 12:00 às 22:00 horas.

A sensação térmica observada pelo operador durante a medição das temperaturas no dia 22 de julho foi a de que os ambientes se encontravam agradáveis.

Esta análise simplificada de comparação entre as temperaturas interna tanto do pavimento inferior como do superior, foi realizada tendo em vista que as temperaturas dos pavimentos inferior e superior serão comparadas com as respectivas temperaturas, obtidas pelo Método do C.S.T.B. e pelo programa de simulação ARQUITROP.

Como foi visto no item 5.5 do Capítulo 5, o programa de simulação ARQUITROP avalia a residência considerando o pavimento inferior como um único ambiente; o mesmo sucede com o pavimento superior; as medições realizadas no dia 22/07/97 foram feitas em diversos ambientes internos da residência.

No momento da comparação entre as temperaturas medidas e as obtidas através do programa de simulação serão feitas hipóteses que permitam a comparação das temperaturas medida e a fornecida pelo programa de simulação.

6.1.2. - COMPARAÇÃO ENTRE AS TEMPERATURA EXTERNA DA RESIDÊNCIA E A TEMPERATURA INTERNA DO PAVIMENTO INFERIOR E SUPERIOR DA RESIDÊNCIA, MEDIDAS NO PERÍODO DE VERÃO.

A figura 20 apresenta o gráfico da variação entre 6:00 e 22:00 horas, da temperatura externa da residência e da temperatura interna do pavimento inferior, medidas no dia 23/02/1998. No pavimento inferior a temperatura interna foi medida no dormitório e na sala de estar, as curvas das temperaturas dessas duas medições são apresentadas no gráfico da Figura 20.

A figura 21 apresenta o gráfico da variação, entre 6:00 e 22:00 horas, da temperatura externa da residência e da temperatura interna do pavimento superior, medidas no dia 23/02/1998. No pavimento superior a temperatura interna foi medida no dormitório social, na sala de estar e no dormitório suite; as curvas das temperaturas dessas três medições são apresentadas no gráfico da Figura 21

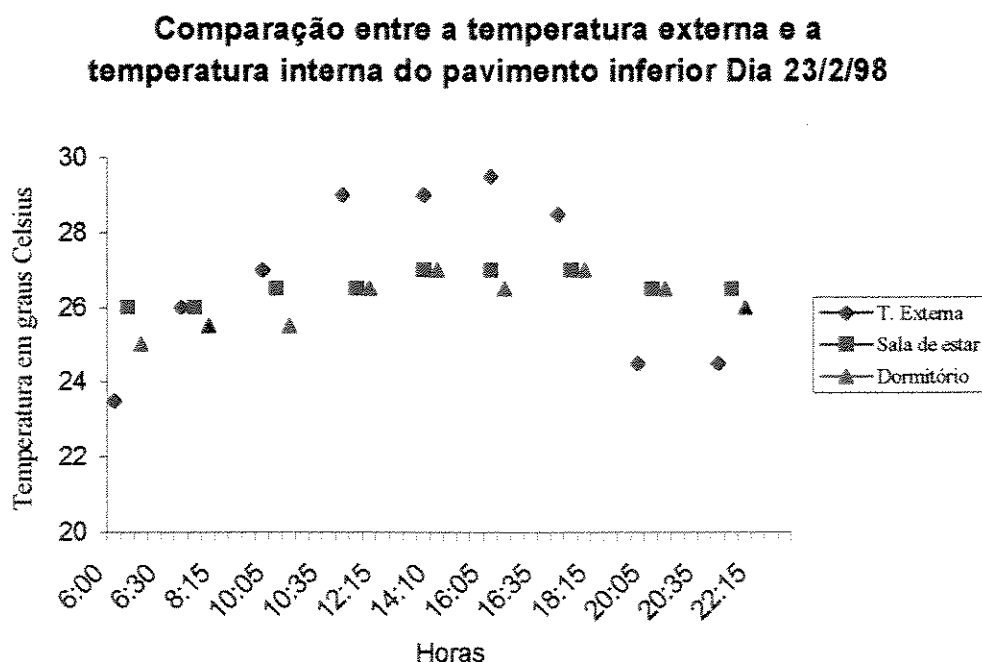


Figura 20 Comparação entre as temperaturas externas e internas do pavimento inferior – período de verão.

Comparação entre a temperatura externa e a temperatura interna do pavimento superior - Dia 23/2/98

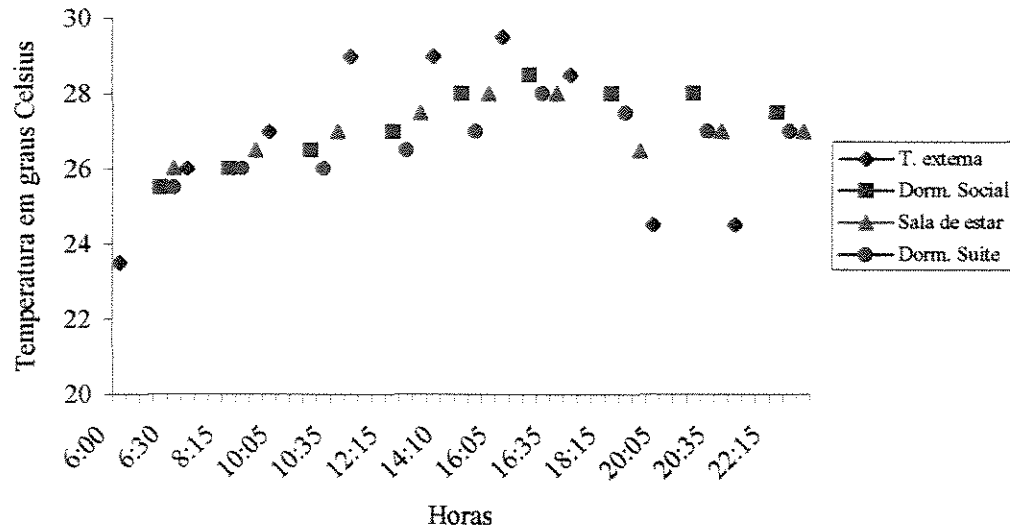


Figura 21 Comparação entre as temperaturas externas e internas do pavimento superior –período de verão.

No pavimento inferior observa-se que a temperatura externa é maior que as temperaturas internas do dormitório e da sala de estar no período das 8:00 às 18:00 horas e menor das 18:00 às 22:00 horas. A temperatura interna da sala de estar é maior que a temperatura interna do dormitório; este fato deve ser ocasionado pela radiação solar, que é mais intensa na sala de estar, orientada para nordeste, e menos intensa no dormitório que se localiza na orientação sudoeste. A temperatura externa e a temperatura interna da sala de estar são iguais apenas às 8:00 horas. A temperatura interna do dormitório é menor que a da sala de estar, exceto das 16:00 às 20:00 horas quando são iguais.

No pavimento superior a temperatura externa é maior que a temperatura interna do dormitório social, a sala de estar e o dormitório suite das 8:00 às 18:00 horas e menor das 18:00 às 22:00. A temperatura interna do dormitório social das 6:00 às 22:00 horas é maior que as temperaturas internas do dormitório suite e da sala de estar. A sala de estar tem a sua temperatura interna maior que a temperatura interna do dormitório suite das 6:00 às 16:00 horas; e menor das 16:00 às 20:00 horas; das 20:00 às 22:00 horas, suas temperaturas são iguais.

A sensação térmica observada foi a de calor.

6.1.3. - COMPARAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA INTERNA MEDIDA E A TEMPERATURA INTERNA CALCULADA PELO MÉTODO DO CSTB DO PAVIMENTO INFERIOR E SUPERIOR DA RESIDÊNCIA, NO PERÍODO DE INVERNO

a – Pavimento Inferior

A temperatura interna do pavimento inferior foi medida no dormitório e na sala de estar, e a temperatura calculada pelo Método do CSTB também o foi para o dormitório e a sala de estar.

A figura 22 A apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e a da temperatura calculada pelo Método do CSTB para o dormitório do inferior.

A figura 22B apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e a da temperatura calculada pelo Método do CSTB para a sala de estar inferior.

Comparação da temperatura interna medida com a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB do Dormitório do Pavimento Inferior Período de Inverno - 22 de Julho

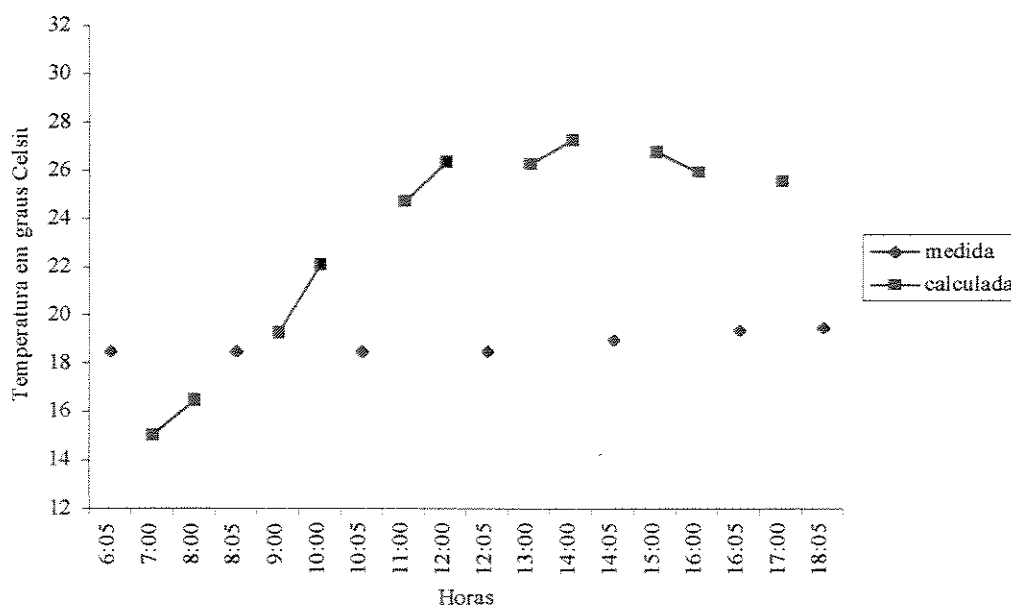


Figura 22 A Comparação da temperatura interna medida e a calculada pelo Método do CSTB do dormitório do pavimento inferior – período de inverno.

Comparação da temperatura interna medida e a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB da Sala de Estar do Pavimento Inferior Período de Inverno - Dia 22 de Julho

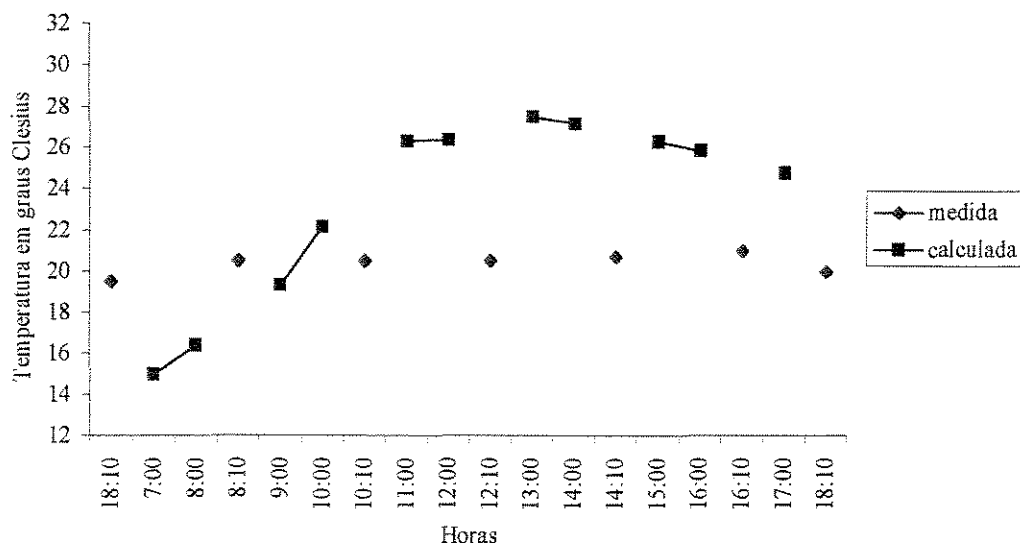


Figura 22 B Comparação da temperatura interna medida e a calculada pelo Método do CSTB da sala de estar do pavimento inferior – período de inverno.

Na análise dos gráficos da temperatura interna do dormitório e da sala do pavimento inferior, observa-se que a temperatura medida é menor que a obtida pelo Método do CSTB.

A temperatura interna máxima medida no dormitório e na sala de estar estão entre 18,5 a 20,5 °C; enquanto que a temperatura máxima calculada pelo Método do CSTB estão entre 27,31 e 27,48 °C. Não se deve esquecer que a temperatura interna medida se refere apenas a um dia do período de inverno, e a calculada se refere a média de vários dias de um período de quinze anos (dados climáticos utilizado no Método)

b – Pavimento Superior

A temperatura interna do pavimento superior foi medida no dormitório social e no dormitório suite, e a temperatura calculada pelo CSTB também foi calculada para o dormitório social e o dormitório suite. A figura 23 A apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e a da temperatura calculada pelo CSTB para o dormitório social. A figura 23B apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e a da temperatura calculada pelo CSTB para o dormitório suite

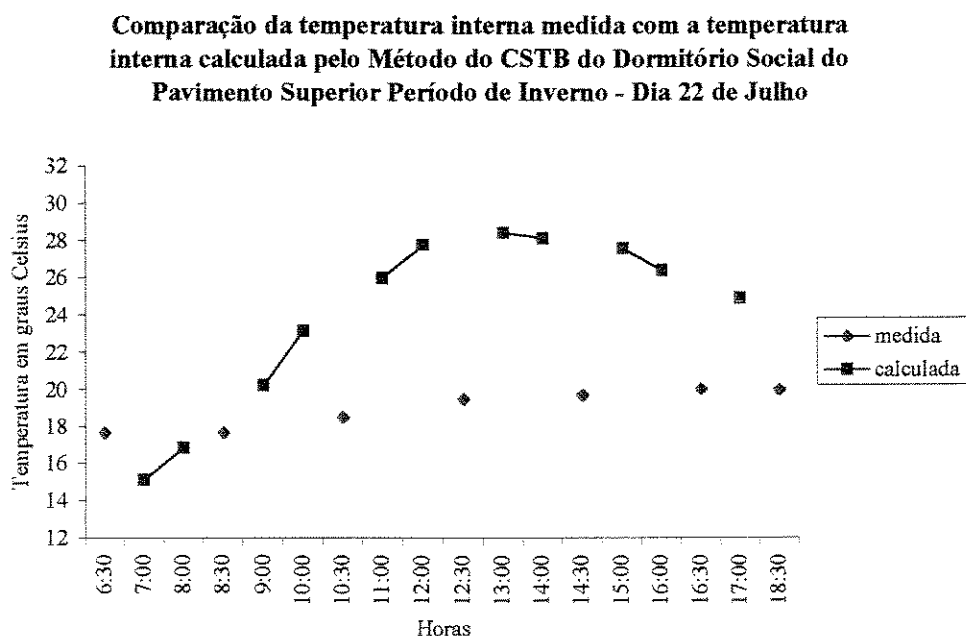


Figura 23 A Comparação da Temperatura interna medida e a calculada pelo Método do CSTB do dormitório social – pavimento superior período de inverno.

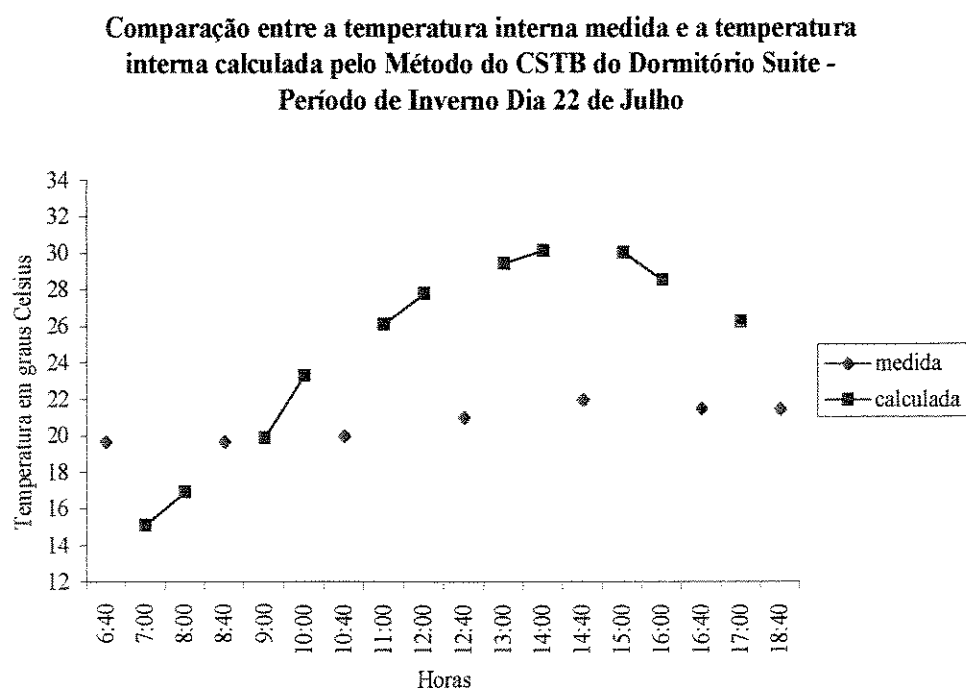


Figura 23B Comparação da Temperatura interna medida e a calculada pelo Método do CSTB do dormitório suite – pavimento superior período de inverno.

A temperatura interna medida no dormitórios social e no dormitório suite do pavimento superior são inferiores a obtida através do Método do CSTB. As temperaturas internas máximas medidas estão entre 20 e 22 °C e as temperaturas internas máximas calculadas através do Método do CSTB estão entre 28,42 a 30,15 °C.

6.1.4. - COMPARAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA INTERNA MEDIDA E A TEMPERATURA INTERNA CALCULADA PELO MÉTODO DO CSTB DO PAVIMENTO INFERIOR E SUPERIOR DA RESIDÊNCIA, NO PERÍODO DE VERÃO – 23 DE FEVEREIRO

a – Pavimento Inferior

A temperatura interna do pavimento inferior foi medida no dormitório e na sala de estar, e a temperatura calculada pelo Método do CSTB também foi calculada para o dormitório e a sala de estar. A figura 24 A apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e a da temperatura calculada pelo Método do CSTB para o dormitório do pavimento inferior. A figura 24B apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e a da temperatura calculada pelo Método do CSTB para a sala de estar.

Comparação da temperatura interna medida com a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB do Dormitório do Pavimento Inferior Período de Verão - Dia 23 de Fevereiro

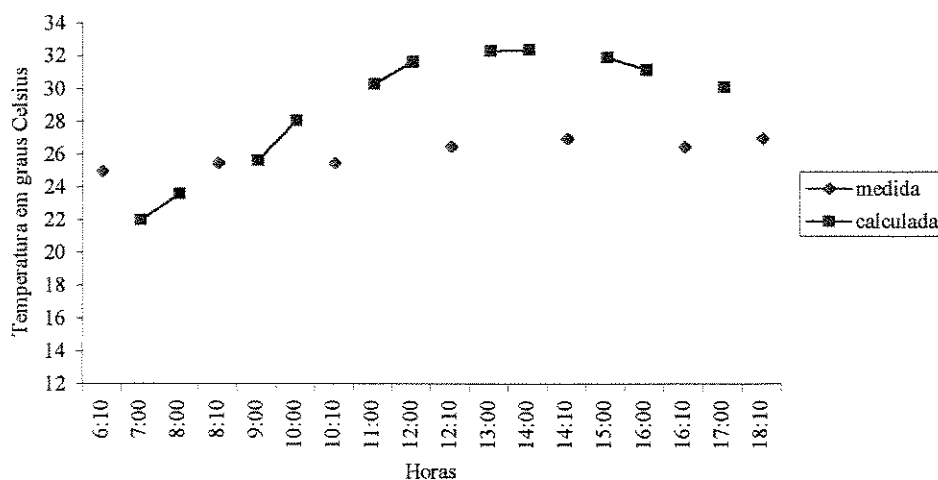


Figura 24A Comparação da Temperatura interna medida e a calculada pelo Método do CSTB do dormitório do pavimento inferior – período de verão.

Comparação entre a temperatura interna medida e a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB da Sala do Pavimento Inferior Período de Verão - Dia 23 de Fevereiro

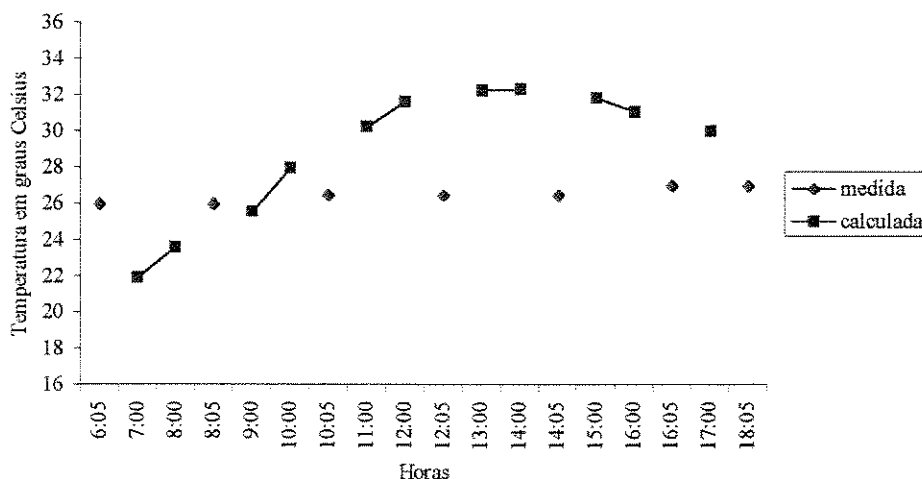


Figura 24B Comparação da Temperatura interna medida e a calculada pelo Método do CSTB da sala de estar do pavimento inferior – período de verão.

A temperatura interna máxima medida no pavimento inferior no período de verão é de 27 °C e a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB está entre 32,33 e 32,43 °C.

b – Pavimento Superior

A temperatura interna do pavimento superior foi medida no dormitório social e no dormitório suite, e a temperatura calculada pelo Método do CSTB também foi calculada para o dormitório social e o dormitório suite.

A figura 25 A apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e da temperatura calculada pelo Método do CSTB para o dormitório social, período de Verão

A figura 25B apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida e a da temperatura calculada pelo Método do CSTB para o dormitório suite, período de Verão.

Comparação entre a temperatura interna medida e a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB do Dormitório Social do Pavimento Superior Período de Verão - Dia 23 de Fevereiro

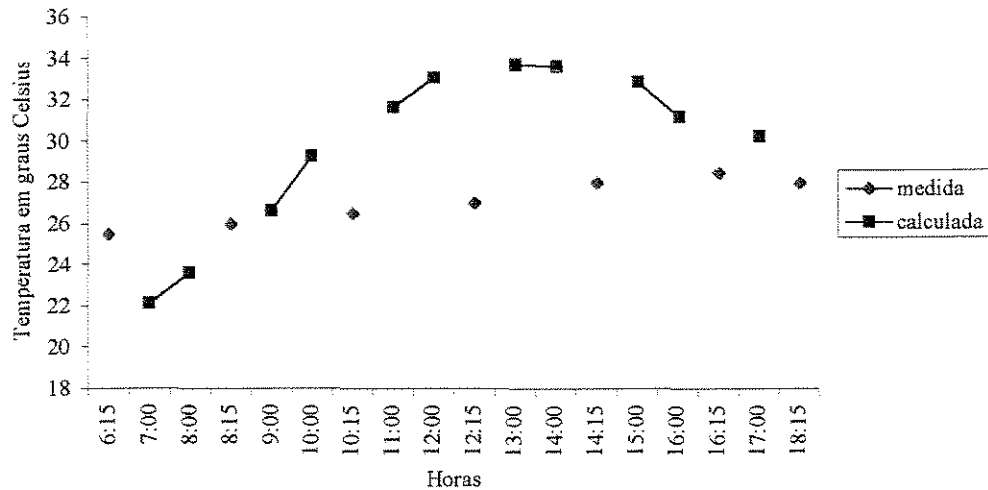


Figura 25A Comparação da temperatura interna medida e a calculada pelo Método do CSTB do dormitório social do pavimento superior- período de verão.

Comparação da temperatura interna medida com a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB do Dormitório Suite do Pavimento Superior Período de Verão - Dia 23 de Fevereiro

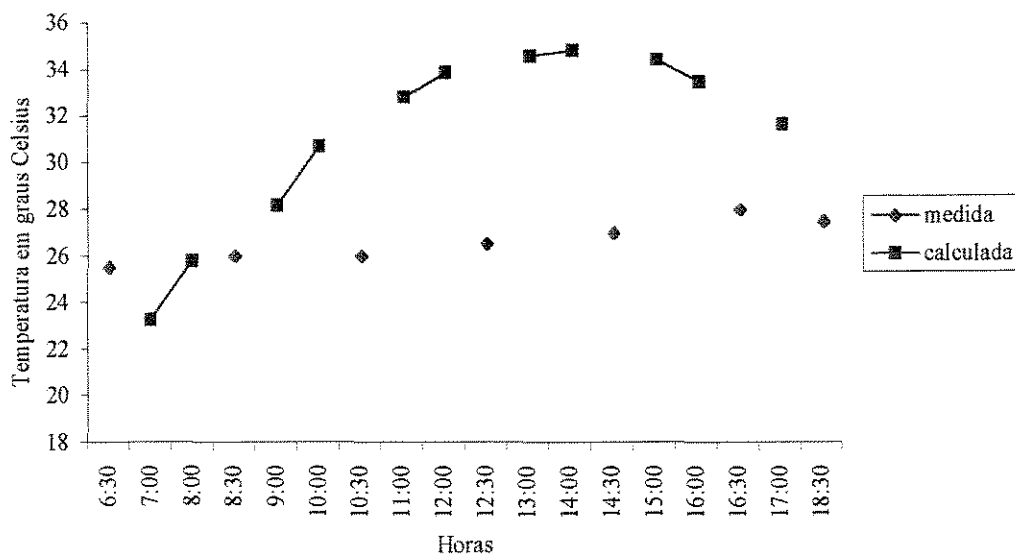


Figura 25B Comparação da Temperatura de bulbo seco medida e a calculada pelo Método do CSTB do dormitório suite do pavimento superior- período de verão.

A temperatura interna máxima medida no pavimento superior no período de verão está entre 28 a 28,5 °C e a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB está entre 33,7 e 34,83 °C.

6.2. - DADOS DA SIMULAÇÃO

6.2.1. – COMPARAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA INTERNA MEDIDA, A CALCULADA PELO MÉTODO DO CSTB E A FORNECIDA PELO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP DOS PAVIMENTO INFERIOR E PAVIMENTO SUPERIOR.

Como foi visto no item 5.5 do Capítulo 5, o programa de simulação ARQUITROP analisa cada pavimento da residência como um ambiente único.

A temperatura interna medida e a temperatura calculada pelo Método do CSTB foram obtidas em dois ambientes diferentes de cada pavimento da residência.

Para se realizar a comparação entre a temperatura interna medida, a temperatura calculada e a temperatura fornecida pelo programa de simulação, foi realizada a média aritmética das temperaturas medidas no pavimento inferior o resultado desta média considerou-se como sendo a temperatura medida no pavimento inferior como um todo.

O mesmo processo foi utilizado para o cálculo da temperatura interna medida no pavimento superior.

Para a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB também foi realizada a média aritmética das temperaturas calculadas para o pavimento inferior, o resultado obtido foi considerado como a temperatura do pavimento inferior.

O mesmo procedimento foi realizado para as temperaturas calculadas para o pavimento superior.

a – Período de Inverno 22 de Julho

A figura 26 A apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida, a temperatura calculada pelo Método do CSTB e a temperatura fornecida pelo programa de simulação ARQUITROP do pavimento inferior. Na figura 26 B apresenta o gráfico da

variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura medida, a temperatura calculada pelo Método do CSTB e a temperatura fornecida pelo ARQUITROP, do pavimento superior.

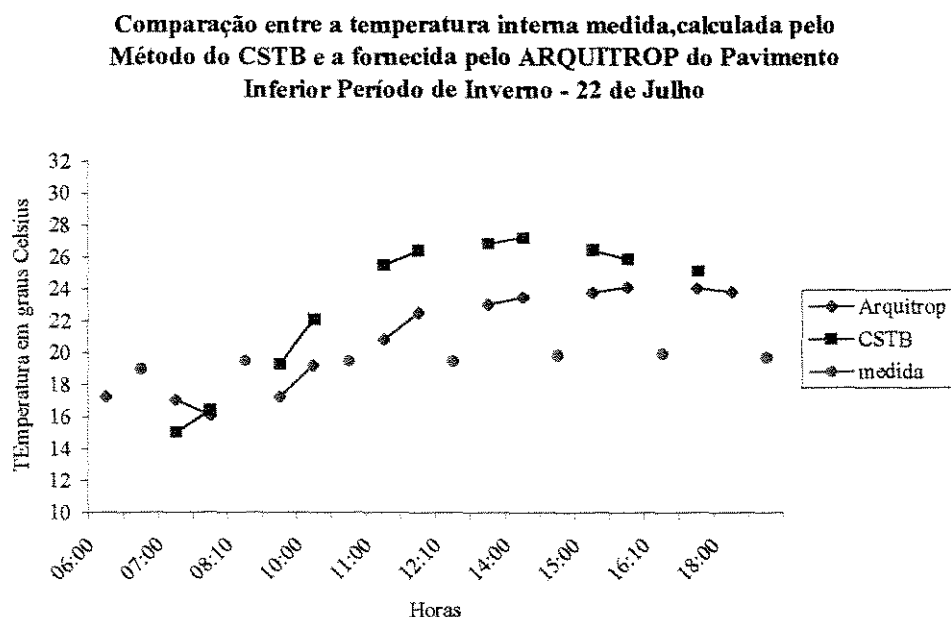


Figura 26A Comparação entre a temperatura interna medida, a calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo ARQUITROP do pavimento inferior – período de inverno.

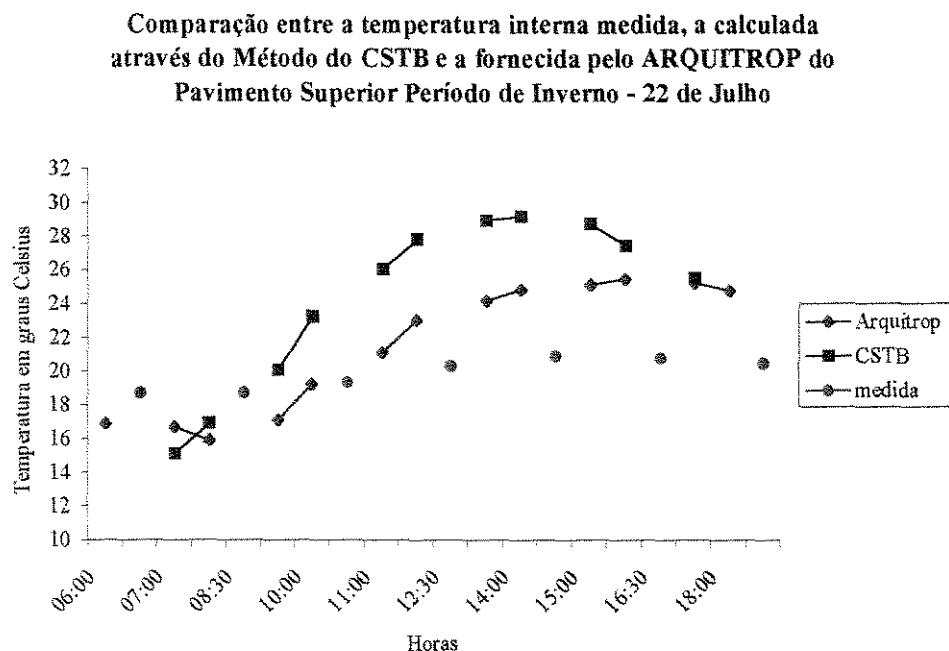


Figura 26B Comparação da temperatura interna medida, a calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo ARQUITROP do pavimento superior – período de inverno.

Da análise dos gráficos de comparação da temperatura interna medida (Figuras 26A e 26B), a calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo programa de simulação ARQUITROP do pavimento inferior e superior, período de inverno observa-se:

1 – a temperatura interna medida na residência nos pavimentos inferior e superior das 11:00 às 18:00 horas é menor que a temperatura calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo programa de simulação.

2 – a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB nos pavimentos inferior e superior das 9:00 às 17:00 horas é maior que a temperatura fornecida pelo programa de simulação.

3 – a diferença entre a temperatura interna fornecida pelo programa de simulação ARQUITROP e a temperatura interna medida na residência varia entre 3 ± 4 °C no pavimento inferior e de $2 \pm 4,5$ °C no pavimento superior.

4- a diferença entre a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB e a temperatura interna medida na residência varia de 3 ± 7 °C no pavimento inferior e de 2 ± 8 °C no pavimento superior.

b – Período de Verão – 23 de Fevereiro

A figura 27 A apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura interna medida, a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB e a temperatura interna fornecida pelo programa de simulação ARQUITROP do pavimento inferior.

A figura 27 B apresenta o gráfico da variação das 6:00 às 22:00 horas da temperatura interna medida, a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB e a temperatura interna fornecida pelo ARQUITROP do pavimento superior

Comparação da temperatura interna medida, a calculada através do Método do CSTB e a fornecida pelo ARQUITROP do Pavimento Inferior Período de Verão - 23 de Fevereiro

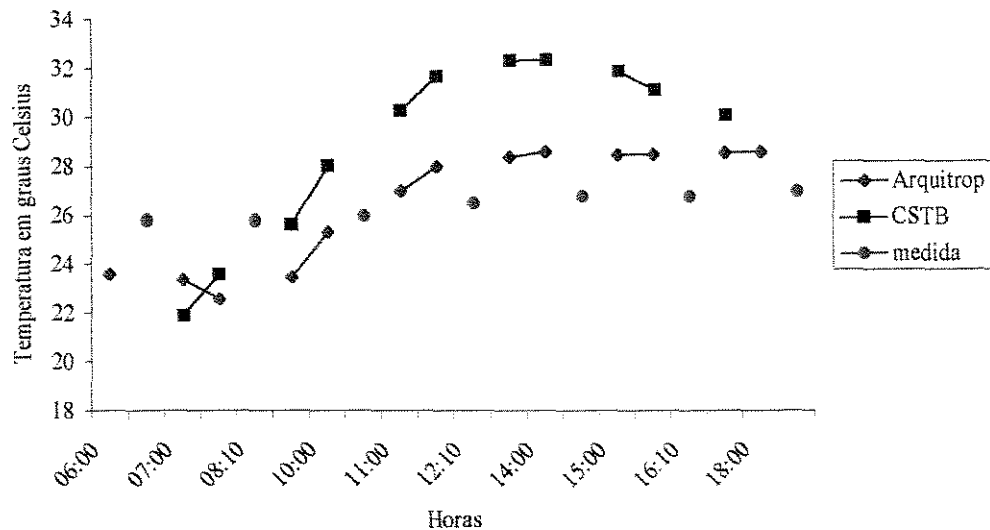


Figura 27A Comparação da temperatura interna medida, a calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo ARQUITROP do pavimento Inferior – período de verão.

Comparação da temperatura interna medida, a calculada através do Método do CSTB e a fornecida pelo ARQUITROP do Pavimento Inferior Período de Verão - 23 de Fevereiro

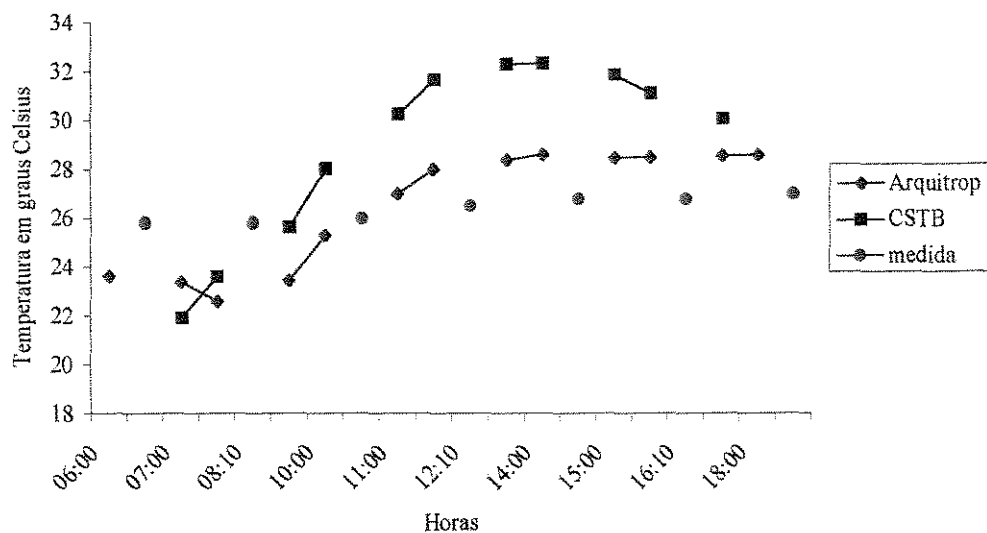


Figura 27B Comparação da Temperatura interna medida, a calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo ARQUITROP do pavimento superior – período de verão.

Na análise dos gráficos de comparação da temperatura interna medida (Figuras 27A e 27B), a calculada pelo Método do CSTB e a fornecida pelo programa de simulação ARQUITROP do pavimento inferior e superior, período de verão observa-se:

1 – a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB para os pavimentos inferior e superior, das 10:00 às 18:00 horas é maior que a temperatura medida na residência e a temperatura interna fornecida pelo programa de simulação ARQUITROP.

2 – a temperatura interna fornecida pelo programa ARQUITROP nos pavimentos inferior das 11:00 às 18:00 horas maior que a temperatura interna medida na residência.

3 – a diferença entre a temperatura interna fornecida pelo programa de simulação ARQUITROP e a temperatura medida na residência varia entre $1 \text{ a } \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ no pavimento inferior e de $1 \text{ a } \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ no pavimento superior.

4 – a diferença entre a temperatura interna calculada pelo Método do CSTB e a temperatura medida na residência varia entre $2 \text{ a } \pm 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ no pavimento inferior e entre $2 \text{ a } 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ no pavimento superior.

6.2.2. - COMPARAÇÃO ENTRE O CONFORTO TÉRMICO DOS AMBIENTES, OBTIDOS ATRAVÉS DO MÉTODO DE FANGER, DO MÉTODO DO CSTB E DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP

6.2.2.1. - PERÍODO DE INVERNO

a – Pavimento Inferior

No Quadro 82 é apresentado o Conforto Térmico do pavimento inferior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP.

Os dados foram obtidos nos itens 5.3.2, 5.4 e 5.5 do Capítulo 5.

QUADRO 82

Conforto Térmico do pavimento inferior obtido através
do Método de Fanger, do Método do CSTB e
do programa de simulação ARQUITROP
Período de Inverno – 22 de Julho

Hora	Método do Voto Médio Estimado		Método do CSTB Zona de Conforto de 22 a 27 °C		ARQUITROP Zona de Conforto de 21,6 a 25,1 °C	
	Temperatura em °C — análise		T. Efetiva (TE) em °C - análise		Temperatura em °C - análise	
6:00	20,75	Neutralidade térmica			17,3	abaixo da zona de conforto
7:00			15	abaixo da zona de conforto	17,1	abaixo da zona de conforto
8:00			16,43	abaixo da zona de conforto	16,1	abaixo da zona de conforto
9:00			19,3	abaixo da zona de conforto	17,4	abaixo da zona de conforto
10:00	20,75	Neutralidade térmica	22,13	abaixo da zona de conforto	19,2	abaixo da zona de conforto
11:00			25,52	dentro da zona de conforto	21	abaixo da zona de conforto
12:00			26,37	dentro da zona de conforto	22,6	dentro da zona de conforto
13:00			26,89	dentro da zona de conforto	23,2	dentro da zona de conforto
14:00	20,6	Neutralidade térmica	27,22	dentro da zona de conforto	23,6	dentro da zona de conforto
15:00			26,53	dentro da zona de conforto	24	dentro da zona de conforto
16:00			25,92	dentro da zona de conforto	24,3	dentro da zona de conforto
17:00			25,16	dentro da zona de conforto	24,2	dentro da zona de conforto
18:00	20,15	Neutralidade térmica			24	dentro da zona de conforto

b – Pavimento Superior

No Quadro 83 é apresentado o Conforto Térmico do pavimento superior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP. Os dados foram obtidos nos itens 5.3.2, 5.4 e 5.5 do Capítulo 5.

QUADRO 83

Conforto Térmico do pavimento superior obtido através
do Método de Fanger, do Método do CSTB e
do programa de simulação ARQUITROP
Período de Inverno – 22 de Julho

Hora	Método do Voto Médio Estimado		Método do CSTB Zona de Conforto de 22 a 27 °C		ARQUITROP Zona de Conforto de 21,6 a 25,1 °C	
	Temperatura em °C / análise		T. Efetiva em °C / análise		Temperatura em °C / análise	
6:00	18,7	Neutralidade térmica			16,9	abaixo de zona de conforto
7:00			15,13	abaixo de zona de conforto	16,7	abaixo de zona de conforto
8:00			16,91	abaixo de zona de conforto	15,9	abaixo de zona de conforto
9:00			20,07	abaixo de zona de conforto	17,1	abaixo de zona de conforto
10:00	19,25	Neutralidade térmica	23,23	dentro da zona de conforto	19,2	abaixo de zona de conforto
11:00			26,06	dentro da zona de conforto	21,1	abaixo de zona de conforto
12:00			27,74	acima da zona de conforto	23	dentro da zona de conforto
13:00			28,94	acima da zona de conforto	24,2	dentro da zona de conforto
14:00	20,85	Neutralidade térmica	29,14	acima da zona de conforto	24,8	dentro da zona de conforto
15:00			28,82	acima da zona de conforto	25,2	dentro da zona de conforto
16:00			27,46	acima da zona de conforto	25,5	dentro da zona de conforto
17:00			25,58	dentro da zona conforto	25,3	dentro da zona de conforto
18:00	20,75	Neutralidade térmica			24,8	dentro da zona de conforto

Conclusão

Uma análise comparativa a partir dos dados apresentado Quadro 82 e Quadro 83 se torna difícil, devido a forma como esses valores foram obtidos. O Método de Fanger foi realizado com base na temperatura do dia considerado o mais frio de um universo de quinze dias de medições “in loco” ; no dia mais frio o ambiente do pavimento inferior e superior se encontravam com um bom conforto térmico. O Método do CSTB e o Programa de Simulação ARQUITROP foram executados com base em uma série climática de um período de quinze anos.

O Conforto Térmico do pavimento inferior e superior segundo o Método do CSTB e o Programa de Simulação ARQUITROP, em certas horas do dia é coincidente.

6.2.2.2. - PERÍODO DE VERÃO

a – Pavimento Inferior

No Quadro 84 é apresentado o Conforto Térmico do pavimento inferior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP. Os dados foram obtidos nos itens 5.3.2, 5.4 e 5.5 do Capítulo 5.

QUADRO 84

Conforto Térmico do pavimento inferior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do Programa de Simulação ARQUITROP, Período de Verão – 23 de fevereiro

Hora	Método do Voto Médio Estimado		Método do CSTB Zona de Conforto de 22 a 27 °C		ARQUITROP Zona de Conforto de 23,5 a 27 °C	
	Temperatura em °C / análise		T. Efetiva em °C / análise		Temperatura em °C / análise	
6:00	25,5	Leve sensação de calor			23,6	dentro da zona de conforto
7:00			20	abaixo da zona de conforto	23,4	dentro da zona de conforto
8:00			21,3	abaixo da zona de conforto	22,6	abaixo da zona de conforto
9:00			23,5	dentro da zona de conforto	23,5	dentro da zona de conforto
10:00	26	Leve sensação de calor	25,7	dentro da zona de conforto	25,3	dentro da zona de conforto
11:00			28	acima da zona de conforto	27	dentro da zona de conforto
12:00			28,9	acima da zona de conforto	28	acima da zona de conforto
13:00			27,4	acima da zona de conforto	28,4	acima da zona de conforto
14:00	26,5	Leve sensação de calor	27,6	acima da zona de conforto	28,6	acima da zona de conforto
15:00			27,2	dentro da zona de conforto	28,5	acima da zona de conforto
16:00			26,9	dentro da zona de conforto	28,5	acima da zona de conforto
17:00			26	dentro da zona de conforto	28,6	acima da zona de conforto
18:00	26,3	Leve sensação de calor			27,7	acima da zona de conforto

b – Pavimento Superior

No Quadro 85 é apresentado o Conforto Térmico do pavimento superior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP. Os dados foram obtidos nos itens 5.3.2, 5.4 e 5.5 do Capítulo 5.

QUADRO 85

Conforto Térmico do pavimento superior obtido através do Método de Fanger, do Método do CSTB e do programa de simulação ARQUITROP, Período de Verão – 23 de fevereiro

Hora	Método do Voto Médio Estimado		Método do CSTB Zona de Conforto de 22 a 27 °C		ARQUITROP Zona de Conforto de 23,5 a 27 °C	
	Temperatura em °C - análise		T. Efetiva em °C - análise		Temperatura em °C - análise	
6:00	25,5	Leve sensação de calor			23,4	dentro da zona de conforto
7:00			20,6	abaixo da zona de conforto	23,2	abaixo da zona de conforto
8:00			23	dentro da zona de conforto	22,4	abaixo da zona de conforto
9:00			25,3	dentro da zona de conforto	23,5	dentro da zona de conforto
10:00	26,3	Leve sensação de calor	27,5	acima da zona de conforto	25,2	dentro da zona de conforto
11:00			29,4	acima da zona de conforto	27,2	dentro da zona de conforto
12:00			30,9	acima da zona de conforto	28,5	acima da zona de conforto
13:00			28,6	acima da zona de conforto	29,3	acima da zona de conforto
14:00	27,5	Sensação de calor	29	acima da zona de conforto	29,7	acima da zona de conforto
15:00			28,6	acima da zona de conforto	29,6	acima da zona de conforto
16:00			27,6	acima da zona de conforto	29,6	acima da zona de conforto
17:00			26,7	dentro da zona de conforto	29,7	acima da zona de conforto
18:00	27,8	Sensação de calor			29,7	acima da zona de conforto

Conclusão

Uma análise comparativa a partir dos dados apresentado Quadro 84 e Quadro 85 se torna difícil, devido a forma como esses dados foram obtidos.

O Conforto Térmico do pavimento inferior e do pavimento superior segundo o Método do CSTB e o Programa de Simulação ARQUITROP, em certas horas do dia é coincidente.

6.3. - OS PROS E CONTRAS DO MÉTODO DO CSTB E DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP.

Os comentários a seguir se baseiam unicamente nas dúvidas e dificuldades que se fizeram presentes a um projetista que fez uso dos dois processo na avaliação do desempenho térmico de uma mesma edificação já existente.

6.3.1. - MÉTODO DO CSTB – CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT DE PARIS

1 – o método auxilia o projetista na avaliação do desempenho térmico de uma futura edificação ou de uma já existente, além de possibilitar a adequação da edificação ao clima da região onde a mesma será edificada.

2 – o método, através da planilha de cálculo de ganho de calor solar, possibilita ao projetista verificar quais os elementos construtivos da edificação que são responsáveis pelos maiores ganhos de calor; tornando possível alterar uma ou mais características desses elementos construtivos, para reduzir os ganhos sem alterar as perdas, ou reduzir os ganhos e aumentar as perdas.

3 – na literatura consultada (Frota e Schiffer, 1988), a aplicação do método através da utilização de um exemplo, gerou algumas dúvidas:

a – não ficou bem esclarecido se o método é aplicado ao pavimento, considerado a edificação como um todo ou em apenas um cômodo da mesma. Caso seja considerado como um todo, há de se supor que nos cômodos contíguos a temperatura interna é a mesma; no presente estudo aplicou-se separadamente o método para os cômodos da frente e dos fundos dos pavimentos inferior e superior, para se comparar os resultados obtidos.

No período de inverno (item 5.4.10.1 do Capítulo 5) pode-se observar que no pavimento inferior apenas no horário das 7:00 às 12:00 horas e às 17:00 horas existe a concordância quanto

ao Conforto Térmico dos ambientes (sala de estar e dormitório). No pavimento superior no horário das 7:00 às 15:00 horas e às 17:00 também existe a concordância quanto ao Conforto Térmico dos ambientes (dormitório social e suite). No período de verão (item 5.4.17.1 do Capítulo 5), observa-se que no pavimento inferior não existe discordância quanto ao Conforto Térmico dos ambientes. No pavimento superior existe concordância quanto ao Conforto Térmico das 7:00 às 9:00 horas, das 11:00 às 15:00 horas.

b – a planilha de cálculo de ganho de calor solar é desenvolvida considerando a intensidade da radiação solar no período das 7:00 às 17:00 horas; feita a planilha verifica-se qual é o maior valor total dos ganhos de calor, este valor encontrado é utilizado para os demais cálculos do método. Este valor corresponde a uma determinada hora, o que leva a concluir que se está avaliando o desempenho térmico da edificação para esta hora.

No presente trabalho optou-se por calcular o desempenho térmico da edificação hora a hora (das 7:00 às 17:00 horas). Este cálculo possibilitou a observação de que em algumas das horas analisadas a edificação se encontrava dentro e em outras fora da Zona de Conforto.

6.3.2. - PROGRAMA DE SIMULAÇÃO ARQUITROP

1 – o programa de simulação computacional é uma ferramenta que auxilia o projetista na otimização da edificação no aspecto econômico- energético.

2 – o programa ajuda o projetista na adequação da edificação ao clima da região onde será edificada, através de recomendações de projeto (Método de Mahoney adaptado).

3 – o projetista fornece as características da edificação ao programa, e o mesmo realiza a simulação do desempenho térmico da edificação, fornecendo a variação da temperatura interna da edificação hora a hora e o consumo mensal de energia para o aquecimento ou resfriamento do ambiente interno da edificação.

4 – o programa de simulação ARQUITROP apresentou algumas dúvidas durante a sua utilização:

a – qual o procedimento que deve ser utilizado na aplicação do programa, quando uma edificação está edificada na divisa do lote e ainda possuindo sua alvenaria de fechamento geminada à alvenaria de fechamento da edificação vizinha ?

O programa de simulação realiza os cálculos baseando- se nas recomendações sobre o clima da região onde a edificação será executada; para a Região de Campinas é recomendado que a edificação esteja afastada das divisas (item 5.2.2. do Capítulo 5).

b – qual o procedimento que deve ser seguido na aplicação do programa quando a edificação possui saliências ou reentrâncias ou ainda quando o formato da edificação é irregular ?

5 – o programa de simulação impõe que se determine normas de utilização da edificação:

a – o horário de abertura das janelas e o tempo que as mesmas ficarão abertas;

b – o número de pessoas no ambiente que está sendo avaliado e o tempo que as mesmas permanecerão no ambiente;

c – o número de equipamentos elétricos no ambiente, a hora do início de sua utilização e o tempo que os mesmos permanecerão em funcionamento.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES

As principais conclusões obtidas a partir do presente estudo são enumeradas a seguir e visam auxiliar o projetista na elaboração do projeto de uma edificação tendo em vista o Conforto Térmico da mesma;

1 - é primordial que se conheça o clima da região onde a edificação será implantada; este conhecimento pode auxiliar o projetista a realizar uma adaptação melhor da edificação ao clima da região;

2 - o Método de Mahoney deve ser a primeira ferramenta utilizada pelo projetista neste processo de adaptação da edificação ao clima da região;

3 - o projetista deverá verificar se é ao período de inverno ou ao período de verão que a edificação deverá se adaptar melhor; este fato, norteará o rumo do processo de adaptação da edificação ao clima da região;

4 - a definição do período deve ser feita pois a edificação dificilmente se adaptará simultaneamente ao verão e ao inverno; adaptando-se a um dos períodos, no outro, talvez seja necessária a utilização de equipamentos que possam proporcionar o conforto térmico no ambiente interno da edificação.

5 - o programa de simulação computacional de análise de energia, constitui um

caminho seguro e rápido, para um projetista que deseja projetar uma edificação com um bom desempenho térmico. Ao fazer uso de um programa de simulação, o projetista deve tomar o cuidado de verificar e analisar se a geometria e a situação da edificação no lote de terreno, são coincidentes com o modelo geométrico e a situação considerada no programa de simulação como base para os cálculos.

6 – para a realização de propostas alternativas de melhorias do desempenho térmico da residência analisada, seria necessário definir o período (inverno ou verão) a que a mesma deverá se adaptar melhor, para então realizar um estudo das mudanças necessárias (materiais e componentes) para se atingir o Conforto Térmico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- 01 - **AKUTSU, M., VITTORINO, F., YOSHIMOTO, M.,** Método Expedito para Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações, In Anais do III Encontro Nacional - I Encontro Latino Americano de Conforto do Ambiente Construído, Florianópolis, SC, 1995, p.299 – 322.
- 02 - **AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE- ASHRAE (ANSIA /ASHRE 55)** 1981
- 03 - **ARAÚJO, E. H. S., MARTINS, T. L. F., ARAÚJO, V. M. D.,** Avaliação do Desempenho Térmico dos Setores de Aulas do Campus da UFRN, In Anais do III Encontro Nacional – I Encontro Latino do Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, Sc, 1995, p. 293-322
- 04 - **ASSIS, R. M. C.,** Vidros e Conforto Térmico, São Carlos; EE USP, 1996, Tese de (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996.
- 05.- **BECKER, M. F. M.,** Análise de Desempenho Térmico de uma Habitação Unifamiliar Térrea, In Anais do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, SP, volume 2, p.825-834, 1993
- 06 - **van BELLEN, H.M., RAUBER, D.L., NARCISO FILHO, P.A.L., LAMBERTS, R.,** Comparação de Softwares de Análise Térmica de Edificação: Análise Sensitiva, In Anais do Segundo Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, SC., 1993, p. 115 – 122.
- 07 - **BOLETIM ETERNIT, n° 110,** Conforto Térmico, Jul. 1981

- 08 - **BULLA, L.A., LAMBERTS, R.,** Parametrização do Desempenho Térmico de Edifícios Comerciais em Florianópolis, In Anais do III Encontro Nacional - I Encontro Latino-Americano de Conforto No Ambiente Construído, Florianópolis, SC, p. 245-249, 1995.
- 09 - **CHVATAL, K. M. S.,** A Prática do Projeto Arquitetônico em Campinas, SP, e Diretrizes para o Projeto de Edificações Adequadas ao Clima, Campinas, UNICAMP, 1998, TESE (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP, 1998
- 10 - **COSTA, E. C.,** Física Aplicada à Construção Civil, 3ª Edição Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1981, p. 16- 22, p. 213-246.
- 11 - **COSTA, E. C.,** Arquitetura Ecológica - Condicionamento Térmico Natural, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1982, 264p.
- 12 - **CROISET, M.,** L' Hygrothermique Dasn Le Batiment, Ed. Eyrolles, Paris, 1968, 227 p.
- 13 - **FANGER,P.O.,** Thermal Comfort Analysis and Aplication in Environmental Enginneering, Danish Techical Press, Compenhagem,1970, 244
- 14 - **FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R.,** Manual de Conforto Térmico, Ed. Nobel . Nobel, São Paulo, 1988, 228p.
- 15 - **FULLMAN, C.H., HELM, R.M.,**Energy Computer Program Certification Pos and Cons., ASHRAE, Transactions p. 798-901, Vol Part 1, 1980
- 16 - **FULTON, R. P. T.,** Isolamento Térmico, Ed. Editora Técnica Ltda, São Paulo, 1980, 1045 p.
- 17 - **GIVONI, B.,** Man, Climate and Architecture, 2ª Edição, Ed. Applieds Science Publishers Ltd, London, 1976, 483p.
- 18 - **GRUNF, F., BECHER, R.,** Radiometria, Academic Press INC. New York, 1979.
- 19 - **HALL, JR. K.D., PATTERSON, Neil. R.,** The Pros. and Cons. of Certification of Energy Analysis Computer Programs, ASHRAE Transactions, p. 793 - 797, Vol , Part 1, 1980.
- 20 - **JONES, W. P.,** Engenharia de Ar Condicionado, Ed. Campus Ltda, Rio de Janeiro, 1983, 503p.
- 21 - **KOENISGSBERGER, O.H., et al,** Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales, Ed. Paraninfo S/A, Madrid, 1977

- 22 - **KASUDA , T., PIERCE, T. E., BEAN, J.W.,** Comparison of Calculated Hourly Cooling Load and Attic Temperature with Measured Data for Houston Test House, ASHRAE Transactions, p.1185-1199, Vol. 87 , Part I, 1991.
- 23 - **LABAKI, L. C.,** Anotações de Aula: Conforto Térmico, Unicamp, Campinas, SP, 1995.
- 24 - **LABAKI, L. C. e KOWALTOWSKI. D. C. C. K.,** Bioclimate and Vernacular Design in Urban Settlements of Brazil, Revista Building and Environment, . Vol. 33, nº 1, p 63-77, 1998
- 25 - **PHILIPS,** Manual de Iluminação, Ed. N. V. Philips Gloeilampenfabrieken Eindhoven, 1976?
- 26 - **MASCARÓ, L. R.,** Luz, Clima e Arquitetura, Ed. USP, São Paulo, 1978
- 27 - **McQUISTON, F.C.,** A Study and Review of Existing Data to Develop a Standard Methodology for Residential Heating and Cooling Load Calculation, ASHRAE Transactions, p. 102-135, Vol 90, Part 2A, 1984.
- 28 - **MESQUITA, A. L. S., GUIMARÃES, F. A., NEFUSSE, N.,** Engenharia de Ventilação Industrial, Ed.CETESB, São Paulo, 1985, 442p.
- 29 - **MILBANK, N. O., LYNN, J. H.,** Thermal response and admittance procedure The Building Services Engineer, The Journal of the Institution of Heating Ventilating Engineer, volume 42, p.38-54, 1974
- 30 - **MONTENEGRO, G. A. ,** Ventilação e Cobertas, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1984, 124p.
- 31 - **MOREIRA, V. A.,** Iluminação e Fotometria: Teoria e Prática Ed Edgard Blücher, São Paulo, 1976.
- 32 - **NÄÄS, I. A.,** Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal Ed. ICONE, São Paulo, 1989, p. 25-35.
- 33 - **NAKANISHI, E., SCHALY, I. P.,** Análise Térmica do Restaurante Universitário da UFSC, In Anais do Segundo Encontro Nacional de Conforto Térmico no Ambiente Construído, Florianópolis, S.C., 1993 p75-
- 34 - **NORMA ISO 7726/85 -** Thermal Environments - Instruments and Methods for Measuring Physical Quantities.
- 35 - **NORMA ISO 7730/94 -** Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort.

- 36 - **OLGYAY, V.**, Design with climate, New Jersey, Princeton University, 1963
- 37 - **RAUBER, D.L., van BELLEN, H.M., SCHUCH, L.M.S., NARCISO, P.A. L., LAMBERTS, R.**, Comparação de Softwares de Análise Térmica de Edificações: Resultados para um Projeto Padrão e interface Programa Usuário In Anais do Segundo Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, SC, 1993, p. 115-122.
- 38 - **RIVERO, R. O.**, Vivienda, Ed. SC5- Servicio de Climatologia Aplicada a La Arquitectura, Montevideo, 1970, 70 p.
- 39 - **RAMÓN, F.**, Ropa, Sudor y Arquitecturas, H. Blume Ediciones, Madrid, 1980, 124 p.
- 40 - **ROBERTSON, D.K., CHRISTIAN, J.E.**, Comparisons of Four Computer Models with Experimental Data from Test Building in Northern New Mexico, ASHRAE Transactions, p. 591-607, Vol. 91 Part 1A, 1985.
- 41 - **RORIZ, M.**, Conforto Térmico e Economia de Energia em Edificações, Ed. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1991.
- 42 - **SANI, Sham**, Urban Climatology in Malaysia: an Overview, in Energy and Buildings nº 15/ 16, 1990/91, p. 105/117.
- 43 - **SEARS, F. et al**, Física I, 2ª Edição, Ed. Ao Livro Técnico e Científico Editora S/A, Rio de Janeiro, 1987.
- 44 - **SERRAVITE, G. M., COURA, C. F.**, Avaliação do Desempenho Térmico de Ambientes do Edifício Anexo da Assembléia Legislativa de Belo Horizonte, Mg., In Anais do III Encontro Nacional – I Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, Sc., 1995, p.317-322
- 45 - **SILVA, R. S. N.**, Conforto, Ventilação e Insolação, Ed. São Paulo, São Paulo, 1979.
- 47 - **SZOKOLAY, S.V.**, Solar Energy Building, Second Edition, Ed. The Architectural Press, London Halsted Press Division, John Wiley and Sons, New York, 1978, p.51-64
- 48.- **van STRAATEN, J.F.**, Thermal Performance of Building, Elsevier, Amsterdam, 1967.
- 49.- **THORNDIKE, E. H.**, Energy and Environment: A Primer for Scientist and Engineers – Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1979
- 50.- **YUIL, G.**, Verification of the Blast Computer Program for Two House, ASHRAE Transactions, p. 687-700, Vol. 91 Part 2B, 1985.

- 51.- **WAGNER, B.S., Comparisons of Predited and Measured Energy Use in Occupied Building**, ASHRAE Transactions, p. 232-253, Vol. 91, Part 2, 1984

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- 01 - **BURCH, D. M., MALCOM, S. A., DAVIS, K. L.,** The Effect of wall Mass on the Summer Space Cooling of Six Test Buildings, ASHRAE Transaction, p 5- 21, Vol 90 Part 2B, 1984
- 02 - **CARDÃO, C.,** Técnicas da Construção, 6ª Edição, Ed. Edições Engª e Arquitetura, Belo Horizonte, 1983, p. 227.
- 03 - **COUTIER, J. P., KAMMERUD, R.C., PLACE, J.W.,** Thermal Comfort Building Occupants: A Preliminary Impact Assessment of Passive Strategies, ASHRAE Transactions, p. 62-69, Vol.91 Part 2A, 1985.
- 04 - **EBERHARD, A.A., DONAVAN, M.O.,** A Critical Review of the Usefulness of Micro Computer Basead Design Tools for Passive Solar Design of Low Cost Housing in Developing Countries, Revista Building and Environment Vol 25, nº 2, p. III- II5
- 05 - **FRANÇA, J.L., et al,** Manual Para Normalização de Publicações, 2ª Edição Ed. UFMG, Minas Gerais, 1992, 166p.
- 06.- **GOLDEMBERG, J.,** Física Geral e Experimental, Vol I, Ed. Cia Editora Nacional, São Paulo, 1968, p.269-274.
- 07 - **IKEDA, S, KIYHARA, E.,JABARDO, J.M.S., PEREIRA, M.T, AFFONSO JR., W., YAMAGIHARA, J.J., Valentin, R.,** Ventilação de Áticos Horizontais, Boletim Eternit nº 133, Nov., 1987.
- 08 - **KOLOKOTRONI, M., YOUNG, A,N.,** Guideline for Bioclimatic Housing Design in Grece, Revista Building and Environment, Vol 25, nº 25, p.297 - 307, 1990.

- 09 - **LABAKI, L. C., CARAM, R. M., SICHIERI, E. P.,** Os Vidros e o Conforto Ambiental, In Anais do III Encontro Nacional- I Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, Sc, 1995, p.215
- 10 - **L' HERMITE, R.** Ao Pé do Muro, Ed. Editoras Eyrolles, Paris, 1977
- 11 - **PAYA, M.** Isolamento Térmico e Acústico, Ed. Plátano Edições Técnicas , Lisboa, 1997, 159p.
- 12 - **MARCHETTI, D. S., DA SILVA, P., VIEIRA, T.C.,** Conforto Térmico em Habitações com População de Baixa Renda Uma Análise Bioclimática, In Anais do Segundo Encontro Nacional de Conforto Térmico no Ambiente Construído, Florianópolis, SC, março de 1993, p. 93- 97.
- 13 - **MACINTYRE, A. J.,** Ventilação Industrial e Controle da Poluição 2ª Edição, Ed. Guanabara Koogan S/A, Rio de Janeiro, 1980, p. 37- 41
- 14 - **McVEIGH, J.C.,** Sun Power - An introduction the Applications of Solar Energy, Brighton Polytechnic, England Pergamon Press Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt, 1977, p. 11-21
- 15 - **PATTON, W.J.,** Materiais de Construção para a Engenharia Civil, Ed EDUSP, São Paulo, 1978, p.23-30, p.279-340.
- 16 - **RESNIK - HALLIDAY,** Física, Parte 1, Ed. Ao Livro Técnico S/A, Rio de Janeiro, 1966, p.592-603.
- 17 - **ROHLES, F.H., HASHINAGA, M., YAMADA, T.,** Measuring the Comfort Producing Effectiveness of Space Heaters During Transient Warming, ASHRAE Transactions, p. 747-760, Vol. 92 Part 2B, 1986.
- 18 - **SILVA, R. B.,** Manual de Termodinâmica e Transmissão de Calor 3ª Edição, Ed. EDUSP, São Paulo, 1970, 70p.
- 19 - **SCHANZER, D.W., MASCARÓ, L.E.R.,** o Uso de Fontes Passivas de Energia para Climatização de Espaços Urbanos, Anais do Segundo Encontro Nacional de Conforto Térmico no Ambiente Construído, p. 99-106, Florianópolis, SC, 1993.
- 20 - **TONG, W.C., CHUNG, T.M.,** Thermal Comfort Study of Young Chinese People in Hong Kong, Revista Building and Environment, Vol. 25, nº 4, p. 317-328, 1990.
- 21 - **YEUNG, Y.N., CHOW, W.K., LAM, Verônica Y.K.,** Sick Building Syndrome A Case Study, Revista Building Environment, Vol. 26, nº4, p. 319-330, 1991.

APÊNDICES

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS MATERIAIS

MATERIAL	λ (W/m°C)	δ (Kg/m³)	c (J/Kg°C)
Água	0,58	1000	4187
Algodão	0,06	80	
Amianto	0,15	580	
Amianto projetado	0,05	160	
Areia seca	0,49	1600	2093
Areia úmida	2,35	variável	8374
Argamassa de cal e cimento	0,65	1600	754
(ou cimento)	0,85	1800	754
	1,05	2000	754
Argamassa celular	0,30	600	1047
	0,51	1000	1047
	0,81	1400	1047
Argamassa de gesso	0,53	1000	837
(ou de cal e gesso)	0,70	1200	837
Argila	0,72	1720	837
Asfalto puro	0,70	2100	
Asfalto com areia	1,15	2100	
Borrachas sintéticas			
- formo- fenólicas	0,40	1300	
- mastique para juntas	0,40	1350	
- poliamida	0,40	1100	
- policlorure de vinil	0,20	1350	
- poliéster	0,40	1550	
- polietileno	0,40	1000	
Cerâmicas	0,46	variável	837
Cimento- amianto	0,65	1600	
	0,95	2000	
Cimento amianto- celulose	0,46	1600	
Concreto aparente	1,65	2200	1005
	1,91	2400	1005
Concreto armado	1,75	2400	1005
Concreto comum	1,28	2000	1005
	1,50	2200	1005
	1,74	2400	1005
Concreto carvenoso	1,40	1850	1005
idem c/ 5% de calcáreo	1,15	1800	
Concreto muito leve			
- com vermiculite ou pedra pome	0,17	600	963
	0,26	800	963
	0,33	1000	963
	0,43	1200	963
	0,50	1400	963
- placa de concreto c/ vermiculite			
fabricado na usina	0,19	400	963
Concreto com argila expandida	0,85	1500	963

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS MATERIAIS (CONTINUAÇÃO)

MATERIAL	λ (W/m°C)	δ (Kg/m³)	c (J/ Kg°)
Concreto com argila expandida	1,05	1700	963
Concreto com escória expandida granulada 750 Kg/m	0,52	1500	963
Concreto com escória expandida granulada, sem areia ou finos	0,44	1100	963
Concreto celular autoclavado	0,10	300	
	0,12	400	963
	0,16	600	963
	0,21	800	963
	0,27	1000	963
Concreto celular (bloco)	0,05	450	963
	0,50	600	963
Concreto de cascalho	1,98	1800	1005
Concreto sem finos	0,74	1600	1005
	0,93	1800	1005
Concreto com agregado pesado de escória de alto forno	1,40	2300	1005
Idem cavernoso	0,70	1800	
Cortiça (emplacas, de granulado)	0,04	100	1424
	0,05	200	1424
Cortiça comprimida	0,10	500	1423
Feltro	0,05	160	
Feltro asfáltico	0,14	1200	1675
Feltro de crina	0,03	270	
Feltro de lã	0,04	150	
Fibra de vidro	0,03	70	754
Gesso celular	0,50	128	
Gesso (placa)	0,35	750	837
	0,35	1500	837
Gesso paramentado com cartão anti- chama	0,35	900	
Gesso com fibras minerais	0,35	950	
Gesso projetado	0,50	1200	837
Gesso com vermiculite 1:1	0,30	850	
Gesso com vermiculite 1:2	0,25	600	
Lã de escória	0,03	110	
Lã de ovelha	0,04	136	
Lã de rocha	0,03	100	754
	0,04	130	754
	0,04	190	754
Lã de vidro	0,05	24	754
	0,04	64	754
	0,04	76	754
	0,03	96	754
Madeiras			
- abeto, cedro	0,12	400	1424
- balsa	0,05	90	1424
- bétula, silvestre, pinho marítimo	0,15	500	1424

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS MATERIAIS (CONTINUAÇÃO)

MATERIAIS	λ (W/m°C)	δ (Kg/m ³)	c (J/Kg°)
- carvalho, frutíferas	0,23	700	1424
- pinho perpendicular a fibra	0,14	550	2721
- pinho paralelo a fibra	0,30	900	1256
Fibras de madeiras	0,06	140	1675
Lascas de madeiras	0,06	140	1675
Paineis de madeira			
- aglomerado mole isolante	0,05	300	1424
- painel de fibra de madeira isolante	0,06	300	1424
- painel de madeira duro e extraduro	0,20	900	1424
- painel de fibra de madeira aglomerada	0,10	400	1424
	0,12	500	1424
	0,14	600	1424
	0,17	700	1424
- painel de fibra de madeira aglomerada e compensada	0,20	800	1424
	0,24	1000	1424
Metais			
- aço	52,00	7780	
- aço inoxidável	46,00	7800	461
- alumínio	230,00	2700	
- chumbo	35,00	11340	
- cobre	380,00	8930	376
- duralumínio	160,00	2800	
- ferro fundido	56,00	7500	
- ferro puro	72,00	7870	461
- latão	110,00	8400	
- zinco	112,00	7130	
Palha comprimida	0,12	350	
Papelão	0,08	650	
Papelão corrugado, quatro camadas por polegada	0,10	170	
Pedras			
- ardósia	2,10	2700	837
- arenito	1,28	2000	837
- basalto	3,50	2900	837
- calcáreo	1,40	2000	837
- gnaise	3,50	2600	837
- granito	3,50	2700	837
- gres	1,98	2400	837
- mármore	3,26	2700	837
- perdeneira	3,50	2700	837
- pedregulho	2,35	1900	837
- pórfiro	2,90	2500	837
Plásticos alveolares			
- poliestireno expandido moldado	0,04	11	142
	0,04	15	
	0,04	18	

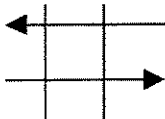
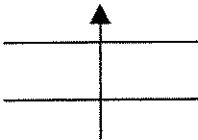
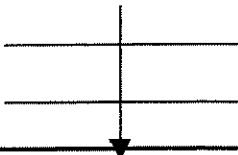
TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS MATERIAIS (CONTINUAÇÃO)

MATERIAIS	λ (W/m°C)	δ (Kg/m³)	c (J/Kg °C)
- poliestireno expandido moldado	0,04	23	
	0,04	30	
- poliestireno expandido moldado, por via seca	0,42		
- poliestireno expandido termocom- primido, por via seca	0,04	14	
	0,04	14	
	0,04	18	
	0,04	23	
- poliestireno expandido termocom- primido, por via seca	0,04	30	
- poliestireno estruturado			
placa sem pele na superfície	0,03	30	
placas com pele na superfície	0,03	32	
	0,03	38	
- espuma rígida de poliuretano			
placas ou blocos extenso contínuos	0,03	35	
placas ou blocos descontínuos	0,04	35	
- espumas formo-fenólicas	0,04	40	
	0,04	50	
	0,04	70	
- outros materiais plásticos alveolares	0,05	95	
Telhas de barro moldada (ou cerâ- micas)	0,93	1600	921
Telhas de fibro-cimento	0,65	-	1600
	0,95	-	2000
Terra argilosa seca	0,52	1700	837
Terra comprimida (bloco)	1,15	1800	837
Terra úmida	0,60	1800	1465
Tijolo de concreto furado (8 furos)			
19 x 19 x 39 (parede 6 mm)	0,91	1700	1005
Tijolo maciço prensado	0,72	1600	921

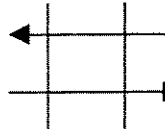
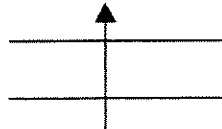
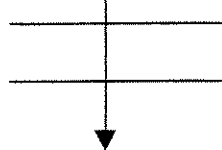
Fontes: Frota e Schiffer, 1988 – Rivero, 1970.

TABELA 2 - VALORES DA CONDUTÂNCIA (h_e e h_i) E RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS ($1/h_e$ e $1/h_i$) PARA PAREDES EXTERIORES E INTERIORES

a. - paredes exteriores

Posição da parede e sentido do Fluxo	Unidades	h_i	$1/h_i$	h_e	$1/h_e$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$
Parede vertical 	W/ m ² °C	8	-	20	-	-
	m ² °C/ W	-	0,12	-	0,05	0,17
Parede horizontal (fluxo ascendente) 	W/ m ² °C	11	-	20	-	-
	m ² °C/ W	-	0,09	-	0,05	0,14
Parede horizontal (fluxo descendente) 	W/ m ² °C	6	-	20	-	-
	m ² °C/ W	-	0,17	-	0,05	0,22

b. - paredes interiores

Posição das paredes e sentido do fluxo	Unidades	h_i	$1/h_i$	h_e	$1/h_e$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$
Parede vertical 	W/ m ² °C	8	-	8	-	-
	m ² °C/ W	-	0,12	-	0,12	0,24
Parede horizontal (fluxo ascendente) 	W/m ² °C	10	-	10	-	-
	m ² °C / W	-	0,10	-	0,10	0,20
Parede horizontal (fluxo descendente) 	W/m ² °C	6	-	6	-	-
	m ² °C / W	-	0,17	-	0,17	0,34

Fonte: Frota e Schiffer, 1988

TABELA 3 - VARIAÇÃO DA CONDUTÂNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL EXTERNA (h_e) E VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA DOS ESPAÇOS DE AR (R_a) CONFINADO ENTRE DUAS LÂMINAS PARALELAS.

a. valores de h_e

Tipo de Vento	Velocidade do vento m/s	h_e (W/m ² °C)
ar calmo	0,1	8
velocidade muito fraca	05	10
velocidade fraca	1	13
velocidade média	3	21
velocidade forte	9	35
velocidade muito forte	18	50

b. valores de R_a

Posição Espaço de ar	Direção e Sentido do Fluxo de Calor	Espessura do espaço de ar (cm)	Temperatura das faces		R ar (m ² °C/W), para $\epsilon_r =$			
			Média (°C)	Diferença °C	0,82	0,47	0,20	0,11
vertical	horizontal	2 a 10	32	5.5	0,15	0,22	0,38	0,51
			10	5.5	0,18	0,26	0,41	0,54
horizontal	vertical ascendente	2 a 10	10	5.5	0,16	0,21	0,32	0,39
horizontal	vertical descendente	2	32	11	0,15	0,21	0,36	0,46
		4	32	11	0,16	0,26	0,48	0,66
		10	32	11	0,17	0,28	0,58	0,86

Sendo:

$$\epsilon_r = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

para: ϵ_1 e ϵ_2 = emissividade de cada uma das lâminas paralelas que confinam o ar
 ϵ_r = emissividade térmica relativa

Fonte: Frota e Schiffer (1988)

TABELA 4**a - valores de coeficientes de Absorção (α) e Emissividade (ε)**

SUPERFÍCIES	(α) absorção para radiação solar	(α) e (ε) para temperatura entre 10 e 40 °C
preto fosco	0,85 - 0,95	0,90 - 0,98
tijolo ou pedra ou telha cor vermelha	0,65 - 0,80	0,85 - 0,95
tijolo ou pedra amarela, couro	0,50 - 0,70	0,85 - 0,95
tijolo ou pedra ou telha cor amarela	0,30 - 0,50	0,40 - 0,60
vidro de janela	transparente	0,90 - 0,95
alumínio, ouro, bronze (brilhantes)	0,30 - 0,50	0,40 - 0,60
latão, alumínio fosco, aço galvanizado	0,40 - 0,65	0,20 - 0,30
latão, cobre (polidos)	0,30 - 0,50	0,02 - 0,05
alumínio, cromo (polidos)	0,10 - 0,40	0,02 - 0,04

b - valores de coeficiente de absorção da radiação solar (α), específico de pintura

COR	(α)
branca	0,2 - 0,3
amarela, laranja, vermelha escura	0,3 - 0,5
vermelha escura, verde clara, azul clara	0,5 - 0,7
marron clara, verde escura, azul escura	0,7 - 0,9
marron escura, preta	0,9 - 1,0

Fonte: Frota e Schiffer, 1988

TABELA 5 - FATOR SOLAR S_{tr} **a - fator solar de vidros**

TIPO DE VIDRO	FATOR SOLAR (S_{tr})
Lâmina única	
Vidro comum transparente	0,86
Vidro cinza sombra	0,66
Vidro atômico verde claro	0,60
Vidro atômico verde escuro	0,49
Vidro usado como proteção externa de vidro comum transparente	
Vidro cinza sombra	0,45
Vidro atômico verde claro	0,39
Vidro atômico verde escuro	0,22

b - fator solar das proteções das vidraças (para vidros simples com $S_{tr} = 0,85$)

TIPO DE PROTEÇÃO	COR DO ELEMENTO DE PROTEÇÃO			
	Clara	Média	Escura	Preta
Proteção Externa				
persiana de madeira (e = 1cm) vertical	0,05	0,08	0,10	0,13
persiana de madeira (e = 2 cm) vertical	0,04	0,07	0,09	0,11
persiana metálica vertical	0,07	0,10	0,13	0,16
persiana de madeira (e = 1 cm), projetada à italiana	0,09	0,09	0,10	0,11
persiana metálica, projetada à italiana	0,10	0,11	0,12	0,14
Proteção entre dois Vidros				
veneziana de lâminas finas à 45 °	0,24	0,31	0,38	0,70
cortina opaca	0,21	0,28	0,36	0,76
cortina pouco transparente	0,24	0,32	0,40	0,66
Proteção interna				
persianas de lâminas finas, vertical	0,39	0,50	0,60	0,70
persianas de lâminas finas à 45 °	0,51	0,62	0,70	0,76
cortina opaca	0,34	0,45	0,57	0,66
cortina pouco transparente	0,36	0,47	0,59	--
cortina muito transparente	0,39	0,50	0,51	--

Fonte: Frota e Schiffer, 1988

TABELA 6 – TAXA METABÓLICA (WATT) DE DIFERENTES ATIVIDADE .

Atividade	Taxa Metabólica	
	W/m ²	met
Durante o sono (basal)	46	0,8
Sentado descansando	58	1,0
Atividade sedentária: (escritório, residência, escola)	70	1,2
Atividade parada (comércio, atividades domésticas)	93	1,6
Atividade regular (laboratório, comercio, atividades leves)	116	2,0
Atividade pesada (mecânico, atividades pesadas)	165	2,8

Fonte: Norma ISO 7730/94 – Anexo A (1994).

TABELA 7 - RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS ROUPAS MAIS USUAIS

Nível de vestimenta		Resistência da roupa $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$	Condutância $\text{W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
0	Nu	0	
0,5	roupa íntima curta, calças leves de algodão, camisas de manga curta - colarinho aberto.	0,08	13
1	roupa íntima curta, típica de escritório, incluindo paletó	0,16	6,6
1,5	roupa íntima comprida, terno com paletó de lã grossa, meias de lã	0,24	4
2	roupa íntima comprida, terno com paletó de lã grossa, meias de lã, sapato espesso, abrigo pesado de lã, luvas e chapéu	0,32	3

Fonte: Ramon, 1980

TABELA 8 – POTÊNCIAS APROXIMADAS DE APARELHOS ELETRODOMÉSTICOS

MATERIAIS	POTÊNCIA (W)
Aquecedor elétrico (tipo residencial)	1000 a 1500
Aquecedor elétrico (tipo comercial)	2000 a 6000
Ar condicionado portátil (1 HP)	1200
Ar condicionado portátil (2 HP)	2400
Aspirador de pó	250 a 800
Barbeador	8 a 12
Cafeteira	500 a 2000
Chuveiro elétrico	1500 a 4000
Exaustor	300 a 500
Ferro elétrico	400 a 850
Ferro elétrico a vapor	660 a 1200
Fogão elétrico	4000 a 6000
Geladeiras comerciais (½ a 1 HP)	450 a 1000
Geladeiras domésticas	150 a 300
Irradiador de calor	500 a 1000
Lavadora de pratos	600 a 1000
Lavadora de roupas	600 a 800
Liquidificador	120 a 250
Máquina de costura	60 a 90
Rádio	40 a 150
Secador de cabelos	350 a 1200
Secadora de roupas	4000 a 5000
Televisão	200 a 400
Torradeira	500 a 1200
Ventilador portátil	50 a 200

Fonte – Frota e Schiffer, 1988

TABELA 9 – RADIAÇÃO SOLAR DE SÃO PAULO

Tabela 9 A - Radiação de São Paulo 23° 19' Sul - Mês de Junho - Período 1976 / 79 (W/m²).

Orientação	Hora															Total diário
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Direta normal	0	0	8	356	441	476	491	496	476	476	441	356	58	0	0	4137
Norte			36	243	436	436	482	498	436	436	359	243	36			3611
Direta			28	194	275	323	351	136	351	323	27.5	194	27			2702
Difusa			9	49	113	130	130	130	130	113	85	49	9			910
Nordeste			65	386	482	496	462	392	297	187	85	49	9			2908
Direta			56	337	397	383	332	255	166	75	0	0	0			1999
Difusa			9	49	85	113	130	136	130	113	85	49	9			910
Oeste			9	49	85	113	130	136	247	332	371	332	61			1883
Direta			0	0	0	0	0	0	116	219	286	283	51			955
Difusa			9	49	85	113	130	136	130	113	85	49	9			910
Sudoeste			9	49	85	113	130	136	130	115	93	62	27			991
Direta			0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	18			88
Difusa			9	49	85	113	130	136	130	113	8	49	9			910
Horizontal			19	159	414	414	486	511	486	414	302	159	19			2107
Direta			4	94	193	272	322	340	322	272	193	94	4			1163
Difusa	0	0	15	66	109	143	164	171	164	143	109	66	15	0	0	1163

Fonte: Frota e Schiffer, 1988

Tabela 9 B- Radiação de São Paulo 23° 19' Sul - Mês de Março - Período 1976 / 79 (W/m²).

Orientação	Hora															Total diário
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Direta normal	0	0	167	241	270	284	290	292	290	284	270	241	167	0	0	2794
Norte			58	130	193	243	273	284	274	243	193	131	58			2080
Direta			17	49	77	99	113	118	113	99	77	49	17			827
Difusa			40	82	116	144	162	168	102	144	116	82	40			1251
Nordeste			166	263	306	314	294	250	187	144	116	82	40			2160
Direta			127	182	190	170	133	83	27	0	0	0	0			910
Difusa			40	82	116	144	162	168	162	144	116	82	40			1251
Oeste			40	82	116	144	162	168	236	286	307	290	201			2028
Direta			0	0	0	0	0	0	76	142	191	208	108			777
Difusa			40	82	116	144	162	168	162	144	116	82	40			1251
Sudoeste			40	82	116	144	162	168	162	175	197	193	141			1576
Direta			0	0	0	0	0	0	0	0	80	113	101			325
Difusa			40	82	116	144	162	168	162	144	116	82	40			1251
Horizontal			99	227	340	427	483	501	483	427	340	227	99			3650
Direta			40	109	175	225	257	267	257	225	175	109	40			1877
Difusa	0	0	61	116	165	202	226	234	226	202	165	116	61	0	0	1777

Fonte: Frota e Schiffer, 1988