

ANTONIO AUGUSTO DE PAULA XAVIER

**PREDIÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM
AMBIENTES INTERNOS COM ATIVIDADES
SEDENTÁRIAS – TEORIA FÍSICA ALIADA A
ESTUDOS DE CAMPO**

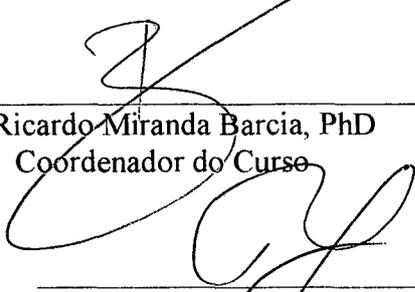
Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

**FLORIANÓPOLIS
2000**

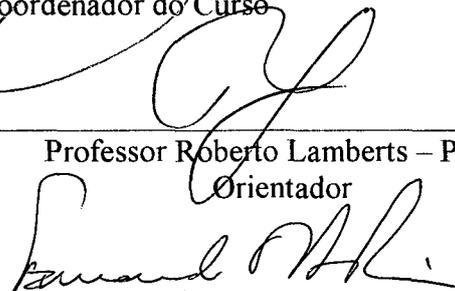
**PREDIÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES INTERNOS
COM ATIVIDADES SEDENTÁRIAS – TEORIA FÍSICA ALIADA A ESTUDOS DE
CAMPO**

Antonio Augusto de Paula Xavier

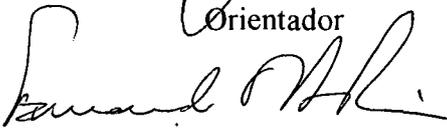
Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



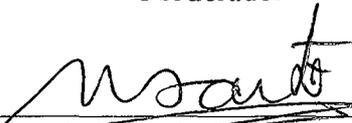
Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Coordenador do Curso



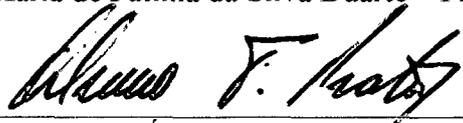
Professor Roberto Lamberts – PhD
Orientador



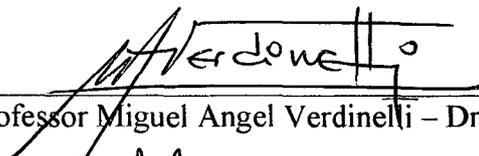
Professor Fernando Oscar Ruttkay Pereira - PhD
Moderador



Professora Maria de Fátima da Silva Duarte – PhD



Professor Alvaro Toubes Prata – PhD



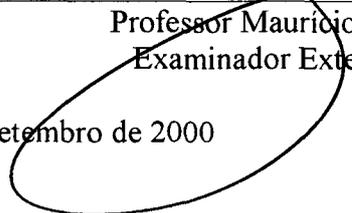
Professor Miguel Angel Verdinelli – Dr.



Professor Miguel Aloysio Sattler – PhD
Examinador Externo



Professor Mauricio Roriz – Dr.
Examinador Externo



Florianópolis, 25 de setembro de 2000

PREDIÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES
INTERNOS COM ATIVIDADES SEDENTÁRIAS – TEORIA
FÍSICA ALIADA A ESTUDOS DE CAMPO

ANTONIO AUGUSTO DE PAULA XAVIER

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção

Orientador: Professor Roberto Lamberts – PhD

Florianópolis
2000

*Dedico esta tese a meus
pais, Buridan e Clélia, pelo
amor, carinho, força e
formação que sempre me
dispensaram e a todos que
acreditaram na execução
dessa pesquisa*

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e instituições foram importantes para a possibilidade de efetivação da presente tese de doutorado. Gostaria de registrar nominalmente meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para o êxito do trabalho.

Ao Professor Doutor **Roberto Lamberts**, do Departamento de Civil da UFSC, pelo brilhantismo, profissionalismo e companheirismo com o qual efetuou a orientação da presente pesquisa e desenvolvimento da tese;

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, **CEFET-PR, Unidade de Pato Branco**, na pessoa de seu Diretor Geral, Professor **Roberto Cândido** e de seu Gerente de Ensino, Professor **João Carlos Chiochetta**, pela liberação de minhas atividades docentes para a realização do trabalho, bem como pela confiança depositada para a realização da pesquisa;

Ao **Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas** e ao **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas** da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo fornecimento dos meios necessários ao desenvolvimento do trabalho;

Aos colegas e amigos do **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações do Núcleo de Pesquisa em Construção**, da Universidade Federal de Santa Catarina, pela força e apoio empenhados durante todo o desenvolvimento do trabalho;

Aos amigos **Fernando Simon Westphal, Ana Lígia Papst de Abreu e Cleber Giordani Volpato**, do LabEEE da UFSC, pela particular amizade, afeto, companheirismo e apoio demonstrado durante todo o período do trabalho;

Às Instituições que possibilitaram o desenvolvimento do trabalho, no sentido de permitir medições em seus ambientes internos ou propiciar meios para a efetuação de medições, mais notadamente a **Escola Técnica Federal de Santa Catarina – UNED São José, Banco Central do Brasil - Brasília, Caixa Econômica Federal – Centro de Processamento de Dados de Recife – PE e Universidade Federal da Paraíba;**

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pelo financiamento da pesquisa efetuada, a título de bolsa de estudos para curso de pós-graduação a nível de doutorado.

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDO	1
1.2 – JUSTIFICATIVA DO TEMA E MOTIVAÇÃO	3
1.2.1 – <i>Precariedade de banco de dados nacionais:</i>	4
1.2.2 – <i>Crêterios conflitantes inseridos no modelo normalizado:</i>	4
1.2.3 – <i>Imprecisões na determina�o da taxa metabólica e no isolamento térmico das vestimentas:</i>	5
1.2.4 – <i>Ausência de fatores subjetivos de adapta�o no modelo do PMV:</i>	5
1.2.5 – <i>Disparidades encontradas quando são comparados os resultados do modelo do PMV com situa�es reais de estudos de campo:</i>	6
1.3 – VINCULA�O DO TEMA COM ÁREAS DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.....	6
1.4 – LIMITA�OES DO TRABALHO	7
1.5 – OBJETIVOS.....	9
1.5.1 – <i>Objetivo Principal:</i>	9
1.5.2 – <i>Objetivos específicos:</i>	9
1.6 – HIPÓTESES.....	10
1.6.1 – <i>Hipótese Geral:</i>	10
1.6.2 – <i>Hipóteses de trabalho:</i>	10
1.7 – RESULTADOS ESPERADOS	10
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 – INTRODU�O.....	12
2.2 – CONFORTO TÉRMICO	14
2.2.1 – <i>Considera�es Gerais:</i>	14
2.2.2 – <i>Defini�es pertinentes:</i>	16
2.2.3 – <i>Importância dos estudos de conforto térmico:</i>	18
2.2.4 – <i>Balanço Térmico entre o homem e o ambiente:</i>	22
2.2.5 – <i>Variáveis de influência no balanço térmico verificado no modelo estacionário</i>	28
2.2.6 – <i>Estudos em câmaras climatizadas, o modelo PMV/PPD</i>	34
2.2.7 – <i>Estudos de campo, abordagem adaptativa</i>	39
2.3 – ESTILO DE VIDA.....	45
2.4 – ANÁLISE CAUSAL, “PATH ANALYSIS” OU ANÁLISE DE FLUXO.....	49
3 – METODOLOGIA	52
3.1 - CARACTERIZA�O DAS VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA SOBRE O CONFORTO TÉRMICO DAS PESSOAS	52
3.2 - DELIMITA�O DO CAMPO DAS PESQUISAS.....	53
3.3 – ESCOLHA E PREPARO DO FERRAMENTAL NECESSÁRIO	54
3.3.1 – <i>Medi�es das variáveis ambientais:</i>	54
3.3.2 – <i>Obten�o das variáveis pessoais:</i>	58
3.3.3 – <i>Medi�es das variáveis ou características individuais:</i>	61
3.3.4 – <i>Medi�o indireta de metabolismo:</i>	62
3.4 – ESCOLHA E DIMENSIONAMENTO DAS AMOSTRAS.....	67
3.5 – ANÁLISES MATEMÁTICAS E ESTATÍSTICAS DOS DADOS	68
3.5.1 – <i>Obten�o dos valores da taxa metabólica média de cada medi�o:</i>	69
3.5.3 – <i>Determina�o das trocas físicas de calor entre o homem e o ambiente:</i>	70
3.5.4 – <i>Predi�o das Sensa�es Térmicas através de análise de regressão múltipla.:</i> ..	71
3.5.5 – <i>Predi�o das sensa�es térmicas através de modelo causal ou de fluxo:</i>	71
3.5.6 – <i>Predi�o da percentagem de pessoas insatisfeitas em cada medi�o:</i>	73
3.5.7 – <i>Análises das temperaturas internas de conforto:</i>	74
3.5.8 – <i>Análises e proposi�o de zonas de conforto:</i>	75

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4.1 – CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA A DETERMINAÇÃO DA TAXA METABÓLICA EM LABORATÓRIO	76
4.1.1 – <i>Dados antropométricos e dados de consumo de oxigênio</i>	76
4.1.2 – <i>Dados de estilo de vida das trinta pessoas voluntárias</i>	88
4.2 – TAXAS METABÓLICAS INDIVIDUAIS EM SITUAÇÃO REAL.....	95
4.3 – VOTO MÉDIO ESTIMADO (PMV) E PERCENTAGEM DE PESSOAS INSATISFEITAS (PPD)	105
4.4 – TROCAS FÍSICAS DE CALOR ENTRE O HOMEM E O AMBIENTE.....	109
4.5 – PREDIÇÃO DAS SENSações TÉRMICAS ATRAVÉS DE ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA	122
4.6 – PREDIÇÃO DAS SENSações TÉRMICAS ATRAVÉS DE MODELO CAUSAL OU MODELO DE FLUXO	129
4.7 – PREDIÇÃO DA PERCENTAGEM DE PESSOAS INSATISFEITAS EM CADA MEDIÇÃO.....	138
4.8 – ANÁLISES RELATIVAS ÀS TEMPERATURAS INTERNAS DE CONFORTO.....	144
4.9 – LIMITES ENCONTRADOS PARA A SITUAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO	147
5 – CONCLUSÕES	155
5.1 – PREDIÇÃO DA TAXA METABÓLICA.....	155
5.2 – O VOTO MÉDIO ESTIMADO - PMV	157
5.3 – PREDIÇÃO DAS SENSações TÉRMICAS ATRAVÉS DE ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA	160
5.4 – PREDIÇÃO DAS SENSações TÉRMICAS ATRAVÉS DE MODELO CAUSAL.....	162
5.5 – PERCENTAGEM DE PESSOAS INSATISFEITAS COM O AMBIENTE	166
5.6 – TEMPERATURA INTERNA DE CONFORTO	169
5.7 – ZONAS DE CONFORTO TÉRMICO.....	170
6 – SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS.....	175
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	177
8 - ANEXOS	184
8.1 – ANEXO A: CROQUIS E FOTOS DOS LOCAIS DAS MEDIÇÕES	184
8.2 – ANEXO B: TOTAL DAS MEDIÇÕES EFETUADAS.....	187
8.3 – ANEXO C: QUESTIONÁRIO DE OBTENÇÃO DAS VARIÁVEIS PESSOAIS.....	193
8.4 - ANEXO D: QUESTIONÁRIOS DE CARACTERÍSTICAS INDIVIDUAIS.....	195
8.5 – ANEXO E: MEDIÇÕES INDIRETAS DE METABOLISMO NO LABEEE	198
8.6 – ANEXO F: TOTAL DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO.....	213
8.7 – ANEXO G: EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÕES DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E METABOLISMO.	226
8.8 – ANEXO H: DADOS UTILIZADOS NA ANÁLISE CAUSAL.....	233
8.9 – ANEXO I: TABELA PARA A DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE PESSOAS INSATISFEITAS.....	239
8.10 – ANEXO J: DADOS UTILIZADOS NA ANÁLISE PROBIT	247

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Esquema representativo dos estudos sobre conforto térmico	13
FIGURA 2.2: Modelo de carta psicrométrica	31
FIGURA 2.3: Fatores que influenciam o estilo de vida	46
FIGURA 2.4: Representação esquemática do processo metabólico	47
FIGURA 2.5: Exemplo de diagrama de fluxo, ou diagrama causal	49
FIGURA 3.1: Processo de medição do consumo de O ₂ , realizado no LabEEE	66
FIGURA 3.2: Representação do modelo causal	72
FIGURA 4.1: Distribuição de frequências absolutas da variável idade	80
FIGURA 4.2: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável idade	80
FIGURA 4.3: Distribuição de frequências absolutas da variável altura	82
FIGURA 4.4: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável altura	82
FIGURA 4.5: Distribuição de frequências absolutas da variável massa corporal	84
FIGURA 4.6: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável massa corporal	84
FIGURA 4.7: Distribuição de frequências absolutas da variável taxa metabólica determinada pela ISO 8996/1990	86
FIGURA 4.8: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável taxa metabólica determinada pela ISO 8996/1990	87
FIGURA 4.9: Distribuição de frequências absolutas da variável Atividade Física	90
FIGURA 4.10: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável Atividade Física	90
FIGURA 4.11: Distribuição de frequências absolutas da variável Nível de Estresse	92
FIGURA 4.12: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável Nível de Estresse	92
FIGURA 4.13: Distribuição de frequências absolutas da variável Hábitos de Alimentação	94
FIGURA 4.14: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável Hábitos de Alimentação	94
FIGURA 4.15: Esquema da divisão da distribuição normal da taxa metabólica	101
FIGURA 4.16: Taxas metabólicas dos voluntários em laboratório	103
FIGURA 4.17: Variação do PMV e Sensações Térmicas das primeiras 65 medições	106
FIGURA 4.18: Variação do PMV e Sensações Térmicas das medições de 66 a 189	106
FIGURA 4.19: Variação do PMV e Sensações Térmicas das medições de 190 a 279	107
FIGURA 4.20: Variação do PMV e Sensações Térmicas de todas as 279 medições	107
FIGURA 4.21: Variação da Percentagem de Pessoas Insatisfeitas, PPD e Insatisfeitos Reais Verificados, I, nas 279 medições	108
FIGURA 4.22: Distribuição de frequências absolutas da variável C _{RES}	111
FIGURA 4.23: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável C _{RES}	111
FIGURA 4.24: Distribuição de frequências absolutas da variável E _{RES}	113
FIGURA 4.25: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável E _{RES}	113
FIGURA 4.26: Distribuição de frequências absolutas da variável E _{dsk}	115
FIGURA 4.27: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável E _{dsk}	115
FIGURA 4.28: Distribuição de frequências absolutas da variável E _{esk}	117
FIGURA 4.29: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável E _{esk}	117
FIGURA 4.30: Distribuição de frequências absolutas da variável R	119
FIGURA 4.31: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável R	119
FIGURA 4.32: Distribuição de frequências absolutas da variável C	121
FIGURA 4.33: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável C	121
FIGURA 4.34: Correlação entre as sensações relatadas e as preditas pelo modelo de regressão	126
FIGURA 4.35: Correlação entre as sensações relatadas e as preditas pelo modelo de ajuste exponencial	127
FIGURA 4.36: Correlação entre as sensações relatadas e as preditas pelo modelo do PMV	127
FIGURA 4.37: Variação das sensações e PMV nas 90 medições	128
FIGURA 4.38: Diagrama de Fluxo ou Causal ("Path Diagram"), do modelo analisado	130
FIGURA 4.39: Classificação dos efeitos dos mecanismos de troca de calor sobre as sensações térmicas	133

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.40: Contribuição dos mecanismos de trocas de calor relativa aos efeitos diretos sobre as sensações térmicas	133
FIGURA 4.41: Contribuição dos mecanismos de trocas de calor relativa aos efeitos indiretos sobre as sensações térmicas	134
FIGURA 4.42: Contribuição dos mecanismos de trocas de calor relativa aos efeitos indeterminados sobre as sensações térmicas	134
FIGURA 4.43: Classificação dos efeitos totais, de acordo com os respectivos mecanismos de trocas de calor, sobre as sensações térmicas	135
FIGURA 4.44: Contribuição dos efeitos totais de cada mecanismo de troca de calor sobre as sensações térmicas	135
FIGURA 4.45: Correlação entre as sensações térmicas relatadas pelas pessoas e as sensações térmicas previstas pelo modelo causal	137
FIGURA 4.46: Variações das sensações relatadas e previstas pelo modelo causal	137
FIGURA 4.47: Ajuste não linear por comparação direta entre os votos de sensações e preferências térmicas	138
FIGURA 4.48: Ajuste não linear, considerando como insatisfeitos os que votaram +3, +2, -3, -2 e 50% dos que votaram +1 ou -1 na escala de percepções térmicas	139
FIGURA 4.49: Ajuste não linear, considerando como insatisfeitos os que votaram +3, +2, -3, -2 e nenhum dos que votaram +1 ou -1 na escala de percepções térmicas	140
FIGURA 4.50: Ajuste não linear, considerando como insatisfeitos todos os que votaram +3, +2, +1, -3, -2 e -1 na escala de percepções térmicas	141
FIGURA 4.51: Análises de insatisfeitos por ajustes não lineares	142
FIGURA 4.52: Comparativo entre o ajuste PMV/PPD e S_p/I_p	143
FIGURA 4.53: Curva de ajuste da regressão linear entre a temperatura operativa e a sensação térmica relatada	144
FIGURA 4.54: Ajuste não linear da percentagem de insatisfeitos em função da temperatura operativa	146
FIGURA 4.55: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios não condicionados, na região de Florianópolis	148
FIGURA 4.56: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios não condicionados, na região de Florianópolis	149
FIGURA 4.57: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios condicionados, na região de Florianópolis	150
FIGURA 4.58: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios condicionados, na região de Florianópolis	150
FIGURA 4.59: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios condicionados, na região de Brasília	151
FIGURA 4.60: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios condicionados, na região de Brasília	152
FIGURA 4.61: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios condicionados, na região de Recife	153
FIGURA 4.62: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios condicionados, na região de Recife	153
FIGURA 5.1: Ajuste entre o PMV e as sensações relatadas, para as 65 primeiras medições onde a taxa metabólica foi considerada constante e igual a $70W/m^2$	158
FIGURA 5.2: Ajuste entre o PMV e as sensações relatadas, para as 90 últimas medições onde a taxa metabólica foi determinada em função das características individuais das pessoas	159
FIGURA 5.3: Ajuste entre as sensações previstas por análise de regressão múltipla e as sensações reais	161
FIGURA 5.4: Tendências de sensibilidade de calor ao frio, relatadas e previstas	165
FIGURA 5.5: Variabilidade da percentagem de pessoas insatisfeitas no interior da zona aceitável termicamente	168
FIGURA 5.6: Comparação entre insatisfeitos determinados pelo trabalho e PPD	168
FIGURA 5.7: Desenho esquemático das zonas de conforto para ambientes em Florianópolis e a proposta de Givoni	171
FIGURA 5.8: Zona de conforto encontrada para ambientes condicionados em Brasília	173
FIGURA A.1: Croquis das salas de aula da ETFSC, de Florianópolis, pesquisadas	184

LISTA DE FIGURAS

em 1997	
FIGURA A.2: Vista interna das salas de aula pesquisadas em 1997	184
FIGURA A.3: Croquis de ambiente interno medido no Banco Central em Brasília, 1998	185
FIGURA A.4: Croquis de ambiente interno medido no Banco Central em Brasília, 1998	185
FIGURA A.5: Croquis de ambiente interno medido no Banco Central em Brasília, 1998	185
FIGURA A.6: Vista interna de ambiente medido na Caixa Econômica Federal, Recife - 1999	186
FIGURA A.7: Vista interna de ambiente medido na Caixa Econômica Federal, Recife - 1999	186
FIGURA G.1: Estação Microclimática BABUC-A	226
FIGURA G.2: Equipamento THERMAL COMFORT DATA LOGGER - TYPE 1221	227
FIGURA G.3: Dispositivo registrador de dados do equipamento BABUC-A	227
FIGURA G.4: Psicrômetro de aspiração forçada BABUC-A	228
FIGURA G.5: Termômetro de globo BABUC-A	228
FIGURA G.6: Anemômetro de fio quente BABUC-A	229
FIGURA G.7: Dispositivo registrador de dados do equipamento TYPE 1221	229
FIGURA G.8: Transdutor para medição de temperatura do ar, do equipamento TYPE 1221	230
FIGURA G.9: Transdutor para medição de temperatura operativa, equipamento TYPE 1221	230
FIGURA G.10: Psicrômetro a espelho do equipamento TYPE 1221	231
FIGURA G.11: Anemômetro a esfera aquecida do equipamento TYPE 1221	232
FIGURA G.12: Equipamento TEEM 100 utilizado nas medições de consumo de oxigênio	233

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: Resultados de análise de conferência comparativa do termômetro de bulbo seco	56
TABELA 3.2: Resultados da análise de conferência comparativa da umidade relativa do ar	58
TABELA 3.3: Resultados da análise de conferência comparativa da temperatura de globo	58
QUADRO 1: Escalas de percepção ou de sensações existentes e normalizadas	59
QUADRO 2: Escala de percepção ou de sensação sugerida por NICOL	59
QUADRO 3: Escalas de percepção ou de sensações utilizadas neste trabalho	60
QUADRO 4: Escalas de preferências utilizadas neste trabalho	60
TABELA 3.4: Níveis para a determinação da taxa metabólica	63
TABELA 4.1 – Dados referentes aos voluntários das medições de consumo de oxigênio	77
TABELA 4.2: Resumo descritivo da variável idade	79
TABELA 4.3: Resumo descritivo da variável altura	81
TABELA 4.4: Resumo descritivo da variável massa corporal	83
TABELA 4.5: Resumo descritivo da variável taxa metabólica determinada pela ISO 8996	85
TABELA 4.6: Dados de estilo de vida da amostra pesquisada em laboratório	88
TABELA 4.7: Resumo descritivo da variável Atividade Física	89
TABELA 4.8: Resumo descritivo da variável Nível de Estresse	91
TABELA 4.9: Resumo descritivo da variável Hábitos de Alimentação	93
TABELA 4.10: Resultados da análise de regressão entre a taxa metabólica e as variáveis morfológicas e de estilo de vida dos voluntários em laboratório	96
TABELA 4.11: Resultados da análise de regressão entre a taxa metabólica e as variáveis idade e área de superfície de pele dos voluntários em laboratório	98
TABELA 4.12: Resultados da análise de regressão entre a taxa metabólica e as variáveis idade e massa corporal dos voluntários em laboratório	99
TABELA 4.13: Taxas Metabólicas determinadas e previstas dos voluntários em laboratório	102
TABELA 4.14: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor sensível pela respiração	110
TABELA 4.15: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor latente pela respiração	112
TABELA 4.16: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor latente pela difusão do suor pela pele	114
TABELA 4.17: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor latente pela evaporação do suor pela pele	116
TABELA 4.18: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor sensível por radiação	118
TABELA 4.19: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor sensível por convecção pela pele	120
TABELA 4.20: Resumo estatístico da análise de regressão entre a taxa metabólica e os seis mecanismos de troca de calor (variáveis independentes) com as sensações relatadas (variável dependente)	123
TABELA 4.21: Resumo estatístico da análise de regressão entre a taxa metabólica e os quatro mecanismos de troca de calor significativos (variáveis independentes), com as sensações relatadas (variável dependente)	125
TABELA 4.22: Correlações entre as variáveis envolvidas na análise causal	130
TABELA 4.23: Sistema resolutivo de equações para os coeficientes de fluxo	131
TABELA 4.24: Coeficientes de Fluxo ou coeficientes causais representativos dos efeitos diretos das variáveis exógenas sobre as endógenas do modelo	131
TABELA 4.25: Temperaturas e amplitudes de temperaturas para conforto térmico	147
TABELA B.1: Medições efetuadas nos anos de 1997, 1998 e 1999	187
TABELA 1: Dados da medição de taxa metabólica da amostra 1	199
TABELA 2: Dados da medição de taxa metabólica da amostra 2	199
TABELA 3: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 3	200
TABELA 4: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 4	200
TABELA 5: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 5	201

LISTA DE TABELAS

TABELA 6: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 6	201
TABELA 7: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 7	202
TABELA 8: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 8	202
TABELA 9: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 9	203
TABELA 10: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 10	203
TABELA 11: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 11	204
TABELA 12: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 12	204
TABELA 13: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 13	205
TABELA 14: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 14	205
TABELA 15: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 15	206
TABELA 16: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 16	206
TABELA 17: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 17	207
TABELA 18: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 18	207
TABELA 19: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 19	208
TABELA 20: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 20	208
TABELA 21: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 21	209
TABELA 22: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 22	209
TABELA 23: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 23	210
TABELA 24: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 24	210
TABELA 25: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 25	211
TABELA 26: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 26	211
TABELA 27: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 27	212
TABELA 28: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 28	212
TABELA 29: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 29	213
TABELA 30: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 30	213
TABELA 1: 189 Medições, considerando a taxa metabólica constante	214
TABELA 2: 90 Medições, onde foi determinada a taxa metabólica, por análise de regressão	218
TABELA 3: Valores determinados para PMV e PPD pelo método de Fanger bem como Sensações, Preferências e Percentual de Insatisfeitos coletados	220
TABELA H.1: Tabela com os votos de sensações e preferências nas medições de 66 até a 279	240

A predição da situação de conforto térmico de usuários de ambientes internos de edificações desempenhando atividades sedentárias, é normalmente feita utilizando-se a metodologia prevista na ISO 7730 (1994), através do modelo do PMV/PPD.

A aplicação generalizada desse modelo, para distintas situações geográficas de edificações e populações analisadas, tem mostrado pouca convergência entre os resultados por ele apresentados e as sensações de conforto térmico relatadas pelas pessoas.

O modelo baseia-se no princípio físico do balanço térmico entre o homem e o ambiente, correlacionando as sensações térmicas das pessoas à carga térmica atuando sobre o corpo, a qual é definida como sendo a diferença entre a produção interna de calor pelo corpo, através da taxa metabólica, e os mecanismos de transferência de calor do corpo para o ambiente.

Essa metodologia pode levar a predições de sensações térmicas não correspondentes à realidade, uma vez que não considera algumas características individuais das pessoas analisadas ao correlacionar os processos físicos de transferência de calor com um processo subjetivo das pessoas, que são suas sensações. Tal fato já foi apontado por outros pesquisadores, como Humphreys e Nicol (1996).

O objetivo principal deste trabalho, é apresentar uma metodologia de predição das sensações térmicas de pessoas desempenhando atividades sedentárias, oriunda de estudos de campo. Para tal leva em consideração os mecanismos físicos de troca de calor, mas também as características pessoais dos indivíduos pesquisados, iniciando-se para isto com a análise e proposição de um algoritmo para a determinação da taxa metabólica a partir de medições de consumo de oxigênio e características antropométricas e individuais das pessoas.

A metodologia preditiva proposta, baseou-se em uma análise estatística causal entre as sensações térmicas de pessoas desempenhando atividades sedentárias, porém com taxas metabólicas diferenciadas, e os mecanismos de troca de calor; a qual possibilitou, além da predição das sensações térmicas, a verificação dos efeitos de cada mecanismo de troca de calor sobre as sensações humanas.

Os resultados obtidos pelo algoritmo apresentado mostraram-se mais representativo com a realidade encontrada, do que aqueles obtidos através da

utilização do modelo do PMV/PPD, sendo que o coeficiente de determinação ou ajuste de ambos com as sensações relatadas foram da ordem de $R^2 = 0,90$ e $R^2 = 0,66$ respectivamente.

As análises visando o estabelecimento de limites aceitáveis da temperatura e umidade do ar, que não causem desconforto aos usuários foram efetuadas, as quais mostraram, além de diferenças com relação à zona de conforto proposta para o Brasil por Givoni (1992), diferenças de zonas de conforto entre ambientes localizados em distintas regiões geográficas do Brasil e também entre ambientes condicionados termicamente ou não.

Os resultados obtidos neste trabalho, contribuíram com as pesquisas e entendimentos sobre conforto térmico e interação térmica entre o homem e o ambiente. Através da utilização da metodologia proposta para a predição de sensações térmicas de pessoas desempenhando atividades sedentárias, espera-se a obtenção de resultados mais próximos aos encontrados na realidade cotidiana, sendo que com isso a intervenção profissional no sentido de adequar ou se conceber espaços e ambientes internos se torne mais eficiente e eficaz no fornecimento de conforto térmico aos usuários de edificações.

ABSTRACT

The prediction of thermal comfort of building users in sedentary activities, is normally made using the methodology suggest by ISO 7730 (1994), through PMV/PPD model.

The widespread use of this model, for different population and geographic situations, has shown little agreement with reported sensations of people.

The model is based on the thermal balance between the man and the environment, making the relationship of people's thermal sensations and the thermal load on the body, that is, the difference between the heat generated by the body, through the metabolic rate and heat transfer from the body to the environment.

The results from this methodology are different from those found in reality, because it does not consider the individual characteristics of people. This fact has been pointed out by others, like Humphreys and Nicol (1996).

The aim of this work, is to present a predictive methodology of thermal sensations for people developing sedentary activities, based on field studies. It considers the heat transfer mechanisms as well as the personal characteristics of subjects. The prediction of the metabolic rate is based on measurements of oxygen consumption and individual characteristics of the individuals.

The model developed was obtained by statistics causal analysis between the reported vote of the persons with different metabolic rates, but developing the same activity, and the heat transfer mechanisms.

The model obtained, showed better agreement between the predicted sensations and the reported sensations, than the PMV model. The determinations coefficients encountered when using both methodologies were $R^2 = 0,90$ and $R^2 = 0,66$ respectively.

The limits of temperature and humidity, for the comfort zone, obtained from this study, was different from Givoni's comfort zone, been used in Brazil. Differences also were found for different geographic regions and for naturally and conditioned buildings.

The results of this work has contributed to a better understanding of the thermal comfort sensation of the Brazilian population in sedentary activities.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Identificação do estudo

O trabalho executado como requisito para tese de doutorado, versou sobre análises de situações de conforto térmico de usuários de edificações onde são realizadas atividades sedentárias, e foi assim intitulado:

“Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias, baseada nos mecanismos físicos de troca de calor e em medições efetuadas em campo”.

A condição de conforto térmico a que está sujeita uma pessoa em um ambiente interno, é normalizada através da Norma Internacional ISO 7730 (1994), a qual é baseada nos estudos realizados por Fanger (1970), na Dinamarca. Esses estudos que foram realizados em câmaras climatizadas, onde o pesquisador possui total controle sobre as condições ambientais, analisaram as respostas psicofisiológicas relativas a percepção térmica de um grande grupo de pessoas quando submetidas a variações ambientais efetuadas na câmara climatizada. Eles se basearam no modelo físico de balanço de calor entre o homem e o meio ambiente, através do qual todo o calor gerado pelo organismo humano pela execução de atividades deve ser dissipado em igual proporção ao ambiente, a fim de que não haja nem acúmulo nem perda excessiva de calor no interior do organismo.

Dessa maneira, o organismo humano pode ser comparado à uma “máquina térmica”, a qual gera calor quando executa algum tipo de trabalho. O calor gerado pelo organismo deve então ser dissipado em igual proporção ao ambiente, para que não se eleve nem diminua a temperatura interna do corpo. Como o homem é um animal homotérmico, isto é, deve manter praticamente constante sua temperatura corporal, esses desequilíbrios ocasionados entre a geração e a dissipação de calor

pelo organismo podem causar sensações desconfortáveis, ou mesmo patologias em casos mais extremos (estresse térmico).

Os estudos de Fanger anteriormente citados, geraram então um modelo analítico para a determinação das condições de conforto térmico, conhecido como modelo do PMV, "*Predicted Mean Vote*", ou "*Voto Médio Estimado*", que também pode ser entendido como "*sensação analítica de conforto térmico*". Esse modelo leva em consideração seis variáveis, sendo quatro variáveis ambientais, como *temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade do ar*, e duas variáveis pessoais ou subjetivas, *taxa metabólica ou produção de calor pelo organismo* (devido ao trabalho executado) e *isolamento térmico das vestimentas utilizadas*. Essas seis variáveis caracterizam por sua vez, os mecanismos de troca de calor interagindo entre o homem e o ambiente, que formam o modelo físico de balanço de calor, quais sejam:

- Taxa de produção de calor pelo organismo (taxa metabólica);
- Taxa de perda de calor por convecção da respiração;
- Taxa de perda de calor por evaporação da respiração;
- Taxa de perda de calor por convecção pela pele;
- Taxa de perda de calor por radiação pela pele;
- Taxa de perda de calor por evaporação e dissipação do suor pela pele.

Para o balanço térmico entre o homem e o ambiente ser verificado, a taxa de produção de calor pelo organismo ou taxa metabólica, deve ser igual ao somatório das taxas de perda de calor para o ambiente, citadas anteriormente. Quando essa igualdade não é verificada, diz-se que há uma carga térmica atuando sobre a pessoa, a qual será positiva se estiver ocorrendo acúmulo de calor no organismo e será negativa se estiver ocorrendo uma perda excessiva de calor do corpo para o ambiente. A existência da carga térmica atuando sobre a pessoa, caracteriza a condição de desconforto térmico verificado por essa pessoa, quer seja desconforto por frio ou desconforto por calor.

Nos últimos trinta anos, muitos outros estudos sobre conforto térmico foram realizados, não mais em câmaras climatizadas, mas sim em situações reais do cotidiano, mais notadamente os estudos realizados por Auliciems (1969), Humphreys (1976), Nicol (1993) e no Brasil mais recentemente os realizados por Araújo (1996) e Xavier e Lamberts (1999).

As duas correntes de pesquisa, em câmaras climatizadas e através de estudos de campo, embora oriundas de metodologias distintas e com resultados também distintos, possuem o mesmo objetivo final: A busca das condições que mais satisfaçam o ser humano, com relação às suas sensações térmicas.

A pesquisa efetuada, buscou apresentar uma nova metodologia para a determinação das condições de conforto térmico, através de pesquisas de campo, onde além de serem levadas em consideração as seis variáveis de influência já citadas anteriormente, foram analisadas outras variáveis de caráter individual que possam influenciar o conforto térmico, mais notadamente a taxa de produção de calor pelo organismo. Estas outras variáveis foram referenciadas como relativas ao estilo de vida, no que diz respeito a hábitos de atividades físicas, hábitos alimentares e nível de estresse verificado pelas pessoas, além de idade, sexo e composição corporal. Além dessa individualização ou personalização da determinação da sensação térmica verificada pelas pessoas, foram analisados, através de análises estatística de modelos causais os efeitos das variáveis e dos respectivos mecanismos de troca de calor, sobre as sensações térmicas, efeitos esses que podem ser caracterizados como diretos, indiretos ou indeterminados. Buscou-se, com a adoção dessa metodologia a revisão dos mecanismos de troca de calor entre o homem e o ambiente, através de medições reais e análises estatísticas para a determinação da taxa metabólica de produção de calor.

1.2 – Justificativa do tema e motivação

Alguns pontos referentes ao assunto, e mais especificamente com relação ao convencionado e normalizado pela ISO 7730 (1994), foram fatores motivadores à execução da pesquisa, tais como:

1.2.1 – Precariedade de banco de dados nacionais:

Os poucos dados existentes a respeito das condições de conforto térmico acerca do povo brasileiro, fazem com que parâmetros e limites estipulados por pesquisas realizadas em outros países, de condições climáticas bastante diversas das que aqui são encontradas, sejam utilizados quando necessário. Era praticamente total a ausência de dados nacionais até meados de 1996, quando então foram publicados os resultados de pesquisa efetuada por Araújo (1996), em ambientes escolares do litoral nordestino brasileiro, mais notadamente no Rio Grande do Norte. Mais recentemente foi publicada pesquisa realizada por Xavier (1999), acerca de condições e parâmetros relativos ao conforto térmico de estudantes, na região de Florianópolis, S.C. Ambas as pesquisas sugerem resultados bastante distintos daqueles preconizados pela ISO 7730 (1994). Apesar da publicação destes trabalhos, ainda é limitado o banco de dados nacionais, principalmente em outras regiões do Brasil, haja visto as dimensões continentais do país.

Essa precariedade fica bem enfatizada através de trabalho de Dear (1998), o qual apresenta um projeto de pesquisas financiado pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*), denominado de ASHRAE Report Project-884. Esse estudo apresenta os locais que possuem banco de dados a respeito das condições de conforto térmico, e nota-se que nem o Brasil nem tampouco a América do Sul figuram entre eles. Os dados do projeto podem ser encontrados no Web Site da Universidade MacQuaire, Austrália, ASHRAE RP-884 (http://atmos.es.mq.edu.au/~rdedear/ashrae_rp884_home.html).

1.2.2 – Critérios conflitantes inseridos no modelo normalizado:

Segundo Humphreys e Nicol (1996), o modelo do PMV foi definido pela temperatura média da pele e pela taxa de secreção de suor em função da atividade desempenhada, enquanto sua extensão para a equação do PMV definiu os requisitos para conforto como função da carga térmica atuando sobre o corpo. Os autores argumentam que essas duas considerações introduzem a possibilidade de estimativas conflitantes da sensação térmica, e que seria necessário abandonar o conceito de

carga térmica como um critério de sensação térmica, e se basear na temperatura da pele e na taxa de secreção de suor.

1.2.3 – Imprecisões na determinação da taxa metabólica e no isolamento térmico das vestimentas:

A utilização do modelo do PMV, implica no conhecimento prévio ou na estimativa da taxa metabólica (de acordo com a atividade desempenhada), bem como do isolamento térmico das vestimentas utilizadas. Essa estimativa normalmente é feita pela utilização de tabelas existentes nas Normas Internacionais como a ISO 7730 (1994), ISO 8996 (1990) e ISO 9920 (1995), bem como em manuais e guias como o constante na ASHRAE Fundamentals (1997). Como essas tabelas não levam em consideração a maneira pela qual a atividade está sendo desempenhada e se por pessoa adaptada ou não, bem como são limitadas com relação à grande gama de tipos de trajes de roupas existentes, as mesmas apresentam grandes imprecisões em suas estimativas, podendo chegar a 25% para o caso do isolamento térmico das roupas e a mais de 50% na estimativa da taxa metabólica, conforme a própria ASHRAE Fundamentals (1997). Essas imprecisões já foram apontadas por outros autores, como Rohles (1980), Ong (1995) e Dear e Brager (1998), entre outros.

1.2.4 – Ausência de fatores subjetivos de adaptação no modelo do PMV:

O modelo do PMV, por se basear em um modelo físico de trocas de calor entre o homem e o ambiente, não leva em consideração os mecanismos de adaptação das pessoas, e nem seus hábitos e estilos de vida diferenciados, o que segundo alguns autores são tão ou mais importantes do que os próprios mecanismos de troca de calor. Howell e Stramler (1981), Nicol (1993) e Humphreys (1995), entre outros.

1.2.5 – Disparidades encontradas quando são comparados os resultados do modelo do PMV com situações reais de estudos de campo:

Diversas pesquisas tem mostrado que os resultados apresentados pelo modelo do PMV diferem significativamente dos encontrados em pesquisas de campo, quando analisam-se diretamente as sensações térmicas relatadas pelas pessoas. Entre essas pesquisas podem-se citar as de Humphreys (1976), Oseland (1994), Gan e Croome (1994), Araújo (1996), Dear (1998), Xavier e Lamberts (1998) e Xavier e Lamberts (1999), entre outros.

1.3 – Vinculação do tema com áreas do conhecimento científico

Os estudos de conforto térmico, pela sua própria natureza, apresentam caráter multidisciplinar, possuindo ligação estreita com a área de Engenharia, em várias de suas modalidades, de Arquitetura, das Ciências da Saúde e Ciências Humanas.

Para a concepção de um ambiente adequado, em termos de conforto térmico, deve-se ter a clara noção e conhecimento do local onde o mesmo irá ser edificado, em termos de clima e estratégias que possam ser utilizadas, conhecimento esse que é obtido através de estudos de bioclimatologia, inseridos por sua vez na Arquitetura.

Entre um dos objetivos dos estudos de conforto térmico, encontra-se a conservação de energia, bem como a busca por fontes alternativas de energia. Grandes montantes de recursos são gastos em energia elétrica, para a refrigeração e aquecimento de ambientes. Dessa forma, o pesquisador deve se aprofundar em estudos de eficiência energética e desempenho térmico de materiais e equipamentos para atingir seus objetivos. Esses estudos encontram-se inseridos nas diversas áreas da Engenharia; tanto Civil com relação à materiais de construção e técnicas construtivas; como Mecânica com relação aos processos de transferência de calor e

propriedades termofísicas dos materiais, bem como com estudos a respeito de equipamentos de medição e coleta de dados; além da Engenharia de Produção, devido ao relacionamento existente entre o estudo em questão e a ergonomia, a qual visa a adaptação dos ambientes e das condições de trabalho ao homem; e também da Engenharia Elétrica no entendimento dos aspectos relacionados à demanda e consumo de equipamentos elétricos e afins.

Todo o processo de balanço térmico entre o homem e o ambiente, tem seu início na determinação da taxa metabólica, ou produção de calor pelo organismo, o qual deve ser dissipado em igual proporção ao ambiente. Como um dos propósitos desse trabalho é a investigação sobre as diferenças de produção de calor pelo organismo de pessoas desempenhando as mesmas atividades, deve-se ter conhecimento da área de Fisiologia. Esse conhecimento diz respeito tanto ao processo metabólico em si, como sobre fatores que possam alterar esse processo, como aptidão física, hábitos alimentares e composição corporal, bem como o nível de estresse a que possa estar submetida a pessoa. Os processos orgânicos internos, como correlação entre a temperatura corporal e a temperatura da pele e taxa metabólica com a temperatura da pele e sudorese, também devem ser conhecidos. Todos esses tópicos são objetos de estudos de áreas específicas dentro da Medicina, Educação Física e Psicologia.

Hábitos, costumes e especificidades da população analisada, como etnia, hábitos sociais e religiosos e padrões comunitários, também são levados em consideração nos estudos de conforto térmico, sendo que os mesmos fazem parte dos estudos de Ergonomia, Sociologia e Pedagogia.

1.4 – Limitações do trabalho

Tendo em vista o aspecto multidisciplinar dos estudos de conforto térmico, bem como a imensa gama de situações e características nas quais o mesmo pode ser

analisado, e também o caráter multivariado que o envolve, o trabalho em questão apresentou limitações de ordem espacial e temporal, visando sua viabilidade.

A pesquisa, buscando a determinação de parâmetros e condições de conforto térmico através de metodologia oriunda de estudos de campo, foi efetuada em ambientes internos, condicionados e não condicionados, com pessoas realizando atividades sedentárias. Esses ambientes, em sua grande maioria ambientes de escritório, se bem que salas de aula também foram analisadas, eram ocupados por adultos na faixa etária de 18 a 50 anos, de ambos os sexos. Não foram analisados nesse estudo, as diferenças e distinções entre os dados encontrados e os parâmetros e condições propícias para crianças e idosos especificamente.

Ambientes onde são realizados outros tipos de atividades, como atividade industrial em geral, práticas esportivas, atividades domésticas entre outras, não foram objeto de estudo desse trabalho. Torna-se temeroso, então, a extrapolação de dados daqui extraídos para análises e predições desses outros tipos de atividades.

Os ambientes aqui analisados, foram basicamente ambientes internos e condicionados da Eletrosul, SESI, Hospital Universitário e Universidade Federal em Florianópolis, S.C., do Banco Central do Brasil em Brasília, D.F., e da Caixa Econômica Federal em Recife, PE. Também foram analisados ambientes internos não condicionados da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis, S.C. e da Escola Técnica Federal de Santa Catarina em São José, S.C. . Os croquis e fotos representativas dos ambientes encontram-se no Anexo A.

Por se tratar de medições efetuadas em ambientes nos quais as pessoas encontram-se no desempenho de suas atividades rotineiras, as datas e os períodos das medições foram aquelas que não prejudicassem o desempenho normal das atividades. As medições foram realizadas nos anos de 1997, 1998, 1999, em datas referentes a todas as estações climáticas do ano, e o período de cada medição é variável desde 15 minutos até 8 horas. No anexo B encontra-se tabela das medições efetuadas.

Muito embora as limitações espaciais e temporais citadas anteriormente, acredita-se na grande representatividade dos resultados do trabalho, haja visto que os mesmos foram obtidos de observações extraídas de mais de 2000 dados, e este tipo de atividade analisada representa a grande maioria das situações de trabalho encontradas, onde também são alocados grandes recursos para o condicionamento interno.

1.5 – Objetivos

1.5.1 – Objetivo Principal:

Apresentação de metodologia para a predição, visando a obtenção de parâmetros e condições de conforto térmico, baseada nos mecanismos de troca de calor entre o homem e o ambiente e oriunda de estudos de campo.

1.5.2 – Objetivos específicos:

- Obtenção de algoritmo analítico para a determinação da sensação de conforto térmico, a partir dos mecanismos de troca de calor entre o homem e o ambiente;
- Verificação das diferenças entre as condições de conforto térmico em ambientes condicionados e não condicionados;
- Análises e determinação da taxa metabólica, a partir de estudos estatísticos de regressão, envolvendo medições indiretas de taxas metabólicas e características individuais das pessoas;
- Verificação das influências; diretas, indiretas e indeterminadas dos mecanismos físicos de troca de calor na sensação de conforto térmico;
- Análise do percentual de pessoas insatisfeitas em ambientes internos, desempenhando atividades sedentárias;
- Análise de zona de conforto apropriada para pessoas desempenhando atividades sedentárias.

1.6 – Hipóteses

1.6.1 – Hipótese Geral:

A hipótese geral, que direcionou os rumos deste trabalho, é que um algoritmo representativo das sensações térmicas, extraído de pesquisas de campo, e por intermédio de modelos de análises causais ou regressão múltipla, expresse de melhor maneira e com maior fidedignidade as reais sensações térmicas vivenciadas por usuários de edificações, executando atividades sedentárias.

1.6.2 – Hipóteses de trabalho:

- Diversidade de taxas metabólicas de produção de calor para pessoas desempenhando as mesmas atividades, conforme suas características individuais;
- Existência de relacionamento causal entre os mecanismos de trocas de calor entre o homem e o ambiente e as sensações térmicas;
- Diferenciação entre zonas de conforto de acordo com a localização geográfica do ambiente e a existência de condicionamento de ar interno.

1.7 – Resultados esperados

Espera-se, com este trabalho, a apresentação de um algoritmo para a predição da sensação térmica, que melhor represente as sensações térmicas vivenciadas e relatadas pelas pessoas no desempenho de atividades sedentárias.

Espera-se poder concluir também, se um ambiente interno confortável, para o desempenho da atividade analisada, pode ser caracterizado apenas por uma temperatura interna de conforto, ou se são imprescindíveis as considerações sobre as outras variáveis, ambientais ou individuais.

Espera-se também, poder fornecer aos profissionais da área, quer sejam engenheiros, arquitetos, ergonomistas entre outros, uma ferramenta válida e útil para se avaliar e conceber postos e situações de trabalho.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Introdução

Os estudos de conforto térmico tradicionais e convencionais, podem ser subdivididos em dois grupos distintos: (a) os efetuados em câmaras climatizadas ou condições ambientais controladas, como os de Fanger (1970), Hayward et al (1977), Frank et al (1999), entre outros; (b) os efetuados através de pesquisas de campo sem intervenção sobre as condições ambientais, como os de Humphreys (1976), Busch (1992), Nicol (1994), entre outros. O primeiro grupo buscou a análise da situação de conforto térmico baseada ou em modelos físicos de troca de calor entre o homem e o ambiente, sendo que o segundo grupo baseou-se na verificação de parâmetros ambientais, mais notadamente a temperatura, para a qual as pessoas pudessem sentir-se termicamente confortáveis, levando em consideração suas oportunidades de adaptação.

Este trabalho procurará estabelecer uma relação entre os mecanismos físicos de troca de calor, as sensações térmicas relatadas pelas pessoas durante as pesquisas e os hábitos relativos ao estilo de vida das pessoas analisadas. Para tal utilizar-se-ão técnicas não convencionais de análises estatísticas (Análise Causal) e técnicas de medição indireta de taxas de metabolismo, através do consumo de oxigênio.

Este trabalho pode ser enquadrado como um meio termo entre os estudos em câmaras climatizadas, onde o ser humano é considerado como se fosse uma máquina térmica que troca calor com o meio ambiente; e os estudos de campo convencionais, que levam muito mais em consideração as oportunidades de adaptação das pessoas, frente ao meio.

O esquema apresentado na figura 2.1 a seguir, mostra a interação dessa proposta alternativa com os estudos convencionais existentes:

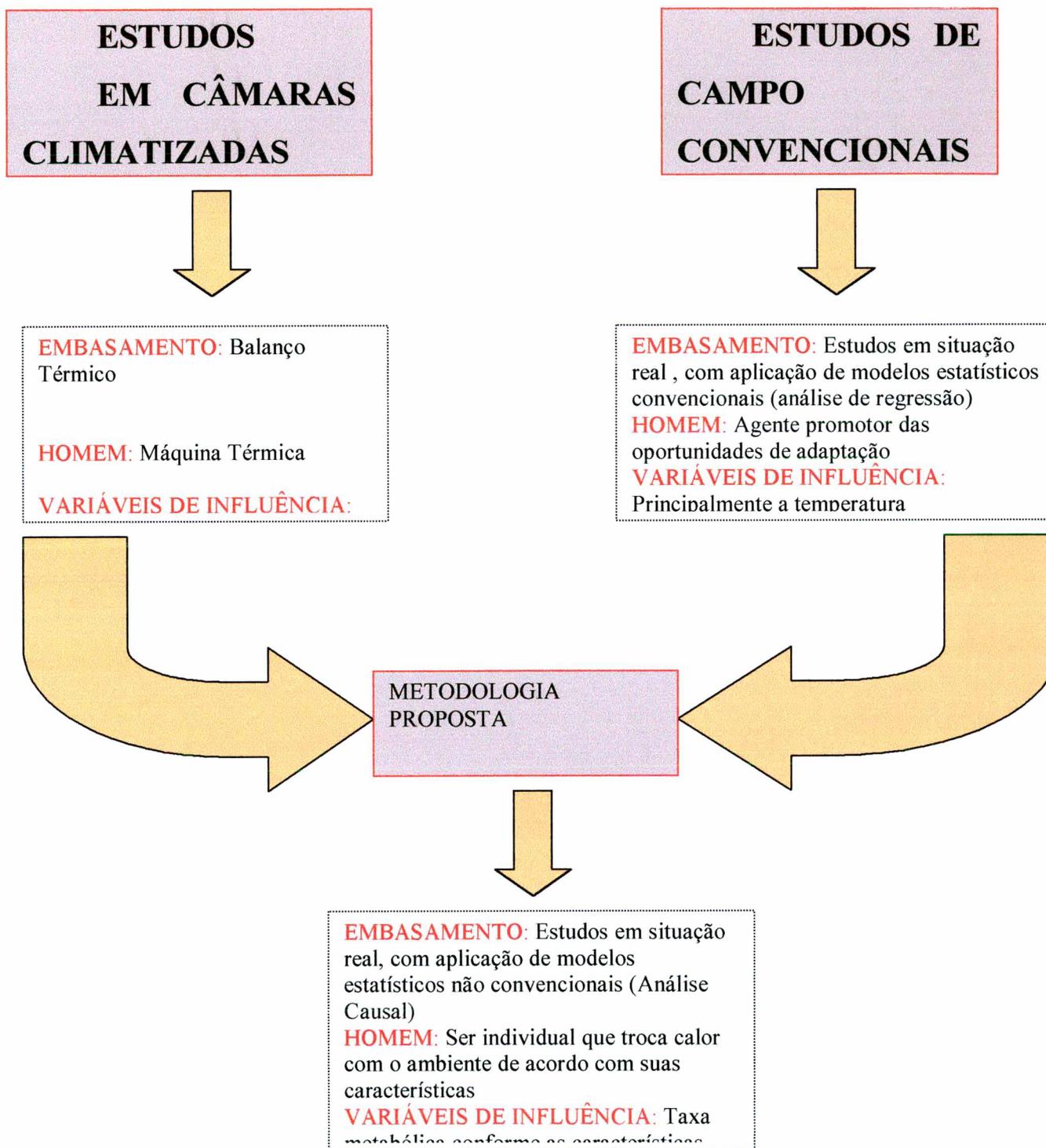


FIGURA 2.1: Esquema representativo dos estudos sobre conforto térmico.

Deste modo, a fim de se buscar uma melhor apresentação da revisão bibliográfica, a mesma contará com três subdivisões em assuntos distintos, quais sejam:

- ***Conforto Térmico, Estilo de Vida e Análise Causal.***

2.2 – Conforto Térmico

2.2.1 – Considerações Gerais:

A busca pelo bem estar físico, fisiológico e psicológico humano, vem de longa data, porém apenas nas últimas décadas tem se intensificado os estudos de conforto térmico de pessoas em ambientes internos.

Segundo Auliciems e Szokolay (1997), Sócrates, já no século IV AC, tinha algumas idéias a respeito da adequabilidade climática de residências e de como construir para se assegurar conforto térmico. Ainda conforme os autores, Vitruvius, no século I DC, também escreveu sobre a necessidade de se considerar o clima nos projetos de edificações, por razões de saúde e de conforto.

Até a Revolução Industrial, não foi dada a devida atenção aos estudos de conforto térmico. Com o impulso da industrialização ocorrido no início do século XX, a visão de que melhores condições ambientais para o desenvolvimento do trabalho eram importantes, começou a frutificar, tendo em vista principalmente a manutenção da saúde e da produtividade do trabalhador. Houghten e Yagloglou (1923), buscaram então delimitar uma “zona de conforto”, efetuando estudos nos laboratórios da ASHVE (*American Society of Heating and Ventilating Engineers*). Já na Inglaterra, a preocupação se deu com relação ao estabelecimento dos limites das condições ambientais para o trabalho, onde Vernon e Warner (1932) e mais tarde Bedford (1936), efetuaram estudos empíricos envolvendo trabalhadores de fábricas.

Após a Segunda Guerra Mundial, mais notadamente nos anos 60, houve uma verdadeira revolução nas relações de trabalho, tendo sido marcante uma visão mais

humanista a respeito do homem-operário, sendo que os estudos de conforto térmico começaram a ter um caráter multidisciplinar, envolvendo profissionais das áreas de Engenharia, Arquitetura, Medicina, Fisiologia e Psicologia. Dentro dessa linha multidisciplinar, Olgyay (1963), foi o precursor em agrupar os resultados das várias áreas de estudo na tentativa de delimitar uma zona de conforto térmico.

No final dos anos 60, em estudo desenvolvido em câmaras climatizadas na Dinamarca, Fanger (1970), correlacionou a sensação térmica das pessoas ao balanço térmico verificado entre o corpo humano e o meio ambiente ao redor. Ao final desse estudo, enunciou sua clássica teoria conhecida como modelo do PMV (*Predicted Mean Vote*), onde a sensação térmica ou PMV, é predito em função do balanço térmico ocorrido.

Segundo Nicol (1993), a interação térmica entre a pessoa e o ambiente é altamente complexa, e tem sido objeto de inúmeros estudos. Os processos internos pelos quais as pessoas produzem e respondem ao calor tem sido estudado por fisiologistas; os sentimentos conscientes das pessoas sobre o ambiente, por psicólogos; e os processos de transferência de calor entre o homem e o ambiente, por físicos. Ainda conforme o autor, a estes três aspectos devem ser somados fatores sociais que determinam a maneira pela qual as pessoas reagem ao ambiente. Questiona então se seria a Engenharia Ambiental ou áreas ligadas às Ciências Sociais que deveriam decidir como as necessidades dos usuários poderiam ser satisfeitas nas edificações.

Atualmente, vários estudos de campo tem sido realizados em diversas regiões do planeta (Xavier, 2000; Araújo, 1996; Baker e Standeven, 1995; Nicol et al, 1994; Humphreys, 1976), além de vários outros. Os resultados desses estudos diferem daqueles encontrados por Fanger (1970), principalmente por terem sido realizados em realidades totalmente distintas das encontradas em uma câmara climatizada. Essa distinção geográfica acentua-se no caso brasileiro, onde conforme Ruas (1999), o Brasil possui uma grande extensão territorial e por isso, apresenta diferentes regimes de chuvas e temperaturas. De norte a sul, encontra-se uma grande variabilidade de climas, com distintas características regionais.

De acordo com Auliciems e Szokolay (1997), porém, a atitude hoje em vigor, pode ser melhor refletida por uma conversa entre dois profissionais (depois da crise de energia dos anos 70): **Engenheiro:** “*Eu não posso entender porque, vocês*

arquitetos, tentam expropriar os aspectos ligados à energia em edificações; sendo que depois de tudo, são nossos equipamentos que irão usar a energia”. Arquiteto: “Sim, mas se eu conceber uma boa edificação, eu não vou necessitar de seus equipamentos de condicionamento”.

2.2.2 – Definições pertinentes:

O conforto térmico pode ser analisado sob dois aspectos distintos: (a) do ponto de vista pessoal; (b) do ponto de vista ambiental.

O *aspecto pessoal*, é aquele onde uma determinada pessoa que se encontre em um determinado ambiente esteja em estado confortável com relação à sua sensação térmica.

Em estudos realizados em câmaras climatizadas, Fanger (1970), define conforto térmico como sendo: **“uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”**. Com a posterior normalização dos estudos de conforto térmico, através da ASHRAE 55 (1992), e ISO 7730 (1994), essa tornou-se a clássica definição de conforto térmico. Com uma visão crítica com relação ao caráter psicológico dessa definição, *...condição da mente...*, Rohles (1980), adverte que na maioria dos estudos de conforto térmico analisam-se conjuntamente a temperatura do corpo, *que seria uma condição do corpo*, e as sensações relatadas pelas pessoas, *que seriam uma condição da mente*. Com essa advertência, o autor argumenta que os estudos convencionais não levam em consideração apenas a condição da mente, mas também a condição do corpo de uma maneira bem mais acentuada.

Ainda com relação ao caráter fisiológico ou psicológico, Gagge (1979), afirma que a correlação fisiológica do conforto térmico é composta de: (a) sinais invocando a sensação térmica associados à temperatura da pele; (b) sinais oriundos das atividades termoreguladoras do organismo, associados com ambos, temperatura de pele e temperatura do corpo. Conforme Fiala (1998), existe uma distinção entre a percepção do conforto térmico e a percepção de temperatura. A primeira é comumente atribuída ao estado térmico geral e regulador do organismo, enquanto a percepção ou sensação de temperatura depende principalmente dos sensores ou termoreceptores cutâneos.

Bezinger (1979), definiu conforto térmico mais objetivamente, como sendo: **“a falta de impulsos punitivos de ambos os campos receptores, cutâneo e hipotalâmico”**. A respeito dessa definição, Fiala (1998), afirma que somente pessoas descansando, deitadas e sem roupas, podem alcançar esse estado de conforto ideal quando expostas a temperaturas ambientes de 30°C, sendo que sob essas condições termo-neutras não ocorre nenhum ajuste de regulação.

O *aspecto ambiental*, é aquele onde a combinação das variáveis físicas inerentes a esse ambiente, criem condições termo-ambientais para que um menor número de pessoas esteja insatisfeita com esse ambiente. Uma vez que os estudos de conforto térmico envolvem aspectos pessoais e ambientais, é impossível que um grupo de pessoas sujeitas a um mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja todo ele satisfeitos com as condições térmicas do mesmo. Assim sendo, diz-se que um ambiente é aceitável termicamente, quando o mesmo apresenta combinações das variáveis físicas que o tornem desconfortável para o menor número de pessoas possível (ISO 7730, 1994).

A própria ambigüidade existente na definição clássica de conforto térmico, *condição da mente e condição do corpo*, fez com que surgisse a definição de **Neutralidade Térmica**, referenciando a condição mais física do balanço térmico, a qual segundo Fanger (1970), pode assim ser definida: **“a situação onde uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente ao seu redor”**. A grande maioria dos estudos efetuados sobre conforto térmico, principalmente os verificados em ambientes moderados, apresentam as duas definições anteriores, conforto térmico e neutralidade térmica, com um sentido de sinônimas.

Analisando-se porém com maior cautela, ambas as definições, verifica-se que elas contém realmente uma certa diferenciação, ficando um pouco mais clara a distinção entre os aspectos físicos e fisiológicos da conceituação. Isso significa dizer que uma pessoa possa não querer nem mais calor nem mais frio em seu ambiente, e assim mesmo não se encontrar em conforto térmico, de acordo com sua condição mental. A neutralidade térmica representa o balanço térmico entre o homem e o ambiente, e segundo o próprio autor, embora ela seja necessária para a verificação do conforto térmico, nem sempre é suficiente para a existência do mesmo. A fim de tentar dirimir a confusão oriunda da semelhança entre ambas as definições, Tanabe (1988), sugere que o conceito de neutralidade térmica pudesse ser ampliado para: “o

estado da mente que expressa satisfação com a temperatura do corpo como um todo”.

2.2.3 – Importância dos estudos de conforto térmico:

Sendo o homem um ser racional, parece óbvio que o mesmo busque todos os mecanismos possíveis para atingir seu bem estar e conforto em todos os aspectos; físico, fisiológico, emocional e social.

Essa própria característica racional humana, levou Fanger (1970), a afirmar que a principal razão para criar-se condições de conforto térmico reside no “*desejo do homem sentir-se termicamente confortável*”, ou seja, a **satisfação humana**. Os estudos do autor, conforme já citado, foram elaborados a partir do balanço térmico entre o homem e o meio, e sua satisfação com relação ao ambiente se verifica quando a combinação das variáveis ambientais do mesmo se contrabalançam com a produção interna de calor pelo organismo, isto é, quando não precisam ser ativados os mecanismos de termo-regulação humana.

Estudos de campo realizados, mostraram que não só a manutenção do balanço térmico propiciava a satisfação do homem, mas também outras características mais subjetivas, como preferências e percepções.

Um estudo conduzido por Oseland (1998), na Inglaterra, comparando faixas de temperaturas internas aceitáveis em escritórios condicionados e não condicionados, apresentou os seguintes resultados: (a) As temperaturas preferidas pelas pessoas em escritórios condicionados, eram bastante próximas àquelas necessárias para a manutenção do balanço térmico, tanto no inverno como no verão, porém existia uma discrepância de mais de 3°C entre elas, quando se analisavam edifícios não condicionados no verão; (b) No inverno, a percentagem de pessoas satisfeitas com a temperatura interna, era maior em prédios não condicionados do que em prédios condicionados (76% contra 70%), enquanto que no verão esse quadro se invertia, 69% de satisfeitos em prédios não condicionados e 73% de satisfeitos em prédios condicionados.

Kwok (1999), realizando uma pesquisa em salas de aula em clima tropical do Havaí, mostrou que a sensação térmica neutra fornecida pelos estudantes, a qual

representa a situação de balanço térmico, não representavam o estado térmico ideal ou preferido pelas pessoas, quando se analisam edifícios não condicionados. O estudo mostrou que 62% das pessoas no verão e 43% das pessoas no inverno, que demonstraram sensação térmica neutra, preferia estar se sentindo mais resfriado. Este fato foi apontado por Busch (1990), em um estudo em Bangkok, onde 64% das pessoas que demonstraram sensação térmica neutra, preferia estar mais resfriada; sendo também citado por Xavier (1999), em pesquisa realizada em Florianópolis, SC, onde 41% das pessoas que demonstraram sensação térmica neutra, não encontrava-se satisfeita. Convém ressaltar que de acordo com a faixa de aceitabilidade térmica da ISO 7730 (1994), e dos estudos de Fanger (1970), o percentual máximo de insatisfeitos para a sensação térmica neutra é de 20%.

Outro tipo de análise sobre satisfação térmica realizado em 1995 na Inglaterra (Nicol e Kessler, 1998), enfocou aspectos sobre as oportunidades de adaptação que as pessoas tem para enfrentar o meio. O estudo foi realizado com ocupantes de três andares de um edifício, sendo que o primeiro andar era uma área ampla, sem divisões, a qual utilizava sistema de ventilação noturna e massa térmica para propiciar o resfriamento do interior. O segundo pavimento consistia de escritórios celulares padronizados, com 60% de área envidraçada e o terceiro pavimento dispunha de unidades mecânicas de resfriamento. Os resultados do estudo mostraram que: (a) Embora se tratando de uma área ampla e sem divisões, com um alto grau de desconforto térmico, o primeiro andar, após ter sofrido alteração de lay-out e de mobiliário, se mostrou o mais satisfatório dos três, na opinião de seus ocupantes e dos ocupantes dos demais pavimentos; (b) O conforto térmico e o sentimento de produtividade se mostraram dependentes do nível de controle que as pessoas possuem sobre as condições ambientais; (c) A temperatura limite, acima da qual o conforto é afetado, é menor que a temperatura limite acima da qual a produtividade é afetada (24°C contra 26°C), mostrando que o sentimento de produtividade não decai em leve situação de desconforto.

Além da satisfação humana propriamente dita, a literatura existente ainda aponta como fatores importantes para os estudos de conforto térmico: **performance** ou **produtividade**, **conservação de energia** e **padrões de conforto relativos ao clima**.

Estudos a respeito dos efeitos do clima sobre a performance humana, tem sido executados nos últimos setenta anos, através de pesquisas de campo patrocinadas por organizações industriais, sobre os quais Auliciems (1973) apresenta alguns breves resultados: (a) As taxas de acidentes em fábricas de munições, tendem a aumentar em torno de 30% em temperaturas acima de 24°C e abaixo de 10°C; (b) Em minas de carvão, o absenteísmo se mostrou substancialmente maior em locais quentes, sendo que para uma temperatura de 27°C a produção de sacas de carvão era bem menor que para uma temperatura de 19°C; (c) A produção na indústria metalúrgica diminuía significativamente durante os meses mais quentes do ano e a produção da indústria têxtil diminuía com os efeitos combinados de altas temperaturas e alta umidade (temperatura de bulbo úmido superior a 21°C).

Algumas pesquisas efetuadas sobre a redução da performance humana frente ao calor ou ao frio, contudo, apresentaram resultados pouco claros ou conclusivos, conforme pode-se notar no estudo realizado por Woods (1981), em uma lavanderia de um hospital nos Estados Unidos. Seus resultados mostraram que em alguns casos, com as pessoas sujeitas a determinados níveis de desconforto, mais notadamente desconforto por frio, as mesmas tiveram uma maior resposta a nível de melhoria de produtividade. Embora esses resultados encontrados, suspeita-se, segundo o autor, que a performance perceptiva, manual e intelectual é geralmente maior na presença de conforto térmico. Outro estudo que torna a questão da produtividade relacionada ao conforto térmico, uma matéria polêmica, foi realizado por Baldini e Tavares (1985), ao correlacionar a conforto térmico ao aproveitamento escolar em duas salas de aula do Campus da UNESP, em Rio Claro, SP. Através da pesquisa, foram analisadas o aproveitamento escolar de alunos em quatro disciplinas ministradas duas em cada uma das salas distintas, com condições de conforto térmico bastante distintas. As médias escolares foram padronizadas e discretizadas, a fim de se evitar o diferencial de dificuldade de conteúdos, sendo que os resultados apontados pela pesquisa não apresentaram diferenças significativas nas médias das quatro disciplinas durante o ano escolar, ao se aplicar o método estatístico de Kolmogorov-Smirnov. Não obstante esses resultados obtidos, sugerem os autores que “na possibilidade de obter-se condições favoráveis para o melhor aproveitamento do potencial intelectual do indivíduo, isto deve ser feito, seja na escolha do local para as edificações que

servem as instituições de ensino, como nas normas de construções que melhor se adaptem às condições climáticas locais”.

Em outro estudo desenvolvido por Woods et al (1987), apud Lorch e Abdou (1994), foram analisados seiscentos trabalhadores americanos de escritórios, com relação às suas percepções do ambiente de trabalho, satisfação e produtividade, relativos a tipos diferenciados de equipamentos de condicionamento ambiental. De acordo com os resultados da pesquisa, se o equipamento era local, 30% dos funcionários estavam insatisfeitos e 28% sentiam seu trabalho sendo negativamente afetado. Com condicionamento através de equipamento central, a insatisfação decrescia para 22% e o trabalho era percebido como negativamente afetado por 19% dos funcionários. Se houvesse uma combinação entre condicionamento central e local, a insatisfação se mantinha praticamente constante, em torno de 23%, mas apenas 15% dos trabalhadores sentiam seu trabalho como negativamente afetado. Contudo, quando não havia nenhum tipo de equipamento de condicionamento, 40% das pessoas sentiam-se desconfortáveis e aproximadamente 34% dos entrevistados sentiam seu trabalho como sendo negativamente afetado.

Estudos de laboratório, relativos à performance, também foram realizados por Nelson et al (1987). O estudo analisou a produtividade, fadiga e estado psicológico (vigor, concentração, ativação e bom humor), de 144 pessoas, 71 homens e 73 mulheres, em uma câmara climatizada de testes, controlada em 13°C, 23°C e 30°C de temperatura e umidade relativa constante de 40%. As pessoas escreviam estórias relacionadas a figuras, e a produtividade era medida em termos de números de palavras e números de temas desenvolvidos. Os resultados mostraram que a produtividade é maior em ar frio e que a fadiga desenvolveu-se mais vagarosamente em ambiente frio, do que em ambiente confortável ou quente. O estudo indicou que o trabalho em condições frias aumentam o vigor, a concentração e ativação e o bom humor. O autor sugere que temperaturas consideravelmente mais baixas do que aquelas recomendadas para conforto, podem trazer benefícios à produtividade.

Os aspectos relacionados à conservação de energia, são hoje talvez tão importantes quanto à satisfação humana, haja visto às grandes dificuldades e os grandes custos que estão envolvidos na geração e distribuição de energia. Vários foram os estudos realizados sobre o tema (Humphreys, 1992; Jamy, 1995; Busch, 1992; Milne, 1995; Karyono, 1995; Yang e Su, 1997; entre outros) apud Xavier

(1999). A maioria destes estudos apontam para que a adoção de padrões de conforto relativos ao clima, fazem com que grandes montantes de energia sejam economizadas para efeito de condicionamento de ambientes. Dentro dessa linha de pensamento enfatiza-se o trabalho desenvolvido por Humphreys (1992), que sugere que com a adoção de uma temperatura interna de conforto correlacionada à temperatura externa média mensal do local, não haveria a necessidade da especificação de uma temperatura interna única, fazendo com que se diminuísse o consumo de energia para o acondicionamento desejável. Aliado a isso, projetos adequados, que permitam o ganho de calor solar no inverno em climas frios e armazenamento de ar frio através de ventilação noturna no verão em climas quentes, também representariam boas medidas de conservação de energia. Essa sugestão também é bastante clara em Jamy (1995), através de pesquisa realizada no Paquistão, onde enfatiza que a adoção de uma temperatura do ar interno voltada ao clima local, poderia resultar em economia da ordem de 30% (630 GWh) sobre a eletricidade consumida para o condicionamento do ar interno.

Outros estudos sugerem que, a utilização do modelo normalizado pela ISO 7730 (1994), é bastante propício para que se promova a conservação de energia, desde que sejam alterados alguns dispositivos na edificação, como envelope construtivo, sistemas de iluminação eficientes, alteração da regulação do termostato do sistema de condicionamento de ar. Essas afirmações encontram-se bastante claras em estudos realizados por Yang e Su (1997), em Taiwan, apud Xavier (1999), bem como em pesquisa realizada por Tham (1993), em ambientes internos de edifícios em Singapura.

2.2.4 – Balanço Térmico entre o homem e o ambiente

O balanço térmico entre o homem e o ambiente pode ser entendido como o equilíbrio existente entre a produção de calor verificada no interior do organismo humano, através de processos metabólicos, e a dissipação desse calor ao ambiente ao redor.

Os modelos clássicos de balanço inseridos nos estudos de conforto térmico, foram enunciados a partir da consideração do corpo humano como um objeto de

compartimento único que troca calor com o ambiente (Fanger, 1970; ISO 7730, 1994), denominado de **balanço energético em estado estacionário**; e da consideração do corpo humano como um objeto com dois compartimentos térmicos concêntricos, um que representa o núcleo do corpo e outro que representa a pele (Gagge, 1971; ASHRAE Fundamentals, 1997), denominado **modelo de dois pontos** ou **modelo em estado transiente**.

Com a consideração do corpo humano em **estado estacionário** ou **permanente**, a temperatura corporal é expressa no balanço térmico através da temperatura média da pele ($t_{sk,m}$). Como nele, todo o calor produzido pelo organismo deve ser dissipado, não havendo nem acúmulo nem perda de calor no corpo, o equilíbrio energético pode ser expresso através da equação 1 abaixo, conhecida como equação do balanço de energia:

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{dsk} + E_{esk}) + (C_{res} + E_{res}) \quad [1]$$

onde:

M = taxa metabólica de produção de calor pelo corpo (W/m^2);

W = trabalho muscular ou eficiência mecânica, igual a zero para a maioria das atividades sedentárias (W/m^2);

Q_{sk} = perda total de calor através da pele (W/m^2);

Q_{res} = perda total de calor através da respiração (W/m^2);

C = perda sensível de calor por convecção pela pele (W/m^2);

R = perda sensível de calor por radiação pela pele (W/m^2);

E_{dsk} = perda de calor latente por difusão de suor pela pele (W/m^2);

E_{esk} = perda de calor latente por evaporação do suor pela pele (W/m^2);

C_{res} = perda sensível de calor por convecção pela respiração (W/m^2);

E_{res} = perda de calor latente por evaporação através da respiração (W/m^2).

Todos os termos da equação 1 anterior, encontram-se expressos em energia por unidade de área (W/m^2), e referem-se à área do corpo nu, ou área de superfície corporal (ASP). Segundo Fanger (1970), uma boa aproximação para a determinação dessa superfície é fornecida pela expressão de DuBois, conforme equação 2:

$$ASP = 0,202 \cdot m^{0,425} \cdot l^{0,725} \quad [2]$$

onde:

ASP = área de superfície corporal ou área de superfície de pele (m^2);

m = massa do corpo (kg);

l = estatura do corpo (m).

Ainda segundo Fanger, quando se relacionam dados de conforto com variáveis fisiológicas em um nível específico de atividade desempenhada pela pessoa, a temperatura média da pele ($t_{sk,m}$) e a taxa de evaporação do suor (E_{esk}) são as únicas variáveis fisiológicas que influenciam no balanço de energia. Através de análises de regressão, Rohles e Nevins (1971), apud ASHRAE (1997), indicaram os valores da temperatura média da pele e da taxa de evaporação do suor, que fornecem conforto térmico em função da atividade desempenhada. Essas análises estão expressas nas equações 3 e 4 a seguir:

$$t_{sk,m} = 35,7 - 0,0275.(M - W) \quad [3]$$

$$E_{esk} = 0,42.[(M - W) - 58,15] \quad [4]$$

A expressão do balanço de energia, equação [1], pode ser re-arranjada em termos de que; todo o calor produzido pelo corpo menos o calor perdido pela respiração e o perdido pelo suor (dissipação e evaporação), seja igual (para se verificar o balanço), ao calor sensível perdido pela pele (convecção e radiação), o que por sua vez pode ser interpretado como a taxa de calor transferida por condução, da superfície da pele para a superfície externa da roupa. Desse modo, a equação do balanço de energia pode ser escrita conforme equação 5 abaixo:

$$(M - W) - C_{res} - E_{res} - E_{dsk} - E_{esk} = Q_{s,sk} = C + R \quad [5]$$

onde:

$Q_{s,sk}$ = perda de calor por condução, da superfície da pele para a superfície externa da roupa, que por sua vez é igual ao montante de calor perdido por convecção e radiação (W/m^2).

Os termos da equação 5, podem ser representados em função das variáveis ambientais e pessoais, os quais, segundo estudos empíricos de Fanger (1970), são:

$$C_{res} = 0,0014.M.(34 - t_a) \quad [6]$$

$$E_{res} = 0,0173.M.(5,87 - p_a) \quad [7]$$

$$E_{dsk} = 3,05.[5,73 - 0.007.(M - W) - p_a] \quad [8]$$

$$E_{esk} = 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \quad [9]$$

$$Q_s, sk = \frac{t_{skm} - t_{cl}}{0,155 \cdot I_{cl}} \quad [10]$$

$$C = f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad [11]$$

$$R = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] \quad [12]$$

onde:

M = taxa metabólica de acordo com a atividade desempenhada (W/m²);

W = eficiência mecânica (W/m²);

t_a = temperatura do ar (°C);

t_{rm} = temperatura radiante média (°C);

t_{skm} = temperatura média da pele (°C);

t_{cl} = temperatura da superfície externa da roupa (°C);

p_a = pressão parcial do vapor de água (kPa);

f_{cl} = razão entre a área de superfície corporal do corpo vestido e do corpo nu, adimensional;

h_c = coeficiente de troca de calor por convecção entre a superfície da roupa e o ar, (W/m²K)

Substituindo as expressões de [6] a [12] na equação [5] e apresentando a temperatura média da pele como função da taxa metabólica, conforme expressão [3], obtém-se:

$$(M - W) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 3,05 \cdot [5,73 - 0,007 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \\ = \frac{35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - t_{cl}}{0,155 \cdot I_{cl}} = f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) + 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] \quad [13]$$

A equação dupla [13], acima, é conhecida como **equação do balanço térmico**. Dessa equação, todos os termos são retirados das medições das variáveis ambientais ou dos valores estimados pelas tabelas das variáveis pessoais, à exceção da temperatura superficial externa das roupas, a qual é calculada iterativamente ao compararmos o lado central com o lado direito da equação. Essa comparação fornece a equação iterativa [14] apresentada abaixo:

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot M - 0,155 \cdot I_{cl} \cdot \{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\} \quad [14]$$

Essa equação iterativa é calculada, levando-se em consideração algumas hipóteses empíricas extraídas dos estudos de Fanger, (1970), a serem verificadas:

$$h_c = 2,38.(t_{cl} - t_a)^{0,25} \quad \text{ou} \quad h_c = 12,1.\sqrt{V_{ar}} \quad \text{utiliza-se o maior;}$$
$$f_{cl} = 1,00 + 0,2.I_{cl} \quad \text{para } I_{cl} \leq 0,5 \text{ clo ou } f_{cl} = 1,05 + 0,1.I_{cl} \quad \text{para } I_{cl} > 0,5 \text{ clo.}$$

Com a consideração do corpo humano como sendo um objeto de dois compartimentos térmicos concêntricos, **modelo transiente**, o balanço térmico é verificado para as duas situações, ou seja, um balanço térmico para o núcleo do corpo e um balanço térmico para a pele. Ao contrário do modelo estacionário, nesta consideração além da temperatura média da pele ($t_{sk,m}$) e da taxa de evaporação de suor (Eesk), a temperatura interna do corpo (t_{cr}) também influi no balanço de energia. Este modelo pode ser utilizado para prever respostas fisiológicas ou respostas a situações transientes. Ele se originou através de simplificações efetuadas em modelo termoregulatório mais complexo, desenvolvido por Stolwijk e Hardy (1966), o qual considerou o corpo humano composto de seis compartimentos térmicos.

No modelo transiente, a *sensação térmica* (TSENS) e o *desconforto térmico* (DISC) são determinadas através de expressões empíricas, após serem conhecidas a temperatura do corpo, a temperatura da pele e a taxa de evaporação do suor, e são definidas em termos de desvios da temperatura média do corpo (t_{mb}) com relação aos limites estabelecidos para frio e para calor.

Este modelo fisiológico considera a temperatura dos compartimentos como sendo uniformes, sendo que o gradiente de temperatura se verifica apenas entre os dois compartimentos. Leva em consideração também o fluxo de sangue periférico, o qual se desloca do núcleo do corpo (onde todo o calor é gerado) para as extremidades, sendo que o mesmo flui de um mínimo de 6,3 l/h.m² quando não houver necessidade de resfriamento do interior do corpo até um máximo de 90 l/h.m², quando houver grande necessidade de resfriamento do interior do corpo.

A temperatura média do corpo (t_{mb}) é dada através da média ponderada entre a temperatura do núcleo e a temperatura da pele, sendo que os coeficientes de ponderação são extraídos da quantidade de fluxo de sangue periférico. Para a realização de atividades sedentárias em ambientes moderados, a temperatura média do corpo pode ser expressa conforme a equação 15 a seguir:

$$t_{mb} = 0,828.t_{cr} + 0,172.t_{sk} \quad [15]$$

A ASHRAE (1997), apresenta valores das temperaturas médias do corpo e das temperaturas médias da pele, para pessoas desempenhando atividade sedentária, em ambientes internos de ar parado ($V_a < 0,15$ m/s), vestidas com trajes com isolamento térmico médio de 0,6 clo. As pessoas foram expostas a temperaturas do ar ambiente variando de 20°C a 50°C e a diferentes umidades do ar. Observou-se que até temperaturas do ar da ordem de 37°C não houve superaquecimento do corpo para qualquer teor de umidade (até 100%). Por esse experimento, observa-se que a correlação entre a temperatura média do corpo e a temperatura média da pele é superior a 90% ($R^2 > 0,90$), valor este satisfatório aos propósitos de engenharia. A relação então estabelecida, é dada por:

$$t_{mb} = 0,185.t_{sk,m} + 30,187 \quad [16]$$

Comparando-se as equações [15] e [16], obtém-se o relacionamento entre a temperatura interna do corpo (t_{cr}) e a temperatura média da pele ($t_{sk,m}$), para pessoas realizando atividades sedentárias em ambientes moderados.

$$t_{cr} = 0,016.t_{sk,m} + 36,46 \quad [17]$$

Dessa expressão, observa-se que os valores estabelecidos como normais para ambas as temperaturas ($t_{sk,m} = 34^\circ\text{C}$ e $t_{cr} = 37^\circ\text{C}$) segundo a ASHRAE (1997), verificam perfeitamente a igualdade.

Também com essa visão de compartimentos térmicos, buscando melhorias na predição de respostas fisiológicas humanas a situações muito transientes em ambientes térmicos não uniformes, Huizenga et al (1999), desenvolveram um modelo denominado “*modelo multinodal de fisiologia humana e conforto térmico*”, onde o corpo humano é considerado um objeto com dezesseis compartimentos térmicos, sendo que as variáveis ambientais e pessoais são caracterizadas para cada um dos compartimentos térmicos a fim de serem verificados os balanços de energia. As

dezesesseis segmentações do corpo humano, segundo os autores se deveram principalmente à possibilidade da utilização de um manequim térmico já existente na Universidade da Califórnia, Berkeley, o qual apresentava a mesma segmentação.

Embora o avanço das pesquisas e da tecnologia existente, na busca de modelos cada vez mais precisos, a Normalização Internacional através da ISO 7730 (1994), sugere que a utilização do modelo de estado permanente ou estacionário satisfaça as necessidades dos estudos na área de engenharia.

2.2.5 – Variáveis de influência no balanço térmico verificado no modelo estacionário

Analisando a equação [13] anterior, balanço térmico, verifica-se que todos os termos da equação são expressos em função de variáveis ambientais ou físicas e de variáveis pessoais, exceto a temperatura da superfície externa das roupas, a qual deve ser calculada iterativamente levando-se em consideração as variáveis já citadas ou determinadas em função da temperatura média da pele.

As **variáveis físicas ou ambientais** são as referentes às condições termoclimáticas do ambiente pesquisado, medidas pelo equipamento detalhado em capítulo posterior, as quais definidas aqui de acordo com a ISO-DIS 7726 (1996).

Temperatura do ar, t_a , em °C:

É a temperatura do ar ao redor do corpo humano. Essa variável é levada em consideração nos estudos de conforto térmico para determinar-se a troca de calor por convecção entre a pessoas e o ambiente ao redor. Essa variável pode ser medida através de sensores de expansão de líquidos ou sólidos, termômetros elétricos, de resistência variável ou termopares.

Temperatura radiante média, t_{rm} , em °C:

É a temperatura uniforme de um ambiente imaginário, no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no ambiente real não uniforme. A temperatura radiante média pode ser medida utilizando-se um termômetro de globo negro, um radiômetro de duas esferas,

um sensor esférico ou elipsoidal à temperatura do ar constante, através das temperaturas superficiais das superfícies ao redor do corpo humano, ou ainda através das temperaturas radiantes planas determinadas nas seis direções ao redor do indivíduo. O termômetro de globo negro é o dispositivo mais usual na determinação dessa variável, sendo que, nesse caso a temperatura média radiante é obtida por observações dos valores simultâneos da temperatura de globo, t_g , e da temperatura e velocidade do ar ao redor do globo. Para o globo negro de 0,15 m de diâmetro (globo padronizado), a temperatura média radiante pode ser calculada por uma das duas expressões abaixo:

No caso de convecção natural:

$$t_m = \left[(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 |t_g - t_a|^{1/4} \cdot (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad [18]$$

No caso de convecção forçada:

$$t_m = \left[(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V_a^{0,6} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad [19]$$

onde:

V_a = velocidade do ar ao nível do globo, em m/s;

t_a = temperatura do ar, em °C;

t_g = temperatura de globo, em °C.

Velocidade do ar, V_a , em m/s:

Em ambientes térmicos, a velocidade do ar, é considerada a magnitude do vetor velocidade do fluxo de ar no ponto de medição, e deve ser levada em consideração nos estudos de conforto térmico devido à sua participação na transferência de calor por convecção e por evaporação na posição da pessoa. Os tipos de equipamentos mais comuns para a medição da velocidade do ar, são os anemômetros de fio quente, direcionais, e os anemômetros de esfera aquecida, omnidirecionais.

Para a determinação do coeficiente de convecção utilizado na expressão do balanço térmico, vide equação 13, a velocidade do ar considerada é a velocidade relativa do ar, V_{ar} . Essa é a velocidade do ar final atuando sobre a pessoa levando em consideração a velocidade absoluta do ar no ponto e o incremento a essa velocidade causado pelos movimentos das pessoas de acordo com a atividade desempenhada. A

velocidade relativa do ar pode ser calculada de acordo com a equação [20] abaixo, segundo a ISO 7933 (1989):

$$V_{ar} = V_a + 0,0052(M - 58) \quad [20]$$

onde:

V_a = velocidade do ar com relação à uma pessoa imóvel, velocidade absoluta, em m/s;

M = taxa metabólica em função da atividade desempenhada, em W/m^2 .

Pressão parcial do vapor de água no ar úmido, p_a , em kPa:

A umidade absoluta do ar é a quantidade de vapor de água contida em um volume de ar ambiente. Ela pode ser expressa através da razão de umidade, W_a , que representa o quociente entre a massa de vapor de água contida em uma amostra de ar úmido e a massa do ar seco contido na mesma amostra; como pode ser expressa através da pressão parcial do vapor de água, p_a , que representa a pressão que o vapor de água poderia exercer se ocupasse sozinho todo o volume ocupado pelo ar úmido, à mesma temperatura. Sua determinação usual é através da utilização de um psicrômetro, equipamento que mede simultaneamente a temperatura de bulbo seco, ou do ar e a temperatura de bulbo úmido aspirado. Com essas duas leituras, o valor da umidade do ar é obtido pela utilização das relações psicrométricas constantes da ISO/DIS 7726 (1996), relações essas que se apresentam graficamente através da carta psicrométrica conforme a apresentada na figura 2.2 abaixo.

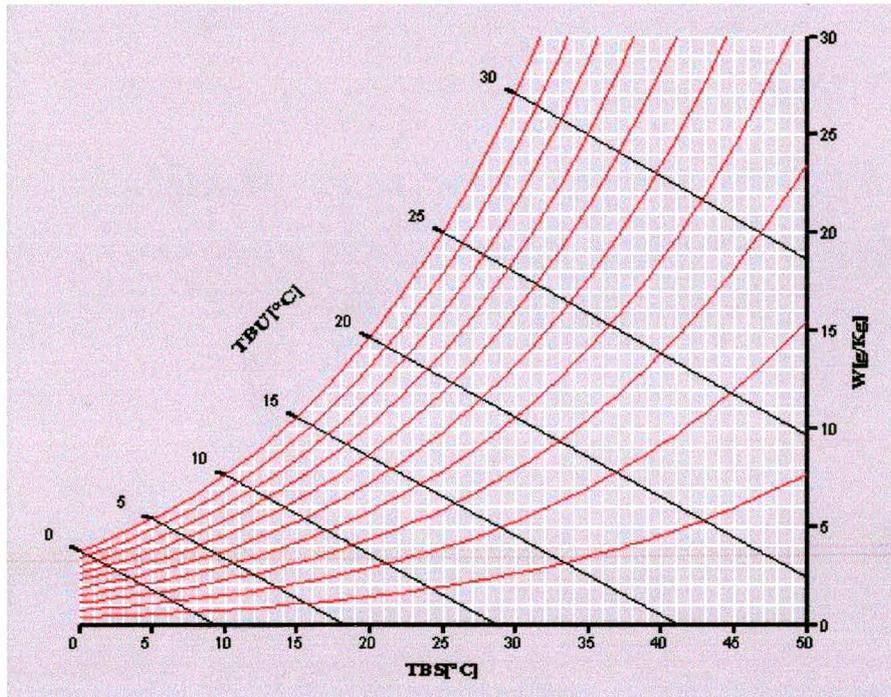


FIGURA 2.2: Modelo de carta psicrométrica

Muitas vezes, em estudos de conforto é utilizada a noção de umidade relativa do ar, "e", adimensional ao invés de umidade absoluta, a qual pode ser definida como a quantidade de vapor de água contida em um volume de ar úmido, com relação ao total de vapor de água que poderia estar contido nesse volume de ar, a uma dada temperatura. É dada pela razão entre a pressão parcial do vapor de água no ar úmido, p_a , e a pressão de saturação do vapor de água, p_{as} , à mesma temperatura e à mesma pressão atmosférica. Pode ser determinada pela equação [21] abaixo:

$$e = \frac{p_a}{p_{as}} \quad [21]$$

Essa umidade relativa também pode ser expressa em percentagem, UR, sendo sua determinação expressa conforme equação [22] abaixo:

$$RH = 100.e \quad [22]$$

As **variáveis pessoais**, que influenciam no balanço térmico entre o homem e o ambiente, são aquelas que dizem respeito às pessoas no momento da avaliação. No

balanço de energia, apenas duas dessas variáveis influenciam no equilíbrio térmico entre o homem e o meio, que são a *taxa metabólica* e o *isolamento térmico das vestimentas*. Segundo a Norma americana ASHRAE Standard 55 (1992) elas podem ser assim definidas:

A *taxa metabólica* é a taxa de produção de energia do corpo. O metabolismo, que varia de acordo com a atividade desempenhada é expresso em unidade "met". 1 met, que corresponde a 58,2 W/m², é igual a energia produzida por unidade de área superficial do corpo para uma pessoa sentada em repouso. A área superficial aproximada de uma pessoa média é de 1,8 m². Os valores dessa variável podem ser extraídas da tabela A.1 da ISO 7730 (1994). Além dessa tabela, a taxa metabólica também pode ser determinada pelas tabelas constantes na ASHRAE (1997), ou através do consumo de oxigênio e da taxa de batimento cardíaco, conforme ISO 8996 (1990).

A utilização de valores de taxas metabólicas através das tabelas apontadas acima pode levar a grandes erros de precisão, pois como as mesmas são estimadas levando-se em consideração apenas o tipo de atividade desempenhada, não consideram a pessoa que está desempenhando, se homem ou mulher, baixa ou alta, gorda ou magra, qual o esforço que está distendendo para realizar a atividade, se adaptada ou não para o desempenho, qual seu condicionamento físico e metabolismo basal, quais seus hábitos de alimentação ou quais suas tensões ou nível de stress emocional, o que leva a um maior batimento cardíaco e conseqüentemente a realização de esforço extra. Dessa forma, a utilização das tabelas tornam-se um artifício bastante simplista, o que leva a sugerir que todas as pessoas que encontrem-se desempenhando a mesma atividade possuam a mesma taxa metabólica.

A maneira mais correta de se determinar a taxa metabólica é através de medições, sejam diretas através de calorimetria, sejam indiretas através do consumo de oxigênio.

Estudo realizado por Hayward et al (1977), em condições laboratoriais controladas, monitorou oito pessoas, as quais após um período de preparo foram imersas em tanques de água fria para provocar um decréscimo na temperatura interna do corpo e da temperatura da pele, e após 45 minutos as pessoas foram expostas a um banho de reaquecimento. Durante todo o experimento foram medidas as temperaturas

médias da pele (região xifóide e acima do tríceps) e as temperaturas internas do corpo (temperatura timpânica e retal), bem como foi sendo determinada a taxa metabólica através de medição indireta, pelo consumo de oxigênio. Desse experimento, os autores apresentaram como resultados, correlações entre a taxa metabólica, temperatura média da pele e temperatura interna do corpo, sendo que esse resultados estão representados nas equações 23 e 24 abaixo:

$$M = 0,0356.(t_{sk,m} - 41,80).(t_{cr,t} - 41,03) \quad [23]$$

$$M = 0,0314.(t_{sk,m} - 42,23).(t_{cr,r} - 41,38) \quad [24]$$

onde:

M = taxa metabólica, expressa em W/kg;

$t_{sk,m}$ = temperatura média da pele em °C;

$t_{cr,t}$ = temperatura interna timpânica do corpo em °C;

$t_{cr,r}$ = temperatura interna retal do corpo em °C.

Outro estudo realizado por Frank et al (1999), buscando estabelecer dados a respeito da contribuição da temperatura média da pele e da temperatura interna do corpo sobre taxa metabólica, no estudo representada pelo consumo de oxigênio (ml/min), bem como sobre a sensação subjetiva de conforto térmico, no estudo representada por votos das pessoas em escala de 11 pontos. Os resultados dessa pesquisa mostraram que para a taxa metabólica contribuição da temperatura interna do corpo é em torno de 3 vezes superior à contribuição da temperatura média da pele, enquanto que para conforto térmico a contribuição de ambas as temperaturas é similar. Este estudo apresentou protocolo experimental similar ao desenvolvido por Hayward et al, e a equação de correlacionamento obtida foi:

$$M = 5849 - 112,3.t_{cr} - 41.t_{sk,m} \quad [25]$$

onde:

M = taxa metabólica, representada pelo consumo de oxigênio, em ml/min;

$t_{sk,m}$ = temperatura média da pele, em °C;

t_{cr} = temperatura interna do corpo, em °C.

Estudo efetuado por Magalhães et al (1999), buscou analisar a taxa metabólica basal em estudantes universitárias do Rio de Janeiro. Apontaram os autores, que as equações preditivas do metabolismo basal, como a proposta pela

FAO/WHO/UNU em 1985, superestimavam em média de 12,5% a taxa metabólica basal, e que este desvio é principalmente notado em populações vivendo nos trópicos. Os autores utilizaram para seus estudos o Analisador Metabólico TEEM 100, sendo que este é o mesmo que foi utilizado nas medições de consumo de oxigênio para esta pesquisa.

O isolamento térmico das vestimentas, é responsável pela resistência oferecida às trocas de calor sensível entre o corpo e o ambiente, através de seu isolamento térmico. É descrito como o isolamento intrínseco da pele para a superfície externa das roupas, não incluindo a resistência fornecida pela camada de ar ao redor do corpo. A representação convencional dessa variável é " I_{cl} ", expresso em $m^2.K/W$ ou em "clo", sendo que 1 clo equivale a $0,155 m^2.K/W$. Os valores do isolamento térmico das roupas, ou das peças que compõem o traje utilizado pela pessoa, é função do material de confecção dos mesmos, bem como da espessura dos tecidos e materiais das roupas. A determinação desses valores foi feita utilizando-se manequins aquecidos, (Fanger, 1970), sendo que os resultados dessas determinações encontram-se devidamente tabelados nas normas e manuais ISO 7730, (1994), ISO 9920, (1995) e ASHRAE, (1997).

Devido à enorme gama de tecidos existentes no mercado, a utilização das tabelas nem sempre conseguem caracterizar com precisão o que está sendo realmente utilizado pelas pessoas, levando isso a utilização de valores incorretos. Além disso, estudos de campo (Xavier, 2000), tem apontado que em situações que as pessoas tem liberdade para escolher sua própria vestimenta, principalmente usuários de edifícios não condicionados, o isolamento térmico das vestimentas torna-se muito mais uma variável dependente da temperatura existente do que uma variável independente de influência no conforto térmico.

2.2.6 – Estudos em câmaras climatizadas, o modelo PMV/PPD

Segundo Humphreys (1992), a câmara climatizada é um local especialmente construído onde o ambiente térmico pode ser totalmente controlado pelos pesquisadores. Deve possuir controles independentes para a temperatura do ar,

temperatura das superfícies do ambiente e como elas irradiam para os ocupantes, umidade do ar e velocidade do ar. Colocam-se os voluntários na câmara, com roupas padronizadas e realizando as mesmas atividades. Eles então são perguntados sobre as condições ambientais (temperatura da câmara), as quais vão sendo ajustadas até que os ocupantes demonstrem as condições de conforto, ou então os mesmos são perguntados como estão se sentindo com relação ao calor e ao frio (escalas de conforto).

Através de estudos realizados em câmaras climatizadas na Dinamarca, Fanger, (1970), enunciou sua teoria referente à determinação da sensação de conforto térmico, aqui determinada, *Abordagem analítica*, também conhecida como *Modelo do PMV/PPD*. Essa abordagem sustentada pela teoria do balanço de calor em estado estacionário entre o corpo humano e o ambiente, aponta que o conforto térmico é função das 6 variáveis, 4 ambientais e 2 pessoais, já devidamente caracterizadas e definidas anteriormente.

A partir da expressão do balanço térmico, Fanger também definiu a *Carga Térmica (L)*, atuando sobre o corpo, como sendo a diferença entre o calor gerado pelo organismo e o calor dissipado ao ambiente, para uma pessoa estando hipoteticamente em valores de conforto de temperatura de pele e de taxa de evaporação de suor, conforme equações [3] e [4] anteriores. No estado permanente a carga térmica é igual a 0 (condição necessária de conforto), porém para casos de estados reais, não permanentes, a carga térmica é dada pela diferença entre a geração do calor pelo organismo e a perda do mesmo através de trocas com o ambiente. Isso equivale a dizer, com relação à equação geral do balanço térmico, equação [13], que a carga térmica atuando sobre o corpo é igual a diferença entre a parte esquerda e a direita da equação. A carga térmica é dada pela equação [26] abaixo:

$$L = M - 3,05 \cdot (5,73 - 0,007 \cdot M - p_a) - 0,42 \cdot (M - 58,15) - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{m} + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad [26]$$

Conforme já dito anteriormente, para o estado permanente de trocas de calor, neutralidade térmica, a carga térmica é igual a zero, porém Fanger estende esta equação de estado estacionário para classificar ambientes os quais não são

termicamente neutros em seu aspecto subjetivo. A versão estendida é conhecida geralmente como *equação do PMV*, (voto médio estimado), a qual é mostrada pela equação [27] abaixo:

$$PMV = [0,303 \cdot \exp.(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot L \quad [27]$$

onde:

PMV = voto médio estimado, ou sensação analítica de conforto térmico, variando em uma escala sétima de -3 (muito frio) a +3 (muito quente);

M = taxa metabólica de produção de calor em função da atividade, W/m²;

L = carga térmica atuando sobre o corpo, W/m².

O índice do PMV é usado para a predição da resposta média de um grande grupo de pessoas, de acordo com a escala sétima de sensações da ASHRAE (-3 a +3). Fanger (1970), relacionou o PMV ao desequilíbrio existente entre o fluxo real de calor do corpo em um ambiente, e o fluxo requerido para um conforto ótimo a um determinado nível de atividade.

Após a determinação do voto médio estimado (PMV), através da equação 27, a *Porcentagem predita de pessoas insatisfeitas* com o ambiente pode também ser estimada. O relacionamento apresentado por Fanger (1970), é o seguinte:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp[-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)] \quad [28]$$

Para esse relacionamento, Fanger não considerou como insatisfeitos quem tivesse votado +1, 0, -1 na escala sétima de percepções da ASHRAE (1997), ou da ISO 10551 (1995). Um percentual de PPD da ordem de 10%, o que representa um ambiente termicamente aceitável, conforme a ISO 7730 (1994), corresponde a um PMV variando de -0,5 a +0,5. Estudos de campo efetuados posteriormente, (Araújo, 1996 e Xavier, 1999), tiveram um outro entendimento com relação aos insatisfeitos, sendo que no estudo de Araújo os votos +1 e -1 foram todos considerados como sendo de pessoas insatisfeitas, enquanto que no estudo de Xavier 50% dos votos +1 e 50% dos votos -1 foram considerados como sendo de pessoas insatisfeitas. Através do modelo do PMV/PPD, Fanger afirmou que não existe, devido às diferenças individuais entre as pessoas, nenhum conjunto de variáveis ambientais e pessoais que

satisfaçam a 100% dos ocupantes de um ambiente interno, sendo que mesmo em casos de PMV médio igual a zero, situação de pleno conforto segundo o modelo, existirão 5% de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico.

O modelo do PMV/PPD, ou modelo em câmaras climatizadas, possui como em qualquer modelo proposto, limitações a sua aplicação. O mesmo é alvo de muitas observações e críticas por parte de outros pesquisadores, principalmente no que diz respeito à 4 importantes aspectos: (a) A câmara climatizada não se apresenta como uma fiel reprodução do ambiente real; (b) a precisão dos valores tabelados para as variáveis pessoais, atividade e vestimentas, nem sempre é a desejável; (c) os pressupostos inseridos no modelo analítico são de validade para as condições em que o estudo foi realizado, sendo então de uso generalizado questionável e (d) as temperaturas média da pele e taxa de evaporação de suor, apresentadas em função da atividade desempenhada, através das equações [3] e [4], foram extraídas em condições de estado estacionário, sendo que com a expansão do modelo para ambientes não uniformes esses valores permaneceram sendo constantes.

Oseland, (1995), em estudos realizado no Reino Unido, comparou os votos de sensação térmica obtido por pessoas no interior de câmaras climatizadas (laboratório), em suas residências (real) e em escritórios (real). Segundo o autor, suas pesquisas mostraram um verdadeiro efeito contextual. Os participantes sentiam-se com mais calor em suas residências do que em seus escritórios e com mais calor em seus escritórios do que em uma câmara climatizada, estando sempre sujeitos à idênticas condições de clima interno, desempenhando as mesmas atividades e usando o mesmo tipo de vestimentas nos três ambientes. Verificou o autor que em termos de temperatura de conforto, a temperatura registrada em casas foi 2,2K mais baixa do que em câmaras climatizadas, e em escritórios foi 0,7K mais baixa do que em câmaras climatizadas, demonstrando dessa maneira os erros que podem ocorrer na generalização dos resultados de testes em câmaras climatizadas. Como a pesquisa foi realizada no inverno, os resultados obtidos indicam também um potencial de conservação de energia para aquecimento.

Taffé, (1997), critica o modelo analítico proposto por Fanger, no que diz respeito às análises estatísticas, análises de regressão por ele utilizadas. Segundo o autor, Fanger ao efetuar a regressão entre a temperatura do ar e as sensações de conforto, PMV, manteve todas as outras variáveis constantes, efetuando a mesma

operação para quatro tipos de atividades distintas, a fim de estabelecer a relação entre o PMV e essas duas variáveis de conforto. Afirma Taffé que esta abordagem estatística é limitada em regra e só se aplica para dados gerados para as condições experimentais dos estudos efetuados. Outras críticas do autor, dizem respeito à precisão do valor da taxa metabólica, pois argumenta que se fossem realizadas medições precisas dessa variável em um grupo de pessoas realizando exatamente a mesma atividade, os valores encontrados seriam diferentes entre si. Isto justifica em parte, segundo ele, porque pessoas em um ambiente, todas desempenhando a mesma atividade e usando as mesmas roupas, não possuem as mesmas sensações térmicas, como poderia sugerir o modelo analítico do PMV/PPD.

Um trabalho desenvolvido por Ong (1995), questiona a precisão das variáveis (taxa metabólica e nível de vestimenta) utilizadas pela ISO, como base nos seus cálculos, que segundo o autor necessitam ser mais precisamente investigadas, pois um erro assumido poderá invalidar totalmente os resultados. A taxa metabólica não pode ser considerada constante, referente a uma mesma atividade, pois existem diferenças nos vários grupos de personalidade, bem como sobre a tipologia do espaço e a maneira de ser desenvolvida a atividade. Segundo o autor os alimentos podem afetar o metabolismo basal e sua sensibilidade para a temperatura. Salientou também variações como regularidade de exercícios, pois dependendo da dieta ou exercícios, e também gravidez e composição do corpo (gordura x músculos) o metabolismo pode ser mutável realmente.

Humphreys e Nicol, (1996), com uma visão bastante crítica a respeito do modelo do PMV enunciado por Fanger, apontam conflitos de critérios nesse modelo. Segundo eles, para a determinação de ambientes térmicos neutros, o conforto ótimo no modelo foi definido pela temperatura média da pele e pela taxa de secreção de suor, enquanto na extensão para a equação do PMV, os requisitos para o conforto foram definidos como função da carga térmica atuando sobre o corpo. Os autores argumentam que essas duas considerações introduzem a possibilidade de estimativas conflitantes da sensação térmica. Ainda conforme os autores, para se proceder as devidas correções da situação conflitante, as quais levam a determinações incorretas das sensações, seria necessário se abandonar o conceito de "carga térmica" como um critério de sensação térmica para pessoas em estado permanente. Esse conceito poderia ser substituído por um critério que fosse mais consistente com aqueles

utilizados na porção do balanço térmico da equação. O que isso quer dizer, é que um índice de PMV revisado poderia ser baseado na temperatura da pele e na taxa de secreção de suor correspondentes a vários pontos na escala de sensações da ASHRAE (1997) e ISO 10551 (1995), para uma grande faixa de taxas metabólicas por atividade desempenhada.

2.2.7 – Estudos de campo, abordagem adaptativa

As pesquisas de campo são realizadas, com a observação e análise das pessoas em seus ambientes normais, desempenhando atividades rotineiras e com vestimentas usuais. As pessoas são solicitadas a fornecerem suas opiniões e preferências com relação ao ambiente térmico, em votos anotados em escala sétima de sensações e preferências (ISO 10551, 1995), sendo que junto com isto são medidas as variáveis ambientais. Neste tipo de pesquisa, não há a interferência do pesquisador sobre o ambiente.

No final dos anos 70, Humphreys, (1976), correlacionou os resultados de todas as pesquisas de campo que havia até então, e concluiu que a temperatura que as pessoas achavam confortáveis, independentes de sexo, idade ou raça, poderiam ser estimadas das temperaturas médias internas dos ambientes que elas viviam, apresentando variação de mais ou menos 1K sobre essa temperatura média. Finalizou o autor demonstrando que não há a necessidade de se uniformizar as temperaturas internas dos ambientes em todo o mundo, cada região pode adotar temperaturas próprias, prevalecendo variações climáticas sazonais. Ainda no mesmo estudo, o autor realizou uma revisão dos parâmetros até então existentes, e concluiu que os índices de conforto (temperatura de conforto) variavam em relação à temperatura externa média mensal da região onde cada estudo era desenvolvido, observando a importância da aclimação, mostrando-se contrariamente aos estudos de Fanger, que não sugerem que a aclimação afete os requisitos de conforto térmico. O relacionamento entre a temperatura interna de conforto e a temperatura externa média mensal, apresentados pelos estudos de Humphreys, bem como de outros pesquisadores, são apresentados pelas equações a seguir:

$T_n = 11,9 + 0,534.T_m$	(Humphreys, 1976)	[29]
$T_n = 17,6 + 0,31.T_m$	(Auliciems, 1981)	[30]
$T_n = 12,1 + 0,534.T_m$	(Griffiths, 1990)	[31]
$T_n = 17 + 0,38.T_m$	(Nicol e Roaf, 1996)	[32]
$T_n = 16,05 + 0,351.T_m$	(Xavier, 1999)	[33]

onde:

T_n = temperatura interna de conforto ou temperatura neutra, em °C;

T_m = temperatura externa média mensal, em °C.

Oseland (1994), realizando pesquisas no Reino Unido, objetivou determinar a temperatura neutra (confortável), ao comparar-se os votos preditos (através do PMV de Fanger) e as sensações relatadas por moradores de casas no período de verão e inverno. Determinou-se assim, que tanto no verão, onde as temperaturas neutras variaram de 19 a 21° C (3K menores que os valores calculados), como no inverno (5K inferiores), os limites apontados pelos moradores foram menores que os calculados pelo modelo do PMV.

Gan e Croome (1994), em experimentos de campo realizados em 5 ambientes ventilados naturalmente no Reino Unido, para medir parâmetros ambientais internos, também mostraram que os resultados obtidos para as sensações térmicas diferiam daqueles determinados em condições de laboratório, e que o consumo de energia para aquecimento também poderia ser reduzido pela redução da temperatura interna de conforto obtida por estudos de campo.

Humphreys (1995), ao realizar um estudo de campo sobre uma família convencional, relatou que não há a necessidade de se saber nada a respeito da fisiologia térmica dessas pessoas, para confirmar seus estados de conforto térmico. Deve-se contudo, segundo o autor, saber muito a respeito dos hábitos das pessoas e o que elas fazem para se adaptar ao meio em que habitam.

Os pesquisadores Matthews e Nicol (1995), analisando também aspectos como a variação das atividades desenvolvidas no ambiente de fábrica, puderam concluir que a temperatura de globo ótima está em concordância com os estudos de Humphreys, (1976), onde demonstram que 90% da variação nas temperaturas de conforto, podem ser explicadas pela variação da temperatura média externa.

Baker e Standeven (1995), utilizando o projeto de monitoramento PASCOOL, realizaram estudos em 1993 e 1994, e apontaram em seus estudos, padrões de

conforto diferentes da ISO 7730 (1994). O PASCOOL tenta identificar essas situações discrepantes, para uma avaliação desses “erros”, cruzando dados da avaliação experimental, com essas possíveis “fontes de erros”. São realizadas duas séries de experiências que buscam estabelecer vários critérios, com o objetivo de desenvolver um Modelo Preditivo probabilístico, que tenha na entrada de dados, uma descrição objetiva das oportunidades adaptativas, algumas condições de características previstas, bem como a descrição social e econômica dos ocupantes.

Donato et al (1996), realizando pesquisas de campo no inverno, com 931 crianças em idade escolar, na faixa de 8 a 11 anos de idade, com o intuito de avaliar a capacidade de predição do índice PMV, encontrou discrepâncias marcantes entre o índice calculado e as sensações relatadas pela crianças. O estudo foi realizado de duas maneiras, uma considerando uma taxa metabólica de 70W/m^2 para a atividade escolar, conforme preceitua a ISO 7730 (1994), e outra considerando uma taxa metabólica de 80W/m^2 , por consideração que as crianças possuem um metabolismo basal aproximadamente 15% mais alto que os adultos. A primeira diferença encontrada, segundo o autor, foi com relação às roupas, as quais segundo observações apresentaram um isolamento térmico médio de 0,9 clo e não de 1 clo como é recomendado para a situação de inverno. O estudo concluiu que ao utilizar uma taxa metabólica igual a 70W/m^2 para o cálculo do PMV, 52% das crianças expressaram situação de conforto quando o PMV expressava situação de desconforto por frio e 33% das crianças expressaram desconforto por calor quando o PMV expressava situação de conforto. Ao utilizar uma taxa metabólica de 80W/m^2 , os valores percentuais acima se alteravam para 43% e 22%. Ainda segundo o autor, as percentagens de pessoas insatisfeitas, quando o PMV apontava situação de conforto, foi sempre maior do que o máximo valor esperado pelo modelo do PMV (10%), considerando ambas as taxas metabólicas de 70 e 80W/m^2 .

A discrepância entre o valor do PMV calculado e a sensação real relatada pelas pessoas também pode ser bem observada na pesquisa realizada por Xavier (1999), realizada com análise de dados de sensações reais de conforto térmico, fornecidos por estudantes de 2º grau em Florianópolis, SC. O estudo contou com 65 conjuntos de medições de variáveis ambientais e com mais de 1400 conjuntos de variáveis pessoais e votos de sensações e preferências térmicas. Os resultados mostraram que o modelo do PMV justificou apenas 66% dos votos de sensações

relatados pelas pessoas, e que um modelo oriundo de análises estatísticas de regressão entre as sensações relatadas e as variáveis ambientais possui uma melhor capacidade de predição das sensações térmicas. Através da análise de regressão múltipla, o autor sugere uma expressão de predição, a qual, em seu estudo justificou mais de 82% das sensações reais relatadas pelos estudantes. Essa expressão é apresentada pela equação 34 abaixo:

$$Sp = 0,2132.To + 0,0114.UR - 5,7041 \quad [34]$$

onde:

Sp = sensação predita de conforto térmico, variando de +3 (muito calor) a -3 (muito frio);

To = temperatura operativa interna, no presente caso a média aritmética entre a temperatura do ar e a temperatura média radiante, em °C;

UR = umidade relativa do ar, em percentagem.

O mesmo estudo também verificou que em estado pleno de conforto, sensação ou PMV igual a zero, bem mais que 5% das pessoas encontravam-se insatisfeitas, conforme preconizado no modelo do PMV/PPD, e que a região entre os votos de sensação +0,5 e -0,5, o que segundo o modelo do PMV configuram a zona de conforto, apresentam um percentual de insatisfeitos da ordem de 30% e não 10% como o preconizado. O relacionamento entre as sensações térmicas e o percentual de pessoas insatisfeitas obtidas pelo estudo, são apresentados através da equação 35 abaixo:

$$I = 100 - 78,89 \cdot \exp(0,0212.S^4 - 0,4923.S^2) \quad [35]$$

onde:

I = percentual predito de pessoas insatisfeitas;

S = sensação predita de conforto térmico.

Ao analisar as temperaturas do microclima causado pelas vestimentas em jovens adultos e idosos, Ueda et al (1996), encontrou algumas diferenças relevantes relativas a idade. Seu experimento contou com pesquisas em 15 pessoas, sendo 5 crianças, 5 jovens e 5 idosos em estado de conforto térmico. O objetivo era examinar as diferenças na função termoregulatória relativas à idade, sobre a temperatura dos microclimas criados pelas vestimentas. Quatro microclimas foram monitorados; peito, costas, braços e coxas. Os estudos mostraram que para crianças e jovens a

menor temperatura do microclima se deu nas coxas, enquanto que em idosos não se apresentavam diferenças nas temperaturas dos microclimas. Os idosos procuravam ajustar suas roupas de maneira similar, tanto nos membros inferiores como na parte superior do corpo a fim de manter seu conforto térmico, enquanto as crianças e jovens apenas ajustavam suas roupas na parte superior do corpo. Segundo os autores, isto sugere que a temperatura dos microclimas formados pelas vestimentas pode ser alterada devido ao decréscimo da função termoregulatória ocorrido com o avanço da idade.

Raja e Nicol (1997), realizaram pesquisas que buscou relacionar a postura (um dos mecanismos de oportunidade ou de adaptação a uma dada situação) com o conforto térmico, concluíram que uma troca na postura pode alterar a área da superfície corporal efetiva disponível para realizar a troca de calor com o ambiente e também a taxa metabólica por unidade de área. A pesquisa computou e registrou 736 posturas numa faixa de 20°C a 26°C, em universitários e pesquisadores desempenhando atividades sedentárias como escrever, ler, digitar. A área coberta média do corpo em diferentes posturas foi registrada a cada variação de 0,5K na temperatura interna. O estudo mostrou um forte relacionamento entre a temperatura interna e a postura. Ficou demonstrado que com aumento na temperatura, as posturas abertas são as preferíveis, dentro da limitação da atividade.

Observa-se ainda que as pesquisas mais recentes tem procurado mostrar que o conforto térmico encontra-se fortemente relacionado com a adaptação e com as oportunidades que as pessoas possuem de se adaptar às condições a que estão expostas.

O modelo adaptativo, proposto por Nicol (1993), não parte de consideração sobre trocas de calor entre o homem e o ambiente, mas de observações que existe uma série de ações que o homem pode realizar no sentido de obter o desejado conforto térmico. São essas as principais ações apontadas: *modificação em sua geração de calor; modificação da taxa de perda de calor; modificação no ambiente térmico; seleção de um ambiente diferente*. Essas ações, podem ser entendidas como sendo as oportunidades que as pessoas possuem para se adaptar, ou para atingir seu conforto.

Humphreys (1992), analisando à regulação comportamental, relatou que as pessoas tendem a buscar naturalmente as condições confortáveis, que além de

sombra ou sol, vento e proteção, também procuram regular sua postura, atividade e vestimenta para obter conforto. O autor salienta ainda, que o conforto térmico é grandemente facilitado, quando o meio térmico é prognosticado.

De maneira similar ao comentado com relação as pesquisas laboratoriais, as pesquisas de campo também possuem limitações, as quais não sendo cuidadosamente observadas podem levar a resultados não confiáveis ou pouco significativos. As principais limitações existentes nestes tipos de pesquisas, são referentes à correta identificação e medição das variáveis ambientais. Como as mesmas são realizadas em ambientes reais, não uniformes, deve-se atentar para o fato da homogeneidade do ambiente (ISO/DIS 7726, 1996). Como geralmente os ambientes não são homogêneos a maioria das medições das variáveis ambientais são determinadas incorretamente. Outro fator de limitação é a dificuldade de alguns pesquisadores em possuírem os equipamentos adequados de medição, o que faz com que certas variáveis não sejam medidas em alguns estudos, sendo que nesses casos os resultados podem levar a resultados falseados.

Além disso, deve-se cuidar, segundo Humphreys (1995), da subjetividade da sensação térmica, comum em casos onde se analisam situações reais. Diz o autor que quando esteve no Paquistão, ao andar pelas ruas quentes da cidade, a uma temperatura média de 45°C, até o apartamento de um habitante, teve ao entrar uma sensação de um ambiente muito confortável, como se o mesmo estivesse com uma temperatura de 25°C, quando após ter sido medida se mostrou ser de 32°C, o que não pode ser caracterizada como uma temperatura confortável. Nicol et al (1994), também destaca que de acordo com a extensão territorial ou das variações climáticas de um país, onde se estejam desenvolvendo pesquisas de campo, os resultados de uma única pesquisa de campo podem não representar os critérios ideais a serem estabelecidos ao país como um todo. Seu estudo é baseado em suas pesquisas realizadas em cinco regiões do Paquistão, onde o autor afirmou que a temperatura de projeto não poderia ser padrão, pois o estudo realizado no inverno apresentou diferenças da ordem de 6K entre a temperatura de conforto de um local para o outro. Este fato também pode ser observado quando comparam-se os estudos realizados por Araújo (1996), realizado no litoral nordestino brasileiro e os realizados por Xavier (1999), realizado no litoral sul brasileiro, os quais apresentaram zonas de conforto para populações similares (escolares), bastante distintas.

2.3 – Estilo de vida

O estilo de vida das pessoas, pode ser entendido como um conjunto de ações, normas, hábitos e atitudes, que as pessoas adotam conscientemente para nortear suas vidas. Com o progresso da civilização, os avanços da tecnologia e as comodidades do mundo moderno, houve uma profunda alteração no estilo de vida das pessoas, mas a pergunta atual é: Será que para melhor?

Segundo Tunes e Oliveira (1997), retratando os resultados de uma pesquisa realizada pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, mostrou um retrato bem diferente do brasileiro dos anos 90. *“Ele já não se parece com o Jeca Tatu. Ganhou mais anos de vida, foi para a cidade, tem menos filhos e, hoje morando numa casa com geladeira e água encanada, já não sofre mais de desnutrição, mas de obesidade. Livrou-se da verminose, mas nem por isso é menos infeliz: acomete-o agora a hipertensão. E é quase certo que não morrerá de sarampo, mas sim de Aids ou tuberculose”*.

De acordo com Nahas (1998), “o organismo humano foi construído para ser ativo. Nossos ancestrais eram muito ativos, por necessidade (caça, pesca, fuga, busca de refúgio etc.) e por falta de opções. Nas civilizações modernas, a mecanização, a automação e a tecnologia nos têm eximido, em grande parte, das tarefas físicas mais intensas no trabalho e nas atividades da vida diária. Da mesma forma, as muitas opções do chamado lazer passivo (televisão, jogos eletrônicos) têm reduzido muito a parcela de nosso tempo livre em que somos fisicamente ativos (lazer ativo – esportes, dança, caminhadas, jogos ao ar livre, etc.). Estes meios de poupar esforço, apesar de proporcionarem conforto e maior produtividade, não diminuem, entretanto, a necessidade de exercitarmos regularmente nosso organismo para que os males do sedentarismo não prejudiquem nosso estado geral de saúde física e mental, reduzindo, a médio e longo prazos, a qualidade de nossas vidas”.

Ainda segundo o autor, “pesquisas nos países mais desenvolvidos e em desenvolvimento (como o Brasil) têm mostrado que o estilo de vida, mais do que nunca, passou a ser um dos mais importantes determinantes da saúde dos indivíduos, grupos e comunidades. Até o início deste século, vimos passar um período onde, predominantemente, a saúde pública se assentava em ações de melhoria ambiental,

causa principal da mortalidade populacional. Mais recentemente, apesar de ainda existirem muitos locais com problemas de ordem primária (ambientais), ou com assistência médica deficiente, observa-se uma verdadeira revolução na saúde pública, com a prevenção e os comportamentos individuais (estilo de vida) tomando lugar proeminente na questão da promoção da saúde e redução da mortalidade por todas as causas. Os maiores riscos para a saúde e o bem estar, agora, para a maioria da população, advém do próprio comportamento individual. Principalmente a partir da meia idade (40-60 anos), a mobilidade, a autonomia e a qualidade de vida das pessoas está diretamente associada aos fatores dos estilo de vida, como os mencionados no *Pentáculo do Bem Estar*”, representado na figura 2.3 abaixo:

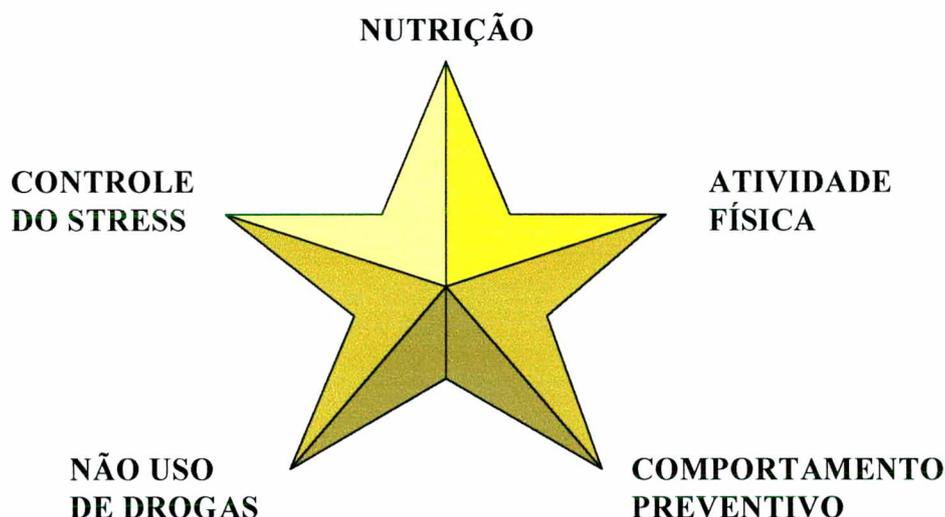


FIGURA 2.3: Fatores que influenciam o estilo de vida
FONTE: Nahas (2000)

Como o trabalho a ser desenvolvido como tese de doutorado é relacionado a conforto térmico de pessoas, bem como às respostas psicofisiológicas das pessoas frente às condições ambientais, é importante a abordagem do processo metabólico humano (fonte de produção de calor do organismo), bem como de alguns fatores que possam estar relacionados com o mesmo.

De acordo com Iida (1989), o metabolismo aborda os aspectos energéticos do corpo humano. A energia provém da alimentação e, o processo em si faz com que o homem possa vir a ser comparado a uma máquina térmica.

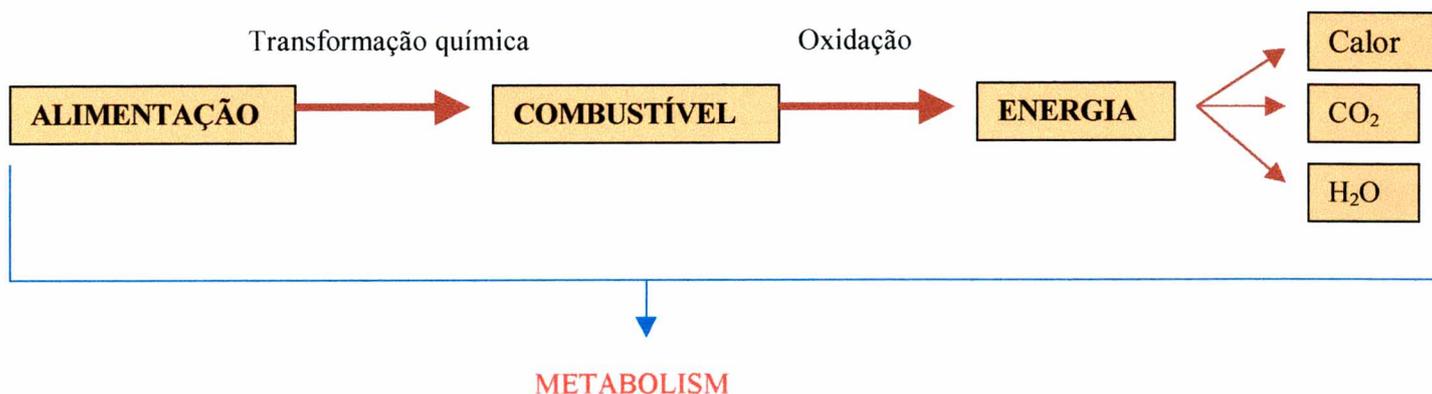


FIGURA 2.4: Representação esquemática do processo metabólico

Essa energia produzida pelo organismo, deve ser suficiente para fazer com que a pessoa esteja apta a: (a) manter-se viva (metabolismo basal); (b) executar atividades (metabolismo adicional). O somatório dessas duas porções metabólicas, é denominada neste trabalho de taxa metabólica.

Conforme se observa na figura 2.4, a alimentação é o início do processo metabólico em si, e a mesma também está configurada no “Pentáculo do Bem Estar” (Nutrição), figura 4, como um dos fatores referentes ao estilo de vida humano.

Outros dois fatores que serão abordados neste trabalho, são os referentes aos hábitos de atividade física das pessoas e ao nível de stress a que estão submetidas essas pessoas. A atividade física habitual ou condicionamento físico, faz com que os indivíduos possuam um maior ritmo e cadência nos movimentos musculares, evitando dessa forma, gastos energéticos desnecessários, bem como possuem um maior poder aeróbico, aumentando dessa forma a capacidade de realização de atividades. O nível de stress diferencia as pessoas com relação à velocidade de batimento cardíaco (taquicardia), bem como provoca reações hormonais no organismo, as quais alteram seu funcionamento normal. É um dos objetivos deste trabalho, a verificação se existe um relacionamento significativo entre a taxa metabólica e esses três fatores de estilo de vida (além de fatores morfológicos das pessoas), de maneira que se possa fazer uma predição da taxa metabólica em função deles.

De acordo com Haskell (1984), as pessoas que são mais ativas fisicamente durante a vida, possuem geralmente o benefício de um mais alto nível de saúde e capacidade funcional, que as pessoas sedentárias. Estes benefícios na saúde e performance, são os resultados integrados de grande variedade de trocas físicas e biológicas por quem é mais ativo fisicamente. Em resposta ao aumento da demanda

de energia pelos movimentos dos músculos, muitos dos sistemas do organismo são ativados. O exercício, dependendo do tipo, intensidade, duração e frequência, ativam muitos sistemas orgânicos, tais como: muscular, esquelético, cardiorespiratório, metabólico, neuro-endócrino, gastrointestinal e imunológico; bem como produzem benefícios relativos à saúde.

Segundo Steen e Butterfield (** Diet and Nutrition), uma adequada e balanceada dieta é essencial para uma ótima performance e funcionalidade. Energia (medida em calorias), é a fonte potencial para o trabalho e, é um conceito de nutriente. Segundo os autores, a maior fonte de energia para o trabalho muscular é a glicose, armazenado como glucogênio nos músculos e no fígado. Adequados volumes de glucogênio armazenado são obtidos por uma ingestão calórica diária adequada e pelo consumo de carboidratos. Sintomas de pouco consumo de carboidratos, incluem fadiga, cansaço, incapacidade para manter suas normal intensidade de exercícios e deterioração da performance.

Sime et al (1980), analisando as respostas humanas a situações de stress, apontou que um dos mais interessantes e relevantes sinais físicos do stress, são as mãos frias e úmidas, como observado em uma ocasião social onde se encontra alguma pessoa pela primeira vez. Com isto, o autor ressalta que é importante prestar muita atenção à palma da mão das pessoas ao início e término de alguma atividade. Indivíduos que exibem a palma da mão aquecida e seca, estão normalmente confortáveis, tranquilos e relaxados com a situação. Aqueles cujas mão estiverem levemente frias ou úmidas estão apresentando algum grau de preocupação, enquanto aqueles cujas mãos estiverem frias ou suadas, estão altamente preocupados ou preocupados.

Analisando os fatores que influenciam a qualidade de vida, que segundo Nahas (1995) pode ser considerada *como um conjunto de parâmetros individuais, sócio-culturais e ambientais que caracterizam as condições em que vive o ser humano*, Shephard (1997), concluiu que fatores físicos, sociais, cognitivos, produtividade pessoal, entre outros, podem todos influenciar a qualidade total da vida de uma pessoa. Ainda segundo o autor, uma atividade física regular e planejada, tem um aspecto positivo em muitos fatores relacionados a qualidade de vida, tais como: bem estar físico, bem estar psicológico, níveis percebidos de funcionalidade física, social e cognitiva.

2.4 – Análise Causal, “Path analysis” ou Análise de fluxo

Segundo manual publicado pela Universidade de São Francisco, Califórnia, E.U.A. (<http://luna.cas.usf.edu/~mbrannic/files/regression/Pathan.html>), a análise de fluxo foi desenvolvida como um método estatístico de decomposição das correlações em diferentes partes, para a interpretação dos efeitos de uma variável sobre outra. A análise causal é muito similar à análise de regressão múltipla, onde pode-se dizer que a regressão é um caso especial da análise causal. A razão para o nome, “Análise Causal”, é que a técnica permite testar proposições teóricas sobre causa e efeito, sem a manipulação das variáveis.

A modelagem causal, contudo, refere-se a uma afirmação do modelo, mais do que uma propriedade do resultado ou consequência da técnica.

Segundo Pedhazur (1982), a análise de fluxo foi desenvolvida por Sewall Wright em 1934, como um método para analisar os efeitos diretos e indiretos de variáveis hipotetizadas como “causas”, sobre as variáveis tratadas como “efeitos”.

A representação gráfica de um modelo causal, embora não seja essencial à análise numérica em si, geralmente é feita através de um diagrama de fluxo, vide figura 2.5, que é um dispositivo útil para mostrar graficamente o tipo de relacionamento causal entre um conjunto de variáveis.

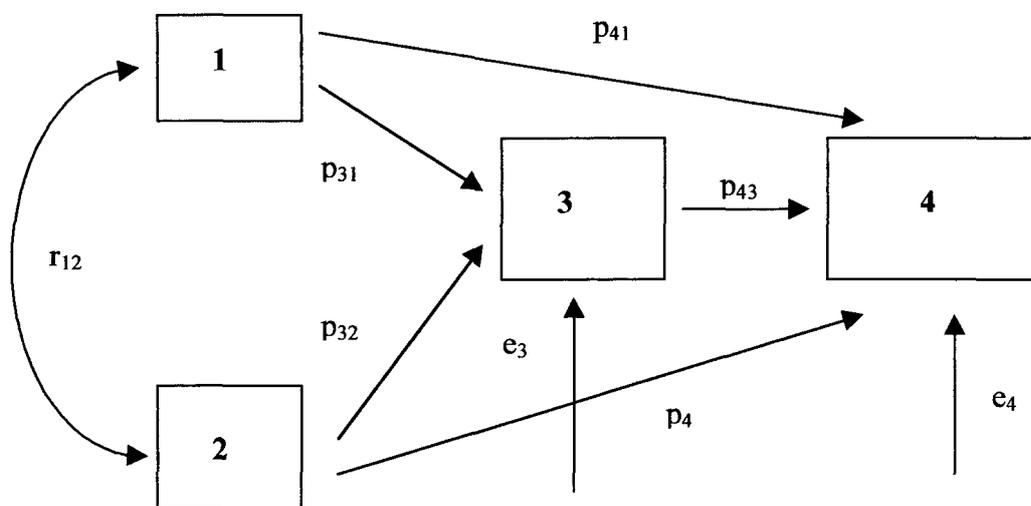


FIGURA 2.5: Exemplo de diagrama de fluxo, ou diagrama causal.

Na figura apresentada acima, β_{41} , β_{42} , β_{43} , β_{32} e β_{31} , são chamados de coeficientes de fluxo ou causais, r_{12} representa a correlação entre a variável 1 e a variável 2 sendo que e_3 e e_4 são os termos de erro inseridos no modelo.

Segundo Wright, apud Pedhazur (1982), os coeficientes de fluxo representam a fração do desvio padrão da variável dependente (com o devido sinal), para a qual a variável independente é diretamente responsável. Em outras palavras, pode-se dizer que o coeficiente de fluxo representa o efeito direto da variável independente sobre a variável dependente.

Algumas definições importantes para a aplicação de um modelo causal, estão mencionadas abaixo, segundo Hair et al (1984), Schumaker e Lomax (1996) e Arbuckle (1977), site: <http://www.brad.ac.uk/acad/mancen/skills/sem/semglos.html>.

- *Relação Causal*: Uma relação de dependência entre duas ou mais variáveis, onde uma ou mais variáveis são claramente especificadas como causas, ou criam resultados representados por no mínimo uma outra variável;
- *Causalidade*: O princípio pelo qual “causa e efeito” é estabelecido entre duas variáveis. Isto requer que haja suficiente grau de associação entre as duas variáveis (correlação); que uma ocorra antes da outra; que não haja outras causas razoáveis para a variável resultante ou variável efeito.
- *Variável Endógena*: Uma variável que é dependente ou resultante de no mínimo uma relação causal. Em termos de diagrama de fluxo, há uma ou mais setas causais chegando na variável endógena;
- *Variável Exógena*: Uma variável que atua somente como preditor ou causa de outra variável no modelo. Em diagramas de fluxo, as variáveis exógenas são aquelas que apresentam somente setas causais partindo delas e que não são preditas por nenhuma outra variável do modelo.

A utilização ou aplicabilidade de um modelo causal, deve seguir, segundo Pedhazur (1982), quatro pressupostos básicos:

1. As relações entre as variáveis no modelo são lineares, aditivas e causais. Logo, relações curvilíneas, multiplicativas ou iterativas são excluídas;

2. Cada resíduo não está relacionado com a variável que o precede no modelo;
3. Existe somente uma direção de fluxo causal no sistema. Isto quer dizer que a causalidade recíproca não pode ocorrer;
4. As variáveis são medidas em uma escala intervalar;

Segundo pesquisa efetuada por Xavier e Lamberts (1998), analisando os efeitos das variáveis ambientais e isolamento térmico de vestimentas sobre as sensações térmicas de estudantes desempenhando atividade escolar em Florianópolis, SC, através de modelo causal, foi observado que as variáveis independentes eram responsáveis por 85% da variação da variável dependente (45% devido aos efeitos diretos; 27% devido aos efeitos indiretos e 13% devido aos efeitos indeterminados). Com isso, o estudo mostrou também que 15% da variação das sensações térmicas era devido à variáveis desconhecidas não inseridas no modelo, provavelmente variáveis referentes às características individuais dos estudantes. A pesquisa também concluiu que a equação de predição obtida por análise causal mostrou-se bastante similar à equação de predição das sensações térmicas obtida por análise de regressão múltipla.

3 – METODOLOGIA

Os objetivos do presente trabalho foram alcançados a partir dos resultados obtidos e analisados de pesquisas de campo, os quais seguiram a metodologia apresentada abaixo:

3.1 - Caracterização das variáveis de influência sobre o conforto térmico das pessoas

Como a sensação de conforto térmico é obtida a partir de uma interação entre o homem e o meio ambiente, para sua análise é fundamental o conhecimento de três tipos de variáveis distintas, aqui denominadas: *variáveis ambientais, variáveis pessoais e variáveis individuais*.

* Variáveis ambientais: São as referentes às condições termo-climáticas do ambiente pesquisado, as quais foram medidas pelo equipamento detalhado em item posterior, sendo que, para estudos de conforto térmico são, segundo a norma internacional ISO 7730 (1994), as variáveis apontadas por Fanger (1970), quais sejam, *temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e umidade relativa do ar*.

* Variáveis pessoais: São aquelas referentes às pessoas em si, quais sejam, *atividade desempenhada e isolamento térmico das roupas*, as quais segundo a ISO 7730 completam o rol de variáveis necessárias à obtenção da condição de conforto térmico. Nesse estudo, também foram levantadas as *sensações reais de conforto térmico* das pessoas, bem como suas *preferências térmicas*, através de questionários apropriados, constantes do anexo C.

* Variáveis individuais: São aquelas inerentes às características individuais das pessoas analisadas, as quais são morfológicas e antropométricas, como *sexo, idade, altura e peso* e estilo de vida adotado pelos indivíduos. Esse trabalho analisará a possibilidade, diferentemente dos estudos de Fanger (1970) e dos preceitos da ISO 7730 (1994), de que a taxa metabólica de indivíduos desempenhando a mesma atividade, seja função dessas características individuais. O estilo de vida adotado pelos indivíduos, será aqui representado pelo *nível de atividade física das pessoas*, pelos seus *hábitos alimentares* e pelo *nível de stress psicológico* a que estão submetidos os indivíduos pesquisados. A coleta dessas variáveis foi feita em questionário apropriado, apresentado no anexo D.

3.2 - Delimitação do campo das pesquisas

Por objetivar o presente trabalho, o estabelecimento de parâmetros e condições de conforto térmico para indivíduos desempenhando atividades sedentárias, as pesquisas foram feitas em ambientes escolares e de escritórios, por estes representarem a grande maioria das atividades sedentárias. Os ambientes de escritório, citados em capítulo anterior, possuíam sistemas de condicionamento central de ar, enquanto os ambientes escolares eram desprovidos de tal dispositivo.

Devido às dificuldades normalmente encontradas em estudos de campo, mais notadamente no aspecto financeiro da realização da pesquisa, as medições e análises só puderam ser efetuadas em três regiões brasileiras; Sul, Centro-Oeste e Nordeste, mais especificamente em Florianópolis, Brasília e Recife. Estas pesquisas foram possíveis devido ao apoio e auxílio financeiro recebido da Universidade Federal de Santa Catarina, Banco Central do Brasil, Universidade Federal da Paraíba e Caixa Econômica Federal de Recife – PE.

De acordo com a tabela constante do anexo B, foram realizados 279 conjuntos de medições ambientais, coletados 3521 conjuntos de dados pessoais e 841 conjuntos de características individuais.

3.3 – Escolha e preparo do ferramental necessário

Basicamente, o ferramental utilizado nas pesquisas foram os equipamentos para medições de variáveis ambientais e equipamento para medição indireta de metabolismo através do consumo de oxigênio, os questionários para coletas das variáveis pessoais e os questionários para as coletas das características individuais.

3.3.1 – Medições das variáveis ambientais:

As variáveis ambientais, foram obtidas através de medições realizadas com estação microclimática marca BABUC-A (Laboratori di Strumentazione Industriali – Itália), o qual é composto de transdutores conectados a um dispositivo registrador de dados, “data logger”, o qual por sua vez procede o fornecimento dos dados medidos a um microcomputador PC, onde os dados são visualizados e analisados por programas computacionais apropriados. Em algumas poucas medições realizadas em 1999, também foi utilizado o equipamento similar, denominado THERMAL COMFORT DATA LOGGER – TYPE 1221 (Innova – Bruel & Kjaer, Dinamarca).

Os transdutores relacionados abaixo, conectados aos respectivos equipamentos, fornecem as seguintes leituras:

BABUC – A:

Psicrômetro de aspiração forçada: temperatura de bulbo seco (temperatura do ar) e temperatura de bulbo úmido, e conseqüentemente a umidade do ar.

Características Técnicas:

Temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido: Resolução de 0,03°C, precisão de $\pm 0,13^\circ\text{C}$, tempo de resposta de 90s e campo de medição de -20°C a 60°C .

Umidade relativa: resolução de 0,1%, precisão de $\pm 0,5\%$ de 70 a 98% de umidade, $\pm 1\%$ de 40 a 70% de umidade e $\pm 2\%$ de 15 a 40% de umidade, campo de medição de 0 a 100%

Termômetro de globo: temperatura de globo, a qual, em conjunto com a temperatura do ar e velocidade do ar, fornece a temperatura média radiante.

Características Técnicas:

Temperatura de globo: Resolução de 0,03°C, precisão de $\pm 0,15^\circ\text{C}$, tempo de resposta de 20min, campo de medição de -10°C a 100°C .

Anemômetro de fio quente: velocidade do ar

Características Técnicas:

Velocidade do ar: Resolução de 0,01m/s, precisão de $\pm 0,04$ m/s para velocidades de 0 a 1 m/s e de $\pm 4\%$. Va para velocidades maiores que 1 m/s, tempo de resposta de 2s, campo de medição de 0 a 50m/s.

THERMAL COMFORT DATA LOGGER – TYPE 1221:

Transdutor para temperatura do ar: temperatura de bulbo seco ou temperatura do ar.

Características Técnicas:

Resolução de 0,1°C, tempo de resposta de 1 s, campo de medição de -20°C a 100°C

Transdutor para temperatura operativa: temperatura operativa, a qual, em ambientes internos moderados e com baixas velocidades de ar, pode ser entendida como a média aritmética entre a temperatura do ar e a temperatura média radiante. Em análises de conforto térmico, essa variável ambiental pode substituir as outras duas a que ela se refere.

Características Técnicas:

Resolução de 0,1°C, tempo de resposta de 1 s, campo de medição de -20°C a 100°C

Psicrômetro a espelho: temperatura de bulbo seco ou do ar e temperatura de ponto de orvalho, e conseqüentemente a umidade do ar.

Características Técnicas:

Resolução de 0,1°C, tempo de resposta de 3 min, campo de medição de -20°C a 100°C

Anemômetro de esfera aquecida: velocidade do ar.

Características Técnicas:

Resolução de 0,01m/s, tempo de resposta de 0.05 s, campo de medição de 0 a 10m/s.

Os valores apresentados nas características técnicas de ambos os equipamentos, estão de acordo com os preceitos da Norma Internacional ISO/DIS 7726 (1996).

Ambos os equipamentos, quando de suas aquisições, no início do ano de 1997, vieram pré-calibrados das fábricas, porém antes da realização das pesquisas os sensores do equipamento BABUC A passaram por testes comparativos, utilizando-se como referência termômetros e sensores calibrados do LMPT (Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas dos Materiais) do Curso de Engenharia Mecânica da UFSC e do LabCon (Laboratório de Conforto Ambiental) do Curso de Arquitetura da UFSC.

As tabelas 3.1, 3.2 e 3.3, apresentam os resultados da aferição

TABELA 3.1: Resultados de análise de conferência comparativa do termômetro de bulbo seco.

HORÁRIO	UTILIZADO	PRÉ CALIBRADO	DIFERENÇAS
11:02	24,55°C	24,50°C	0,05K
11:05	24,59°C	24,50°C	0,09K
11:08	24,65°C	24,45°C	0,20K
11:11	24,50°C	24,30°C	0,20K
11:14	24,42°C	24,35°C	0,07K
11:17	24,46°C	24,50°C	0,04K
11:20	24,57°C	24,50°C	0,07K
11:23	24,50°C	24,30°C	0,20K
11:26	24,35°C	24,30°C	0,05K
11:29	24,54°C	24,50°C	0,04K

As diferenças verificadas, embora ultrapassadas em 2 leituras pelo especificado pelo fabricante, está de acordo com o limite desejável para esta leitura, conforme ISO-DIS 7726 (1996).

TABELA 3.2: Resultados da análise de conferência comparativa da umidade relativa do ar:

HORÁRIO	UTILIZADO	PRÉ - CALIBRADO	DIFERENÇAS
11:02	59,26%	61,12%	1,86%
11:05	59,00%	60,43%	1,43%
11:08	58,72%	60,00%	1,28%
11:11	58,45%	59,87%	1,42%
11:14	59,12%	60,42%	1,30%
11:17	57,33%	59,16%	1,83%
11:20	60,42%	62,35%	1,93%
11:23	58,86%	61,23%	2,37%
11:26	59,00%	60,47%	1,47%
11:29	59,60%	61,00%	1,40%

Muito embora a precisão do equipamento esteja um pouco superior à especificada pelo fabricante para essa faixa de umidade relativa que é de $\pm 1\%$, a precisão verificada encontra-se perfeitamente de acordo com os limites recomendados pela ISO-DIS 7726 (1996), precisão até da ordem de 3%.

TABELA 3.3: Resultados da análise de conferência comparativa da temperatura de globo:

HORÁRIO	EQUIPAMENTO	EQUIPAMENTO	DIFERENÇA VERIFICADA
	LabCon	UTILIZADO	
14:00	28,12°C	28,00°C	0,12K
14:30	28,27°C	28,30°C	0,03K
15:00	28,75°C	28,80°C	0,05K
15:30	28,52°C	28,60°C	0,08K
16:00	28,86°C	28,80°C	0,06K
16:30	28,65°C	28,80°C	0,15K
17:00	28,49°C	28,50°C	0,01K
17:30	28,45°C	28,50°C	0,05K

Pelas análises comparativas acima, consta-se que tanto a precisão indicada pelo fabricante como os limites de precisão fornecidos pela ISO-DIS 7726 (1996), $\pm 0,20^\circ\text{C}$ para a temperatura média radiante, estão respeitados.

As figuras constantes no Anexo G (G.1 a G.11) ilustram os dispositivos e transdutores utilizados nas medições.

3.3.2 – Obtenção das variáveis pessoais:

As variáveis pessoais, descritas em item anterior, foram obtidas de dados extraídos do questionário constante no anexo C.

Os valores atribuídos para a taxa metabólica e para o isolamento térmico das vestimentas, a fim de se proceder o cálculo do PMV, foram estimados a partir de tabelas encontradas na ASHRAE Fundamentals (1997), e na ISO 7730 (1994). Como os valores apresentados nas tabelas representam valores médios de pessoas já estabilizadas na execução das atividades, e não em regime transiente, todas as medições foram efetuadas com as pessoas desempenhando as atividades há no mínimo 30 minutos. As imprecisões relativas aos valores da taxa metabólica e isolamento térmico das roupas foram levadas em consideração nas análises conclusivas finais, sendo as mesmas da seguinte ordem:

- *Isolamento térmico das roupas:* A ASHRAE, através de estudos realizados por McCullough e Jones, estima que a precisão do valor varie em torno de 25%.
- *Taxa metabólica:* Os valores apresentados nas tabelas citadas, possuem precisão variável conforme o tipo de atividade realizada. Para atividades bem definidas, com taxas metabólicas inferiores a 1,5 met, a tabela é suficientemente precisa para os propósitos de engenharia. Para atividades pesadas ou pobremente definidas, com taxas superiores a 3 met, principalmente onde hajam variações na maneira de sua realização, os valores das tabelas podem incorrer em imprecisões da ordem de até 50%.

A escala de percepção ou de sensações térmicas utilizada neste trabalho, foi a de sete pontos, conforme preceituado pela ISO 10551 (1995). A principal diferença entre a escala normalizada, foi de que nestas pesquisas efetuadas as escalas apresentaram uma linguagem mais informal, a fim de possibilitar um melhor entendimento por parte dos estudantes adolescentes e de funcionários de escritório não muito familiarizados com este tipo de pesquisas. Fergus Nicol (1993), sugere a adoção de uma escala de sete pontos, porém apresentada de maneira semântica diferencial, com sete espaços não numerados e nem escritos, a fim de se evitar a

possibilidade de conotação positiva do “levemente quente”, quando se estiver em climas frios e do “levemente frio”, quando se estiver em climas quentes.

Neste trabalho não será utilizada a escala semântica sugerida por Nicol, por se concluir que a escala preconizada pela ISO 10551 (1995), apresenta uma maior facilidade em seu preenchimento por parte dos entrevistados.

Os quadro ilustrativos de 1 a 3 a seguir, apresentam as escalas mencionadas e as utilizadas neste trabalho.

QUADRO 1: Escalas de percepção ou de sensações existentes e normalizadas:

<i>Como você descreveria a maneira que está se sentindo nesse momento?</i>			
ASHRAE ou ISO 10551 (1995)		BEDFORD	
MUITO QUENTE	+3	MUITO QUENTE	+3
QUENTE	+2	QUENTE	+2
LEVEMENTE QUENTE	+1	CONFORTAVELMENTE QUENTE	+1
NEUTRO	0	CONFORTÁVEL	0
LEVEMENTE FRIO	-1	CONFORTAVELMENTE FRIO	-1
FRIO	-2	FRIO	-2
MUITO FRIO	-3	MUITO FRIO	-3

QUADRO 2: Escala de percepção ou de sensação sugerida por NICOL:

<i>Como você descreveria a maneira que está se sentindo nesse momento?</i>	
<i>Confortável</i>	
<i>Extremamente Quente</i>	<input type="checkbox"/>
	<i>Extremamente Frio</i>

QUADRO 3: Escalas de percepção ou de sensações utilizadas neste trabalho:

<i>Como você descreveria a maneira que está se sentindo nesse momento?</i>			
Ambientes escolares		Ambientes de escritório	
COM MUITO CALOR	+3	COM MUITO CALOR	+3
COM CALOR	+2	COM CALOR	+2
COM UM POUQUINHO DE CALOR	+1	LEVEMENTE COM CALOR	+1
BEM. NEM CALOR, NEM FRIO	0	NEUTRO	0
COM UM POUQUINHO DE FRIO	-1	LEVEMENTE COM FRIO	-1
COM FRIO	-2	COM FRIO	-2
COM MUITO FRIO	-3	COM MUITO FRIO	-3

Visando confirmar a coerência e veracidade dos dados pessoais obtidos das escalas de percepção ou de sensações anteriores, e também visando a análise comparativa para efeito de determinação da percentagem de pessoas insatisfeitas com os ambientes, também foram coletados dados referentes às preferências térmicas dos entrevistados. Foi utilizado para este fim escalas de preferências também de sete pontos, conforme utilizado no Projeto Pascool, Baker et al (1995), em medições efetuadas em Atenas e devidamente preconizada pela ISO 10551 (1995). O quadro 4 abaixo, apresenta as escalas de preferências utilizadas neste trabalho.

QUADRO 4: Escalas de preferências utilizadas neste trabalho:

<i>Como você gostaria de estar se sentindo nesse momento?</i>			
Ambientes escolares		Ambientes de escritório	
BEM MAIS QUENTE	+3	BEM MAIS AQUECIDO	+3
MAIS QUENTE	+2	MAIS AQUECIDO	+2
UM POUQUINHO MAIS QUENTE	+1	UM POUCO MAIS AQUECIDO	+1
ASSIM MESMO, NEM MAIS QUENTE OU FRIO	0	ASSIM MESMO	0
UM POUQUINHO MAIS FRIO	-1	UM POUCO MAIS REFRESCADO	-1
MAIS FRIO	-2	MAIS REFRESCADO	-2
BEM MAIS FRIO	-3	BEM MAIS REFRESCADO	-3

3.3.3 – Medições das variáveis ou características individuais:

As variáveis ou características individuais, descritas em item anterior, foram obtidas a partir de dados extraídos do questionário constante do anexo D. Dentro dessas características, as antropométricas são quantitativas e respondidas diretamente pelo entrevistado, porém as referentes ao estilo de vida, como atividade física, hábitos de alimentação e nível de stress, necessitam de avaliação e respectiva valoração.

Segundo Nahas (1996), as maiores dificuldades na avaliação da atividade física habitual nos diversos grupos populacionais referem-se a: (a) inexistência de um método preciso que possa servir de critério de referência; (b) cada instrumento parece medir aspectos específicos da atividade física, ainda não bem definidos; (c) diferentes definições operacionais de atividade física são empregadas, dificultando a generalização de conclusões ou comparações; (d) diferentes grupos populacionais, caracterizados pela faixa etária, etnia, sexo e nível social, requerem validação específica dos instrumentos, ou seja, um instrumento pode ser válido para uso em adolescentes, mas não em crianças ou idosos.

Dificuldades similares a essas apresentadas acima, também podem ser apontadas em métodos de avaliação de hábitos alimentares e níveis de stress a que estão submetidas as pessoas. Não obstante a essas dificuldades, as questões específicas a cada um dos três aspectos, apresentadas no questionário deste trabalho, foram extraídas de modelos que facilmente podem ser obtidos por profissionais ou pessoas ligadas à área de estudo.

As questões referentes à atividade física, foram extraídas de modelo de questionário proposto por Nahas (1999), adaptado de Russel Pate Laboratório de Performance Humana, University of South Carolina. As questões referentes ao nível de estresse verificado entre os estudantes foram extraídas de modelo apresentado em artigo de Nieman (1993), publicado pela Revista *Vida e Saúde*, o qual foi simplificado nesse trabalho, para efeito de operacionalização da pesquisa. De forma análoga, as questões utilizadas nesse trabalho para avaliar os hábitos alimentares foram extraídas de modelo apresentado no guia de Nutrição, denominado “*Você tem se alimentado corretamente?*”, da rede de Drogarias Farmais, apresentada por Nahas (1999), o qual também foi simplificado nesse trabalho.

Embora as variáveis possuam um caráter qualitativo, as mesmas receberam pontuação quantitativa conforme própria sugestão das fontes citadas, cuja pontuação encontra-se no anexo D.

3.3.4 – Medição indireta de metabolismo:

Um dos objetivos do presente trabalho, foi analisar a possibilidade de se obter um algoritmo analítico que expresse o valor da taxa metabólica em função das variáveis ou características individuais, tanto as antropométricas como as referentes ao estilo de vida.

Para que isto seja possível, é necessário que se possua um valor preciso e individual da taxa metabólica das pessoas desempenhando atividades sedentárias, bem como se conheçam as características individuais de cada indivíduo. A generalização de um algoritmo analítico, se deu então por análises de regressão linear múltipla.

Segundo a ISO 8996 (1990), existem níveis de precisão para a determinação da taxa metabólica. A tabela 3.4 a seguir, apresenta a caracterização desses níveis.

TABELA 3.4: Níveis para a determinação da taxa metabólica:

NÍVEL	MÉTODO	ACURACIDADE	INSPEÇÃO DO LOCAL DO TRABALHO
I	A – Classificação de acordo com o tipo de atividade	Informações brutas, onde o risco de erro é muito grande	Não necessário
	B – Classificação de acordo com a ocupação		Quais os equipamentos técnicos e organização do trabalho
II	A – Uso de tabelas ou registro em grupos	Alto risco de erros Acuracidade: $\pm 15\%$	Tempo de estudo é necessário
	B – Uso de tabelas estimativas para atividades específicas		
	C – Uso de taxa cardíaca sob condições definidas		Não necessário
III	Medições	Risco de erros dentro de limites de acuracidade da medição e do tempo de estudo. Acuracidade: $\pm 5\%$	Tempo de estudo é necessário.

No presente trabalho optou-se pela determinação da taxa metabólica pelo nível III, *Medições*, por ser o que apresenta resultados com maior acuracidade.

Conforme a mesma Norma Internacional, nesse nível a taxa metabólica pode ser determinada por dois métodos principais:

- Método parcial, utilizado em avaliações de taxas metabólicas para atividades leves ou moderadamente pesadas;
- Método Integral, utilizado em avaliações de taxas metabólicas para atividades pesadas e de curta duração.

Por ser a atividade analisada em questão, atividade leve (sedentária), utilizou-se o método parcial.

Por este método, é medido diretamente o consumo de oxigênio das pessoas, durante a realização da atividade, por intermédio de equipamento apropriado. O *Equivalente Energético* (EE) de oxigênio, é utilizado para converter o consumo de oxigênio em taxa metabólica. Este equivalente energético depende do tipo de metabolismo, o qual é indicado pelo quociente respiratório (RQ), representando o quociente entre o volume de dióxido de carbono (V_{CO_2}) expirado e o volume de oxigênio (V_{O_2}) inspirado. O formulário utilizado para a obtenção da taxa metabólica é o preconizado pela ISO 8996 (1990), o qual está apresentado pelas equações 36 a 39 a seguir.

$$EE = (0,23.RQ + 0,77) \times 5,88 \quad [36]$$

onde:

EE é o equivalente energético, expresso em $W.h / l(O_2)$

RQ é o quociente respiratório, adimensional.

$$RQ = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}} \quad [37]$$

onde:

V_{CO_2} é o volume de dióxido de carbono produzido, em l / h

V_{O_2} é o volume de oxigênio consumido, em l / h

$$M = EE.V_{O_2} \cdot \frac{1}{A_{DU}} \quad [38]$$

onde:

M é a taxa metabólica, expressa em W/m^2

A_{DU} é a área superficial do corpo, ou área de superfície de pele, segundo DuBois, em m^2 .

$$A_{DU} = 0,202.m^{0,425}.h^{0,725} \quad [39]$$

onde:

m = massa corporal, em kg

h = altura corporal, em m.

O equipamento utilizado para a medição direta do consumo de oxigênio, foi o *Analizador Metabólico (Sistema de Análises Metabólicas) TEEM 100*, alocado junto

ao NuPAF, Núcleo de Pesquisa em Atividade Física e Saúde, do Departamento de Educação Física e Desportos da UFSC. As figura G.12 e G.13 do anexo G, apresentam o equipamento utilizado nas medições do consumo de oxigênio.

Este equipamento é composto de um dispositivo registrador de dados, com sensores de oxigênio e dióxido de carbono em seu interior, ao qual é conectado um dispositivo de coleta de ar denominado de *PNEUMOTACÔMETRO*, que pode ser encontrado em três tamanhos padrão (fluxo baixo, fluxo médio e fluxo alto). Devido ao tipo de atividade, sedentária, utilizou-se o pneumotacômetro com diafragma de fluxo médio.

As especificações técnicas do equipamento, são as seguintes:

- PNEUMOTACÔMETRO:

Tipo: Diafragma a fluxo médio;

Limite: 0 a 30 litros por minuto;

Limite do volume: 15 a 120 litros por minuto;

Precisão: $\pm 2\%$ da leitura, ou $\pm 0,40$ l/m;

Tempo de resposta: inferior a 10 segundos;

Resistência do fluxo: 8 cm de H₂O

SENSOR DE OXIGÊNIO:

Tipo: Célula Galvânica;

Limite: 0 a 25%

Precisão: $\pm 0,08\%$

Tempo de resposta: 0 a 90% em menos de 5 segundos.

- SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO:

Tipo: Infravermelho não dispersivo;

Limite: 0 a 10%;

Precisão: $\pm 0,05\%$;

Tempo de resposta: 0 a 90% em menos de 2 segundos.

Devido às dificuldades próprias para se realizar medições de consumo de oxigênio “in loco”, segundo a própria ISO 8996 (1990), foram realizadas medições em apenas 30 pessoas voluntárias. Todas as pessoas foram testadas no LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) da UFSC e uma delas também

foi testada no Hospital Universitário da UFSC, no desempenho rotineiro de suas funções. Os dados referentes à medição da pessoa que foi testada também no Hospital Universitário, foram descartados deste estudo, pois constatou-se que a atividade lá desempenhada não correspondia a uma atividade normal de escritório ou de salas de aula, pois a mesma exigia um dispendio bem maior de energia, com movimentação constante e com a pessoa estando em pé e se deslocando continuamente.

A figura 3.1 ilustra o processo de medição efetuado.

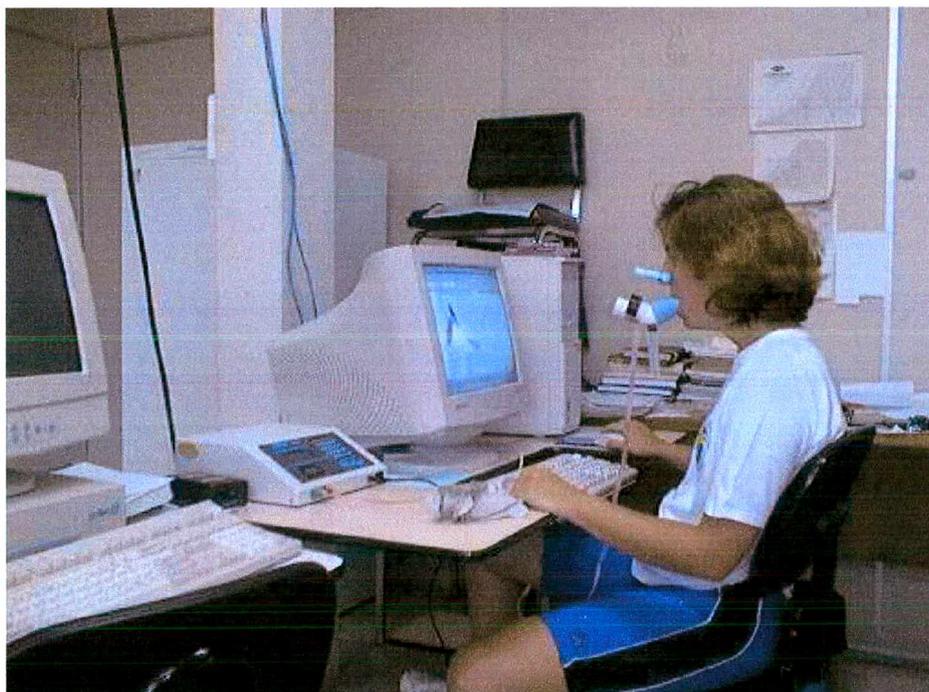


FIGURA 3.1: Processo de medição do consumo de O_2 , realizado no LabEEE

O anexo E, apresenta os dados individuais das trinta pessoas pesquisadas com relação ao consumo de oxigênio.

Após terem sido determinadas indiretamente os valores das taxa metabólicas, através do consumo de oxigênio dos trinta voluntários, valendo-se da metodologia da ISO 8996 (1990), as taxas metabólicas também foram calculadas pelo método de Haywad (1977), bem como pela metodologia de Frank (1999) e pelo equacionamento de Fanger (1970), para que se obtivesse um balizamento a respeito da confiabilidade dos resultados obtidos nas medições. Para isto foi utilizada a expressão de correlacionamento entre a temperatura média da pele e a temperatura interna do corpo, apresentado pela ASHRAE (1997), vide equação [17]. A temperatura interna

do corpo, foi considerada constante e igual a 37°C para pessoas saudáveis desempenhando atividade sedentária (ASHRAE, 1997).

As equações 40 a 42, apresentam a metodologia proposta pelos pesquisadores citados anteriormente.

$$M = \frac{[0,0314.\text{peso}.\text{(tsk, m} - 42,23).\text{(tcr} - 41,23)]}{\text{ASP}} \quad (\text{Eq. de Hayward}) \quad [40]$$

$$M = \frac{[0,059.EE.\text{(5849} - 112,3.\text{tcr} - 41.\text{tsk, m})]}{\text{ASP}} \quad (\text{Eq. de Frank}) \quad [41]$$

$$M = \frac{(35,7 - \text{tsk, m})}{0,0275} \quad (\text{Eq. de Fanger}) \quad [42]$$

3.4 – Escolha e dimensionamento das amostras

As amostras pesquisadas neste trabalho, foram compostas de alunos de 2º grau da Escola Técnica Federal de Santa Catarina, Unidade de Ensino de São José, cujos dados foram levantados em 1997 e já sofreram algumas análises e avaliações prévias (Xavier, 1999), perfazendo um total de 65 conjuntos de medições ambientais e 1415 dados pessoais. Além dessas amostras, este trabalho englobou pesquisas com estudantes universitários da Universidade Federal de Santa Catarina e usuários de edificações comerciais, mais especificamente de escritórios, do SESI e Eletrosul em Florianópolis – SC, Banco Central do Brasil em Brasília – DF, e Caixa Econômica Federal em Recife – PE.

O tamanho total da amostragem analisada neste trabalho, compreendeu 279 conjuntos de medições ambientais, com 3521 conjuntos de dados pessoais e 841 conjuntos de variáveis individuais.

A tabela 3 do anexo F, apresenta a amostragem referentes às medições efetuadas. Nesta tabela, os valores referentes às variáveis pessoais, como taxas

metabólicas, isolamentos térmicos de vestimentas, sensações e preferências térmicas, bem como os valores das características individuais, morfológicas e de estilo de vida, representam uma média aritmética das pessoas que se encontravam presentes durante as medições e estavam sujeitas às mesmas variáveis ambientais.

Conforme já mencionado anteriormente, as atividades analisadas representam a grande maioria das atividades sedentárias e o volume de amostras e dados pesquisados conferem um bom significado aos resultados a que vieram a ser obtidos.

As cento e oitenta e nove primeiras medições apresentadas na tabela 1 do anexo F, apresentam valores constantes e tabelados para a taxa metabólica, $M = 70 \text{ W/m}^2$ (ASHRAE Fundamentals, 1997), devido ao fato de que não se possuíam dados ou características individuais dessa população pesquisada. Por esse motivo, os dados referentes a essas medições não entrarão na análise do modelo causal a ser efetuado, visando a obtenção de um algoritmo analítico apropriado para as sensações térmicas. Esses dados porém serão analisados em conjunto com os outros, para efeito do cálculo do PMV e PPD, da percentagem real de pessoas insatisfeitas, da temperatura interna de conforto e da zona de conforto para pessoas desempenhando atividades sedentárias.

Convém ressaltar que, não obstante a extração desses sessenta e cinco conjuntos de dados das análises do modelo causal, o mesmo ainda contou com 90 conjuntos de dados de três regiões distintas do Brasil, os quais foram elaborados a partir de 90 conjuntos de variáveis ambientais, 841 conjuntos de variáveis pessoais e 841 conjuntos de características individuais.

Todas as medições ambientais e coleta de dados pessoais efetuadas, seguiram os preceitos da Normalização Internacional existente (ISO 8996, 1990; ISO 7730, 1994; ISO 10551, 1995; ISO 9920, 1995; e ISO/DIS 7726, 1996;).

3.5 – Análises matemáticas e estatísticas dos dados

De posse de todos os conjuntos de variáveis ambientais, pessoais e subjetivas, constantes do anexo F, os cálculos matemáticos e análises estatísticas efetuados, visaram:

3.5.1 – Obtenção dos valores da taxa metabólica média de cada medição:

A taxa metabólica média por medição, foi determinada a partir de análise de regressão linear múltipla efetuada entre os valores medidos e determinados da taxa metabólica e as características individuais dos trinta voluntários pesquisados no LabEEE.

Essa análise forneceu uma expressão linear do tipo:

$$M = a.Se + b.Id + c.ASP + d.IMC + e.AF + f.HA + g.St + h$$

sendo:

a, b, c, d, e, f, g, h os parâmetros ou estimadores de regressão.

Sobre essa análise, foram feitos os respectivos testes estatísticos de hipóteses, tanto no que diz respeito à validade do modelo, como à significância dos estimadores de regressão.

3.5.2 – Cálculo do PMV e PPD:

O voto médio estimado, PMV e a percentagem predita de pessoas insatisfeitas, PPD, foram determinados de acordo com os preceitos da ISO 7730 (1994), através das seguintes equações:

$$PMV = (0,303.e^{-0,036M} + 0,028). \{ (M - W) - 3,05.10^{-3}. [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7.10^{-5} M.(5867 - p_a) - 0,0014.M.(34 - t_a) - 3,96.10^{-8}. fcl. [(tcl + 273)^4 - (tr + 273)^4] - fcl.hc.(tcl - t_a) \}$$

[43]

onde:

M = taxa metabólica, determinada conforme item anterior, e tabelada (70 W/m^2) para as sessenta e cinco primeiras medições, em W/m^2 ;

W = eficiência mecânica, igual a zero para a maioria das atividades sedentárias, em W/m^2 ;

p_a = pressão parcial do vapor de água, em Pa;

t_a = temperatura do ar, em $^{\circ}\text{C}$;

fcl = razão entre a área do corpo vestido pela área do corpo nu, adimensional;

tcl = temperatura superficial média das roupas, em $^{\circ}\text{C}$;

tr = temperatura radiante média, em $^{\circ}\text{C}$;

hc = coeficiente de calor por convecção, em $\text{W/m}^2.\text{K}$

$$PPD = 100 - 95.e^{-(0,03353.PMV^4 + 0,2179.PMV^2)} \quad [44]$$

3.5.3 – Determinação das trocas físicas de calor entre o homem e o ambiente:

Os mecanismos ou trocas físicas de calor entre o homem e o ambiente, são aquelas constantes da expressão do balanço térmico, as quais são assim expressas:

Troca de calor sensível pela respiração:

$$C_{res} = 0,0014.M.(34 - t_a) \quad [45]$$

Troca de calor latente pela respiração:

$$E_{res} = 0,0173.M.(5,87 - p_a) \quad [46]$$

Troca de calor latente, por difusão suor pela pele:

$$E_{dsk} = 3,05.[5,73 - 0,007.M - p_a] \quad [47]$$

Troca de calor latente, por evaporação do suor (pele):

$$E_{esk} = 0,42.[M - 58,15] \quad [48]$$

Troca de calor sensível por radiação (pele):

$$R = 3,96.10^{-8}.f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] \quad [49]$$

Troca de calor sensível por convecção (pele):

$$C = f_{cl}.h_c.(t_{cl} - t_a) \quad [50]$$

Essas trocas de calor foram calculadas para as amostras onde nas quais foram coletadas as características individuais das pessoas.

3.5.4 – Predição das Sensações Térmicas através de análise de regressão múltipla.:

Essa análise realizada forneceu uma expressão do tipo:

$$S_p = a.M - b.C_{res} - c.E_{res} - d.E_{dsk} - e.E_{esk} - f.R - g.C + h$$

onde:

S_p = Sensação térmica predita;

a, b, c, d, e, f, g, h = parâmetros ou estimadores de regressão.

Sobre essa análise foram efetuados os testes de hipóteses, para se verificar a validade do modelo e dos estimadores de regressão.

3.5.5 – Predição das sensações térmicas através de modelo causal ou de fluxo:

O modelo causal analisado no trabalho, visou a obtenção de um algoritmo analítico para a determinação das sensações térmicas, bem como identificar as influências diretas, indiretas e indeterminadas que as trocas físicas de calor possuem sobre a sensação térmica. O modelo permitirá também, o conhecimento da percentagem dos efeitos oriundos de causas desconhecidas que influenciam as sensações térmicas.

Convém lembrar que um modelo causal é uma particularidade de um modelo de regressão, onde a premissa fundamental é a existência de um relacionamento causa e efeito entre as variáveis exógenas (independentes) e endógenas (dependentes).

Os estimadores ou parâmetros da equação de regressão obtida do modelo causal, serão obtidos a partir dos coeficientes de fluxo (“path coefficients”), das variáveis exógenas sobre as variáveis endógenas.

As influências das variáveis independentes sobre as dependentes, foram obtidas através da partição das correlações entre as variáveis.

A representação do modelo causal a ser adotado, encontra-se na figura 3.2.

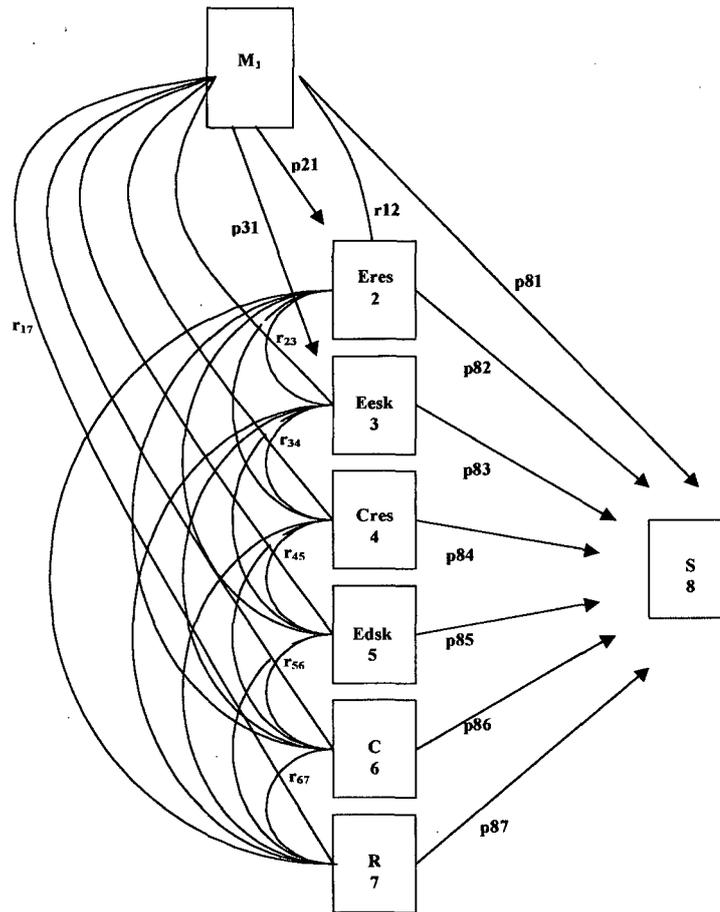


FIGURA 3.2: Representação do modelo causal

onde:

$p_{21}, p_{31}, p_{87}, p_{86}, p_{85}, p_{84}, p_{83}, p_{82}, p_{81}$ = coeficientes de fluxo ou influências diretas das variáveis independentes sobre as sensações;

$r_{12}, r_{13}, r_{14}, r_{15}, r_{16}, r_{17}, r_{23}, r_{34}, r_{45}, r_{56}, r_{67}$ = correlações entre as variáveis independentes;

e_8 = parcela de erro do modelo;

M = taxa metabólica, em W/m^2 ;

Cres, Eres, Edsk, Eesk, R, C = trocas físicas de calor entre o homem e o ambiente, conforme descrição anterior;

S = sensações térmicas médias relatadas pelas pessoas.

O modelo causal anterior, produziu uma equação de predição linear, do tipo:

$$Sp = a + b1.M + b2.Cres + b3.Eres + b4.Edsk + b5.Eesk + b6.R + b7.C$$

onde:

Sp = sensação predita de conforto térmico;

$a, b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7$ = estimadores ou parâmetros de regressão.

3.5.6 – Predição da percentagem de pessoas insatisfeitas em cada medição:

A verificação da percentagem de pessoas insatisfeitas em cada medição, foi efetuada de quatro maneiras distintas: (a) Por análises comparativas entre os votos de sensações térmicas e os votos de preferências térmicas; (b) Por consideração de que os votos de sensação térmica iguais a +1 ou -1, representem 50% de pessoas insatisfeitas e 50% de pessoas satisfeitas (Xavier e Lamberts, 1999); (c) Por consideração de que os votos de sensação térmica iguais a +1 ou -1, não representem nenhum percentual de pessoas insatisfeitas (Fanger, 1970); (d) Por consideração de que os votos de sensação térmica iguais a +1 ou -1, representem 100% de pessoas insatisfeitas (Araújo, 1996).

Pela primeira maneira, através de análises comparativas entre os votos de sensações e de preferências térmicas, os votos +1 e -1 tiveram o seguinte entendimento: *“serão considerados insatisfeitas as pessoas que votarem +1 ou -1 na escala de percepção ou de sensações, e mantiverem os mesmos votos na escala de preferências térmicas, isto é, gostariam de que houvesse mudança ambiental. As pessoas que votarem +1 ou -1 na escala de percepção e votarem 0 na escala de preferências térmicas, não serão consideradas insatisfeitas, isto é, não desejam alteração nos parâmetros ambientais”*.

Em todos os quatro casos anteriores, os votos de sensações térmicas de +3, +2, -2 e -3 representarão pessoas insatisfeitas, e os votos de sensação iguais a zero, representarão pessoas em conforto térmico.

Foi considerada a percentagem verificada de pessoas insatisfeitas em cada medição, aquela das três que apresentar o melhor ajuste não linear (exponencial) com os votos de sensações térmicas, ou seja, aquela que apresentar o melhor coeficiente de determinação R^2 , com relação aos votos de sensações térmicas.

Após a obtenção da percentagem verificada de pessoas insatisfeitas, o mesmo ajuste não linear forneceu uma equação de ajuste não linear, similar a do modelo do PMV/PPD, para a predição das pessoas insatisfeitas, do tipo:

$$I_p = 100 - a \cdot \exp(b \cdot Sp^4 - c \cdot Sp^2)$$

onde:

I_p = percentagem predita de pessoas insatisfeitas;
 S_p = sensação predita de conforto térmico, conforme item 3.5.5;
 a, b, c = coeficientes de ajuste.

A tabela do anexo I, apresenta as quantidades de pessoas em cada amostra, bem como a quantidade de todos os votos de sensações e preferências térmicas.

3.5.7 – Análises das temperaturas internas de conforto:

Este trabalho procurou estabelecer uma expressão de relacionamento entre a temperatura operativa interna e a percentagem predita de pessoas insatisfeitas. Esse relacionamento se deu através de ajuste não linear (exponencial), que forneceu uma equação do tipo:

$$I_p = 100 - a.exp(b.Top^4 - c.Top^2)$$

onde:

I_p = percentagem predita de pessoas insatisfeitas;
 Top = temperatura operativa interna;
 a, b, c = coeficientes de ajuste.

Foi considerada como temperatura interna de conforto, ou temperatura operativa de conforto, aquela que fornecer o menor percentual de pessoas insatisfeitas.

A expressão anterior, possibilitou a análise comparativa entre a temperatura operativa de conforto obtida por esta metodologia (método não linear), a determinada pelo modelo do PMV (método analítico) e a determinada por estudos de campo convencionais (método linear).

3.5.8 – Análises e proposição de zonas de conforto:

Para a proposição de zonas de conforto, foram utilizadas análises estatísticas tipo probit, com o fim de serem estabelecidos os valores limites de conforto para a temperatura do ar e umidade do ar, possibilitando a inserção desses valores limites na carta psicrométrica. Esses limites serão aqueles que façam com que a porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente fiquem no interior da faixa de conforto, ou seja, os valores de I_p , para os quais a expressão mostrada no item 3.5.6 forneçam valores para S_p entre +0,5 e -0,5, o que pelo modelo do PMV/PPD, representariam a faixa de aceitabilidade térmica ($PPD < 10\%$)

Este trabalho procurou estabelecer quatro zonas de conforto, a saber:

- Zonas de conforto para atividades sedentárias realizadas em prédios não condicionados no Sul do Brasil, na região de Florianópolis;
- Zonas de conforto para atividades sedentárias realizadas em prédios condicionados no Sul do Brasil, na região de Florianópolis;
- Zonas de conforto para atividades sedentárias realizadas em prédios condicionados no Centro Oeste do Brasil, na região de Brasília;
- Zonas de conforto para atividades sedentárias realizadas em prédios condicionados no Nordeste do Brasil, na região de Recife.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Caracterização das variáveis utilizadas para a determinação da taxa metabólica em laboratório

4.1.1 – Dados antropométricos e dados de consumo de oxigênio

A taxa metabólica relativa à pessoas desempenhando atividades sedentárias foi obtida de maneira indireta, conforme metodologia sugerida pela ISO 8996 (1990). Para isto, contou-se com a participação de 30 pessoas voluntárias. Os voluntários tiveram o consumo de oxigênio medido enquanto desempenhavam atividades sedentárias (escritório). Estas medições foram efetuadas em laboratório (LabEEE), em 1999 e 2000. Como os resultados das medições de metabolismo serão correlacionados com as variáveis antropométricas e individuais (idade, massa corporal e altura), sendo que posteriormente serão extrapoladas para toda a amostra estudada (841 pessoas agrupadas em 90 medições), convém caracterizar a amostra de 30 voluntários. Esta caracterização é apresentada na tabela 4.1.

Segundo Ida (1990), as características médias da população brasileira trabalhadora é:

- *Idade: 26 anos;*
- *Estatura: 1,67 m;*
- *Massa Corporal: 63 kg.*

A amostra de 30 pessoas analisadas em laboratório, possui idade média de 29 anos (desvio padrão de 8,79), estatura média de 1,69 m (desvio padrão de 0,10) e massa corporal média de 65,42 kg (desvio padrão de 12,09). Já a amostra total estudada, 841 pessoas agrupadas em 90 medições, para as quais os dados de metabolismo serão extrapolados, apresenta uma idade média de 30 anos (desvio de 5,85), estatura média de 1,69 (desvio de 0,04), massa corporal média de 67,20 (desvio de 6,04).

Observa-se pelos valores médios citados, que tanto a amostra de voluntários em laboratório, como a amostra total pesquisada, são bastante coerentes com a média populacional brasileira no que diz respeito às características antropométricas. Observa-se ainda, que os resultados obtidos a partir da amostra de 30 elementos pode ser extrapolado para a amostra total de 841 pessoas, uma vez que a amostra estudada em laboratório (30 pessoas), representa bem antropometricamente falando, a amostra total analisada.

TABELA 4.1 – Dados referentes aos voluntários das medições de consumo de oxigênio

Amostr a	Sexo	Idade (anos)	Altur a (m)	Mass a (kg)	VO ₂ (l/min)	VCO ₂ (l/min)	RQ (Adim)	EE (W.h/l)	M (W/m ²)
1	Masc	36	1.68	86.6	0.43	0.29	0.67	5.44	72.28
2	Masc	42	1.70	73.0	0.36	0.28	0.78	5.58	65.92
3	Masc	19	1.80	81.0	0.48	0.40	0.84	5.66	80.73
4	Masc	22	1.74	71.0	0.31	0.27	0.88	5.71	56.77
5	Masc	20	1.78	78.0	0.37	0.27	0.73	5.51	62.56
6	Masc	23	1.80	67.0	0.32	0.30	0.93	5.79	60.94
7	Masc	48	1.70	60.0	0.39	0.32	0.83	5.65	77.85
8	Masc	22	1.85	73.0	0.39	0.38	0.96	5.82	70.40
9	Fem	29	1.65	61.0	0.23	0.17	0.76	5.56	45.02
10	Masc	20	1.78	78.0	0.35	0.28	0.78	5.58	60.49
11	Masc	32	1.75	71.0	0.42	0.33	0.79	5.59	75.97
12	Fem	33	1.51	46.0	0.28	0.23	0.85	5.68	67.59
13	Masc	42	1.77	56.0	0.33	0.27	0.84	5.66	65.30
14	Masc	19	1.68	62.0	0.32	0.25	0.81	5.62	62.87
15	Fem	25	1.63	61.0	0.31	0.23	0.76	5.55	61.73
16	Masc	24	1.85	70.0	0.37	0.31	0.86	5.69	65.80
17	Fem	39	1.59	64.0	0.32	0.24	0.74	5.53	64.94
18	Fem	24	1.52	50.0	0.25	0.22	0.89	5.73	58.61
19	Fem	27	1.63	50.0	0.27	0.24	0.89	5.74	62.12
20	Masc	40	1.80	90.0	0.48	0.39	0.82	5.63	77.00
21	Masc	45	1.77	91.0	0.52	0.41	0.82	5.63	83.87
22	Fem	32	1.74	70.0	0.33	0.28	0.85	5.68	61.61
23	Fem	23	1.59	52.0	0.23	0.18	0.79	5.59	50.69
24	Fem	29	1.65	60.0	0.30	0.22	0.72	5.50	60.40
25	Fem	30	1.70	58.0	0.35	0.27	0.77	5.57	70.16
26	Fem	28	1.53	59.0	0.32	0.28	0.85	5.68	70.80
27	Fem	26	1.65	51.0	0.25	0.20	0.81	5.62	54.15
28	Fem	42	1.58	57.0	0.36	0.24	0.68	5.45	74.19
29	Fem	18	1.76	62.0	0.28	0.22	0.81	5.63	52.98
30	Fem	20	1.57	54.0	0.27	0.21	0.77	5.56	59.70
Médias		29.30	1.69	65.42					65.11
Desvio		8.79	0.10	12.09					9.04

VO₂ (l/min): volume de oxigênio inspirado durante a realização do teste; VCO₂ (l/min): volume de dióxido de carbono expirado durante a realização do teste; RQ (adim): quociente respiratório, razão entre o volume de CO₂ expirado e O₂ inspirado; EE (W.h/l): eficiência energética, determinada conforme ISO 8996 (1990); M (W/m²): taxa metabólica, determinada conforme ISO 8996 (1990).

a) Variável Sexo

Conforme pode-se notar pela tabela, o percentual de pessoas de sexo opostos foi respeitado na amostragem a fim de que os dados obtidos das análises finais possam ser extrapolados para pessoas de ambos os sexos. Dessa maneira a amostra constou de 15 pessoas do sexo masculino e 15 pessoas do sexo feminino.

b) Variável Idade

A idade dos voluntários submetidos às medições de consumo de oxigênio, variaram de 18 a 48 anos (amplitude da amostra igual a 30 anos), a fim de que a amostra fosse representativa da maioria das pessoas que desempenham atividades sedentárias, mais notadamente atividades de escritório. Para que se tenha uma efetiva representatividade, é necessário que os dados referentes à idade da amostra possuam uma distribuição normal, que não hajam valores espúrios e também que o coeficiente de variação dos dados relativos à idade da amostra seja significativo. Entende-se por coeficiente de variação, a divisão do desvio padrão dos dados pela respectiva média aritmética dos mesmos. Essas verificações, foram efetuadas com um grau de confiabilidade de 95%, e tendem a demonstrar que não existem grandes concentrações dentro de mesmas faixas etárias, e assim sendo as conclusões extraídas podem ser generalizadas para toda a amplitude da amostra.

A tabela 4.2 apresenta o resumo estatístico descritivo dos dados referentes à variável idade, dos indivíduos da amostra.

TABELA 4.2: Resumo descritivo da variável idade

<i>Variável Idade</i>	
Média	29.30
Erro Padrão	1.60
Mediana	27.50
Moda	42
Desvio Padrão	8.79
Variância da Amostra	77.25
Coefficiente de Curtose	-0.80
Assimetria	0.62
Amplitude dos dados	30
Valor mínimo	18
Valor máximo	48
Soma	879
Números de elementos	30
Coefficiente de Variação (%)	30.00
Valor crítico permissível	2.75
Teste de espúrio do mínimo	1.29
Teste de espúrio do máximo	2.13

O resumo apresenta um coeficiente de variação bastante significativo, da ordem de 30,00%. Os dados da variável analisada não apresentam valores espúrios, pois tanto o valor inferior, 18, como o valor superior, 48, apresentam desvios com relação à média inferiores ao valor crítico permissível, Costa Neto (1977). Os coeficientes de assimetria e de curtose apresentados na tabela, sugerem que a variável apresente distribuição normal, Costa Neto (1977).

As figuras 4.1 e 4.2 a seguir, apresentam a distribuição de normalidade da variável idade, de maneira gráfica e através da máxima diferença pelo Método de Kolmogorov-Smirnov.

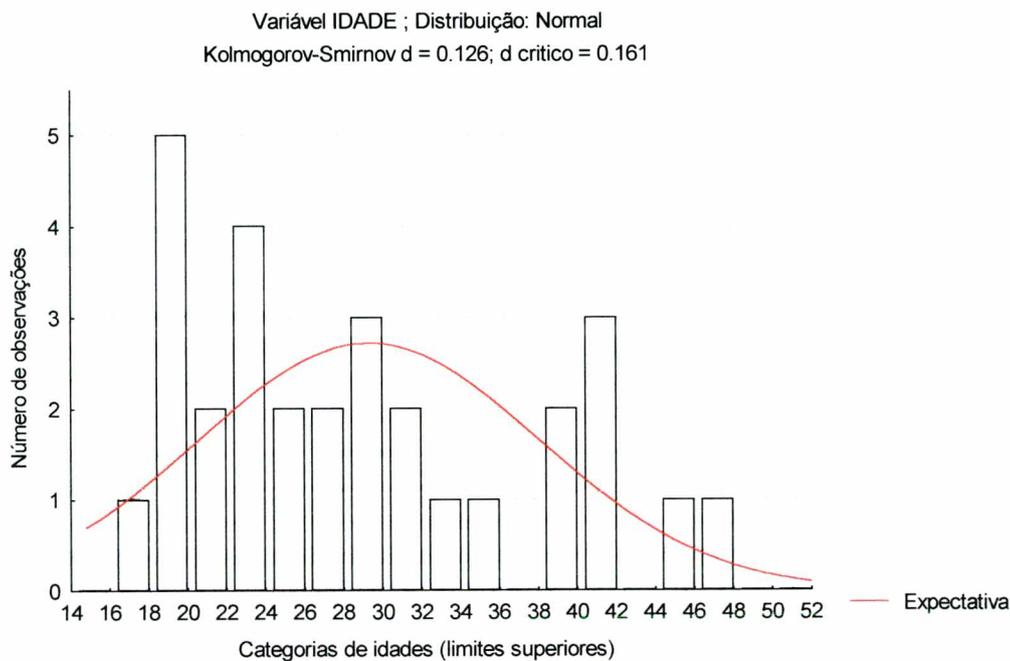


FIGURA 4.1: Distribuição de freqüências absolutas da variável idade.

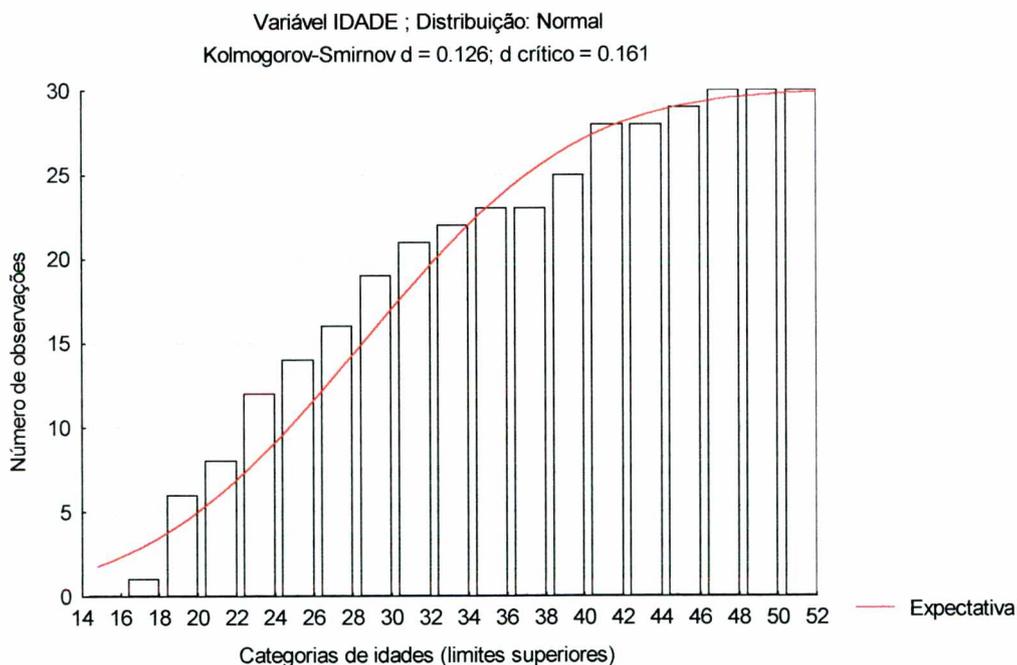


FIGURA 4.2: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável idade.

Pelas figuras anteriores, mostra-se tanto graficamente, como analiticamente através do Método de Kolmogorov-Smirnov, que com 95% de confiança não se pode descartar a normalidade da distribuição de freqüências da variável idade.

c) Variável Altura

As mesmas considerações feitas para a variável idade, são válidas para a variável altura, desse modo sua representatividade é analisada considerando-se os mesmos parâmetros já tratados no item anterior.

A tabela 4.3 apresenta o resumo estatístico descritivo dos dados referentes à variável altura, dos indivíduos da amostra.

TABELA 4.3: Resumo descritivo da variável altura

<i>Variável Altura</i>	
Média	1.69
Erro Padrão	0.02
Mediana	1.70
Moda	1.70
Desvio Padrão	0.10
Variância da Amostra	0.01
Coefficiente de Curtose	-0.91
Assimetria	-0.26
Amplitude dos dados	0.34
Valor mínimo	1.51
Valor máximo	1.85
Soma	50.75
Número de elementos	30
Coefficiente de Variação (%)	5.76
Valor crítico permissível	2.75
Teste de espúrio do mínimo	1.86
Teste de espúrio do máximo	1.62

Muito embora o coeficiente de variação, 5.76, tenha sido pouco significativo, cabe lembrar que a variável altura sofre bem menos variações que a variável idade, pois a amplitude apresentada pela amostra para essa variável, 0,34m, engloba faixas de altura nesse caso desde 1,51m a 1,85m, o que, pelos valores médios de antropometria da população brasileira (Ida, 1990), representa a maioria das alturas dos indivíduos brasileiros adultos, homens e mulheres. A variável não apresenta valores espúrios, e os coeficientes de assimetria e curtose sugerem uma distribuição normal.

As figuras 4.3 e 4.4 a seguir apresentam o teste de normalidade da distribuição de freqüências, tanto graficamente como analiticamente.

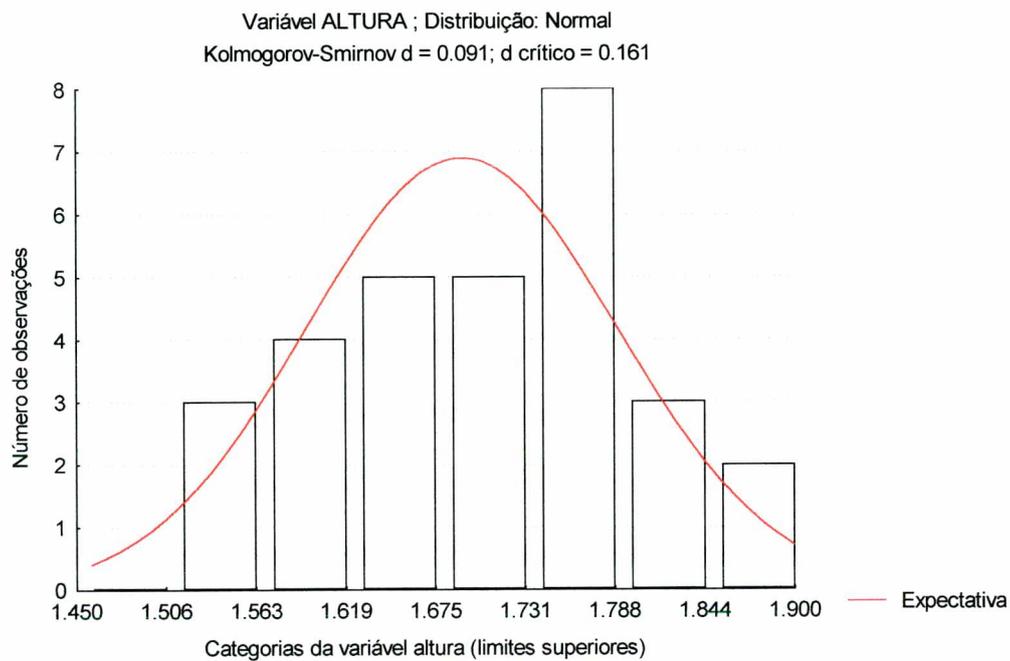


FIGURA 4.3: Distribuição de freqüências absolutas da variável altura.

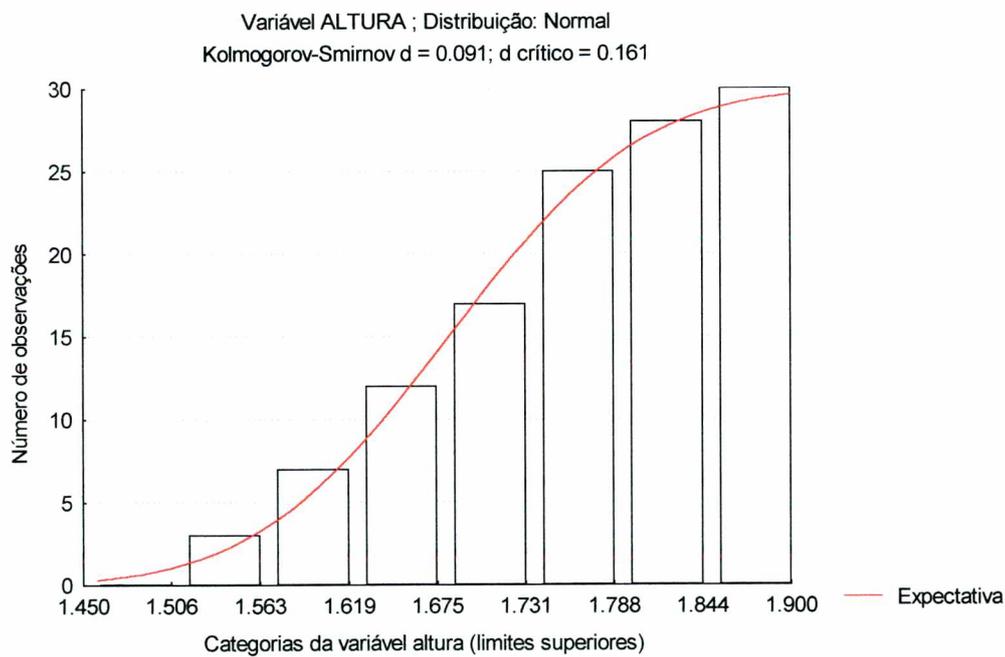


FIGURA 4.4: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável altura.

Está mostrado desta maneira, que com 95% de confiabilidade, não pode ser descartada a normalidade da distribuição de freqüências da variável altura.

d) Variável Massa corporal

O resumo da estatística descritiva dos dados referentes à variável massa corporal, são apresentadas pela tabela 4.4 a seguir.

TABELA 4.4: Resumo descritivo da variável massa corporal

<i>Variável Massa corporal</i>	
Média	65.42
Erro Padrão	2.21
Mediana	62.00
Moda	73.00
Desvio Padrão	12.09
Variância da Amostra	146.15
Coefficiente de Curtose	-0.40
Assimetria	0.54
Amplitude dos dados	45.00
Valor mínimo	46.00
Valor máximo	91.00
Soma	1962.60
Número de elementos	30
Coefficiente de Variação (%)	18.48
Valor crítico permissível	2.75
Teste de espúrios do mínimo	1.61
Teste de espúrios do máximo	2.12

Da mesma forma que nas outras variáveis já analisadas, não temos valores espúrios para a variável massa corporal, o coeficiente de variação é significativo e os resultados apresentados na tabela sugerem uma distribuição normal das frequências.

As figuras 4.5 e 4.6 a seguir, apresentam a distribuição de frequências da variável, tanto graficamente, como o teste analítico de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

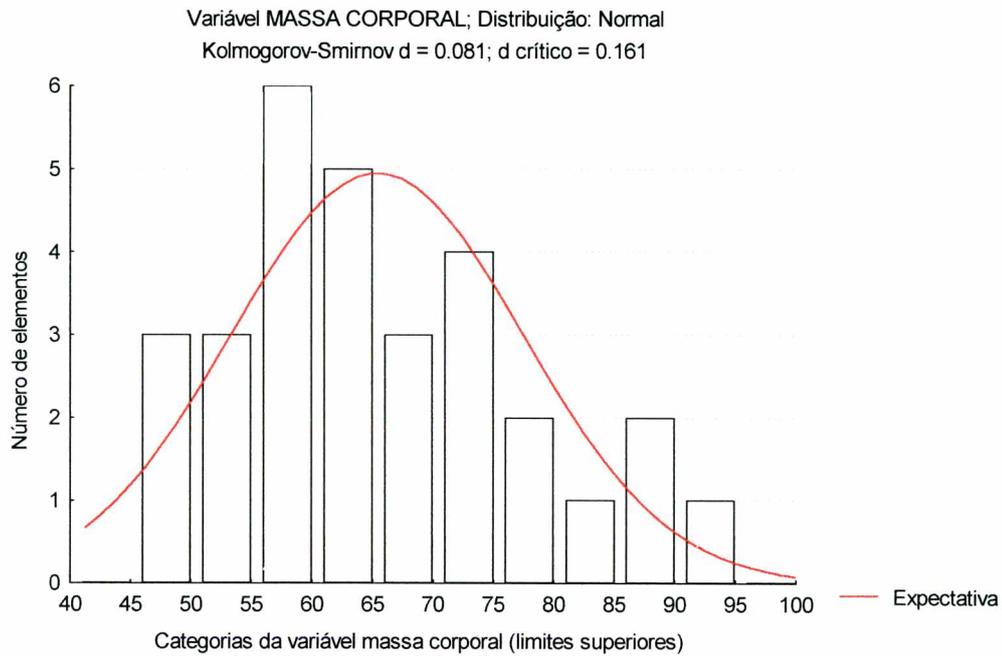


FIGURA 4.5: Distribuição de freqüências absolutas da variável massa corporal.

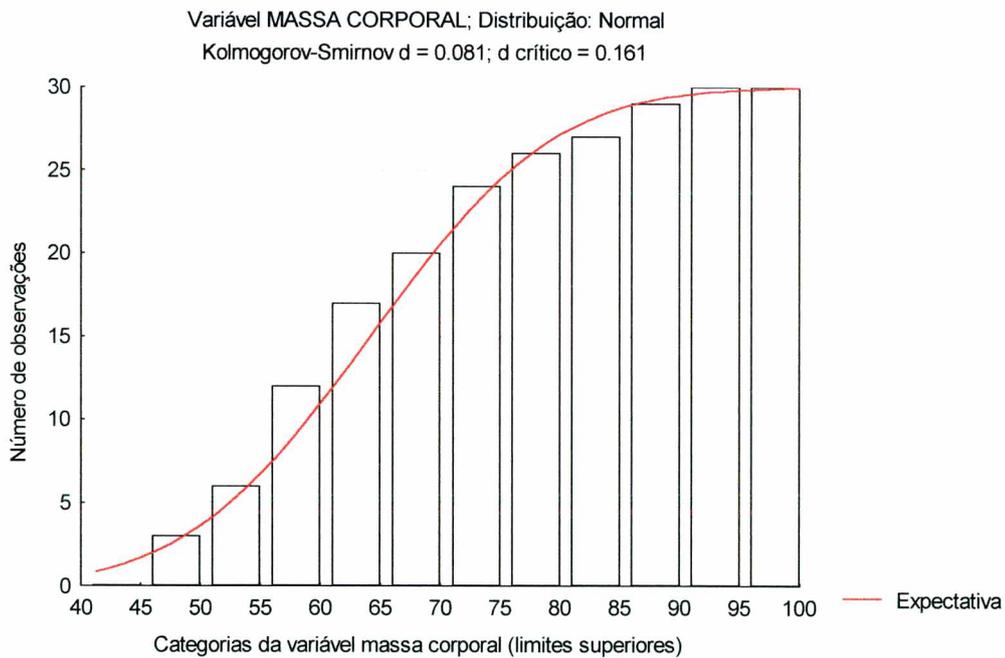


FIGURA 4.6: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável massa corporal.

A hipótese de normalidade da distribuição de freqüências não pode ser descartada a um nível de confiabilidade de 95%, através dos resultados gráficos e analíticos apresentados pelas figuras anteriores.

e) Variável Taxa Metabólica (Determinada através da ISO 8996/90)

A análise estatística efetuada sobre esta variável, representa indiretamente uma análise sobre as variáveis relativas ao volume de oxigênio inspirado (VO_2), e volume de dióxido de carbono expirado (VCO_2), uma vez que ela é função dessas duas variáveis, conforme formulários específicos constantes do item da metodologia.

Sua análise estatística é fundamental para a compreensão da variabilidade da mesma sobre indivíduos desempenhando a mesma atividade, em comparação com o descrito na ISO 7730 (1994), bem como para sua utilização no modelo de predição da taxa metabólica para indivíduos desempenhando atividades sedentárias.

O resumo estatístico a respeito dessa variável, encontra-se na tabela 4.5 a seguir.

TABELA 4.5: Resumo descritivo da variável taxa metabólica determinada pela ISO 8996

<i>Variável Taxa Metabólica</i>	
Média	65.11
Erro Padrão	1.65
Mediana	63.91
Desvio Padrão	9.04
Variância da Amostra	81.72
Coefficiente de Curtose	-0.12
Assimetria	0.07
Amplitude dos dados	38.85
Valor mínimo	45.02
Valor máximo	83.87
Soma	1953.43
Número de elementos	30
Coefficiente de Variação (%)	13.88
Valor crítico permissível	2.75
Teste de espúrios do mínimo	2.22
Teste de espúrios do máximo	2.07

Analisando-se a tabela resumo anterior, constata-se que, diferentemente da ISO 7730 (1994), e da ASHRAE Fundamentals (1997), a atividade sedentária aqui analisada apresenta uma variação da taxa metabólica significativa entre os indivíduos que a estão executando. Conforme a literatura citada, o valor tabelado de $70W/m^2$, apresenta boa caracterização de uma taxa metabólica constante para os indivíduos no desempenho de atividades sedentárias. Os dados obtidos apresentaram um

coeficiente de variação da ordem de 13,88%, sendo que com 95% de confiança pode-se afirmar que apenas 72% dos valores da taxa metabólica recairão no intervalo equivalente a $\bar{x} \pm \sigma$, apresentando assim a possibilidade de aproximadamente 28% dos valores determinados para essa variável não estarem inseridos no respectivo intervalo. Desta forma, observa-se que ao se utilizar apenas a média dos valores da taxa metabólica para a caracterização da produção de calor pelo organismo de indivíduos realizando atividades sedentárias, se está trabalhando com uma imprecisão da ordem de 28%.

Ainda da análise dos dados obtidos e apresentados na tabela 4.5, observa-se que o conjunto de valores obtidos para a taxa metabólica não apresentaram valores espúrios, o que indica que provavelmente a amostra utilizada foi composta de pessoas saudáveis e totalmente aptas a desempenhar a atividade analisada. Os dados apresentados na tabela, sugerem também que a variável determinada possua uma distribuição de frequências condizente com a distribuição normal, o que é confirmado através das figuras 4.7 e 4.8 apresentadas a seguir.

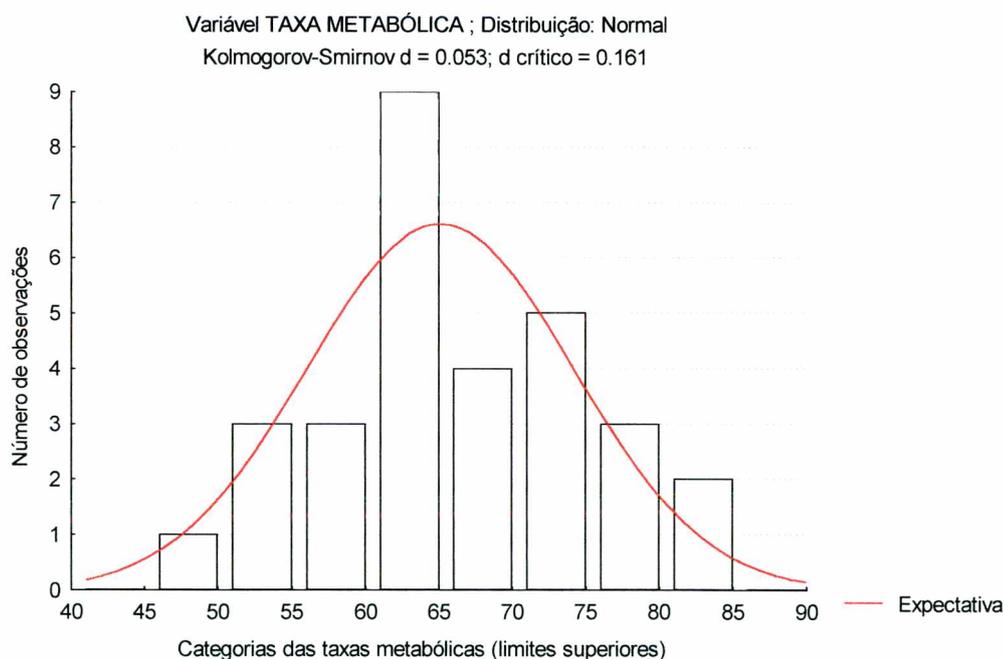


FIGURA 4.7: Distribuição de frequências absolutas da variável taxa metabólica determinada pela ISO 8996/1990.

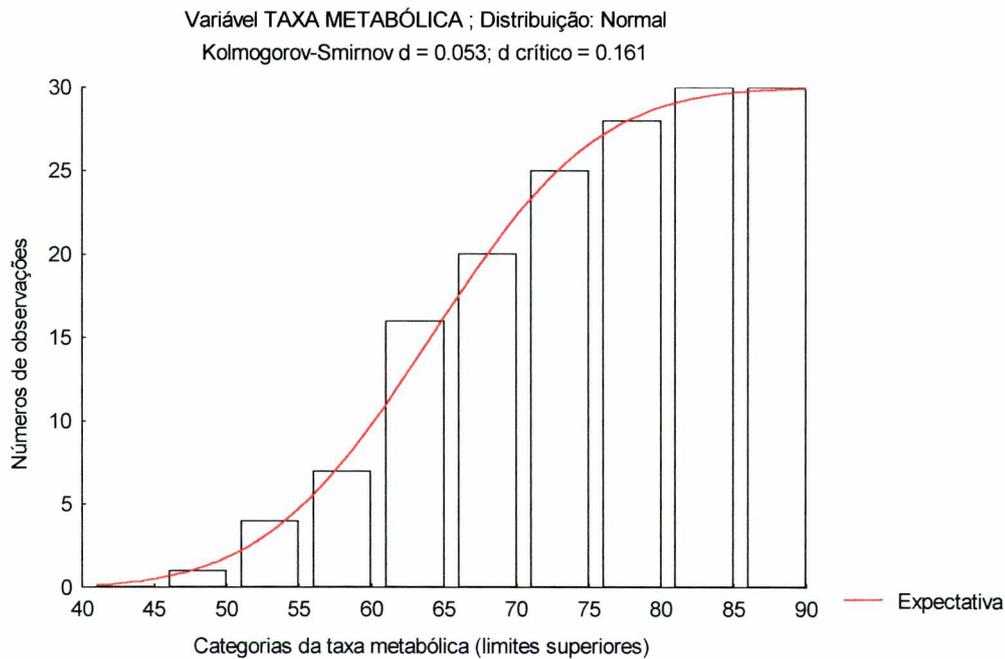


FIGURA 4.8: Distribuição de frequências absolutas acumuladas da variável taxa metabólica determinada pela ISO 8996/1990.

Conforme percebe-se pela apresentação gráfica das figuras anteriores, a distribuição das frequências da variável taxa metabólica possui uma configuração muito próxima a curva de distribuição normal, tanto no que diz respeito às frequências absolutas como quanto às frequências absolutas acumuladas.

O valor crítico de distância das frequências até a curva normal, através do Método de Kolmogorov-Smirnov, para uma amostra com 30 elementos, é de 0,161, enquanto observa-se que para os valores da variável taxa metabólica esse valor máximo atingiu 0,053, o que demonstra que ao se trabalhar com um nível de confiabilidade de 95%, não se pode descartar a hipótese de normalidade da distribuição de frequências para a variável taxa metabólica.

Reforçando o que já foi citado anteriormente, observa-se também que a média encontrada para os valores da taxa metabólica foi de 65,11 W/m², bastante próximo ao valor preconizado pela ISO 7730 (1994), para a atividade analisada. Nota-se todavia que os valores seguiram uma tendência de distribuição normal em torno dessa média encontrada, com um coeficiente de variação e uma amplitude dos dados significativa, o que sugere um alto nível de imprecisão ao se utilizar apenas o valor médio encontrado para a caracterização da taxa metabólica desse tipo de atividade.

4.1.2 – Dados de estilo de vida das trinta pessoas voluntárias

O estilo de vida das pessoas analisado neste trabalho, constitui-se de dados referentes aos hábitos de atividade física, de alimentação e nível de estresse verificado em sua vida cotidiana. Os dados referentes ao nível de estresse não são os provenientes da carga de trabalho verificada durante a execução das atividades, mas o nível habitual de estresse. Como uma das metas deste trabalho é a busca de um algoritmo de predição da taxa metabólica em função das características antropométricas individuais e dos hábitos relativos ao estilo de vida das pessoas, também torna-se importante uma caracterização inicial das variáveis referentes ao estilo de vida, de maneira similar ao que foi efetuado com as variáveis relativas às características antropométricas individuais das pessoas.

A tabela 4.6 apresenta os dados de estilo do vida, cujos valores foram extraídos de questionários iguais ao apresentado no anexo D.

TABELA 4.6: Dados de estilo de vida da amostra pesquisada em laboratório

Amostra	Atividade Física	Nível de Estresse	Alimentação
1	4	20	38
2	6	30	26
3	6	22	20
4	8	24	32
5	2	32	38
6	1	34	20
7	17	26	43
8	1	20	30
9	12	20	35
10	5	32	25
11	17	28	40
12	11	26	43
13	0	28	30
14	5	22	10
15	5	24	29
16	9	24	33
17	1	12	41
18	0	26	23
19	4	22	41
20	8	30	31
21	13	28	39
22	7	32	24
23	9	28	33
24	9	24	35
25	3	30	34
26	5	18	17
27	8	26	34
28	4	30	27
29	1	36	20
30	18	32	41

- **a) Variável Atividade Física**

Como é intuito desse trabalho analisar a influência ou não do nível de atividade física sobre a taxa metabólica de pessoas no desempenho de atividades sedentárias, procurou-se, para a amostragem de laboratório, pessoas com diferentes níveis de atividade física, a fim de se obter maior representatividade. Essa representatividade, bem como futuras previsões através de análises de regressão múltiplas implicam em variabilidade da amostra, não existência de valores espúrios e tendência de distribuição normal das frequências de ocorrências.

A tabela 4.7 apresenta o resumo estatístico para os valores obtidos para essa variável.

TABELA 4.7: Resumo descritivo da variável Atividade Física

<i>Variável Atividade Física</i>	
Média	6.63
Erro Padrão	0.92
Mediana	5.50
Moda	1.00
Desvio Padrão	5.04
Variância da Amostra	25.41
Coefficiente de Curtose	0.04
Assimetria	0.78
Amplitude dos dados	18
Valor mínimo	0
Valor máximo	18
Soma	199
Número de elementos	30
Coefficiente de Variação (%)	76.00
Valor crítico permissível	2.75
Teste de espúrios do mínimo	1.32
Teste de espúrios do máximo	2.25

Observa-se pela tabela a grande variabilidade dos dados (coeficiente de variação igual a 76%), a não existência de valores espúrios e os dados apresentados sugerem uma distribuição de frequências com tendência de curva normal.

As figuras 4.9 e 4.10 apresentam a análise de normalidade, tanto gráfica como analítica.

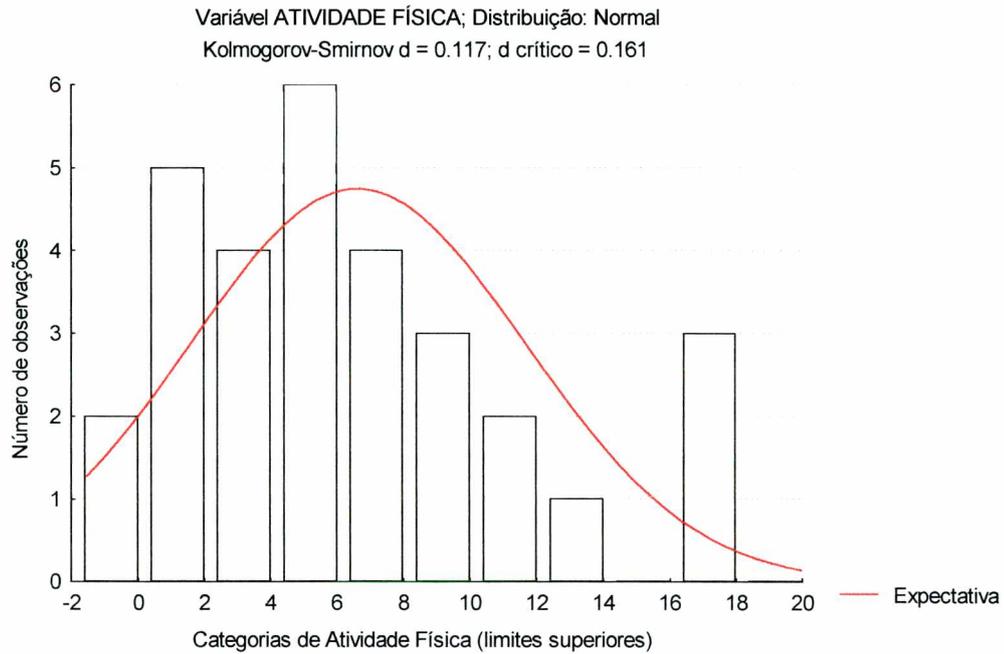


FIGURA 4.9: Distribuição de freqüências absolutas da variável Atividade Física.

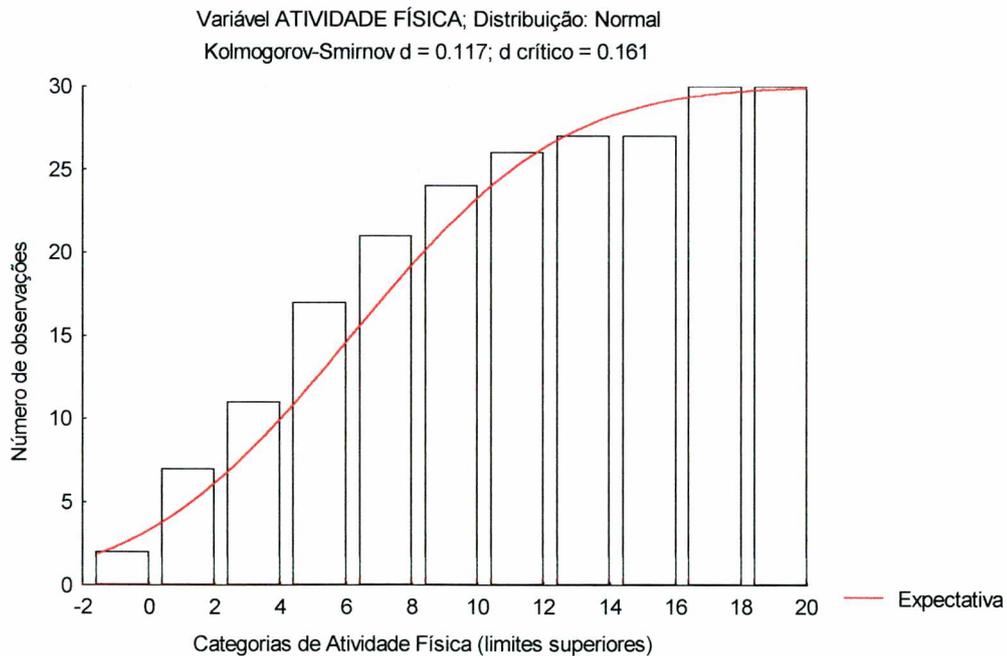


FIGURA 4.10: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável Atividade Física.

Pelas figuras anteriores, observa-se que tanto graficamente como analiticamente, não se pode descartar a hipótese de normalidade com uma confiabilidade de 95%.

- **b) Variável Nível de Estresse**

As análises estatísticas descritivas realizadas sobre essa variável são similares às efetuadas com relação ao nível de atividade física, cujos resultados encontram-se apresentados na tabela 4.8 a seguir.

TABELA 4.8: Resumo descritivo da variável Nível de Estresse

<i>Variável Nível de Estresse</i>	
Média	26.20
Erro Padrão	0.97
Mediana	26.00
Moda	30.00
Desvio Padrão	5.31
Variância da Amostra	28.23
Coefficiente de Curtose	0.33
Assimetria	-0.48
Amplitude dos dados	24
Valor mínimo	12
Valor máximo	36
Soma	786
Número de elementos	30
Coefficiente de Variação (%)	20.28
Valor crítico permissível	2.75
Teste de espúrios do mínimo	2.67
Teste de espúrios do máximo	1.84

Conforme pode-se observar, a variabilidade dessa variável da amostra embora não tenha sido de ordem tão grande quanto a apresentada para a variável Atividade Física, também mostra-se significativa, com um coeficiente de variação superior a 20%.

O teste para valores espúrios (*out-liers*) também não mostrou a presença dos mesmos, nem para o valor mínimo nem para o máximo, muito embora o valor mínimo tenha se aproximado, devido ao fato de que a maioria dos elementos da amostra não apresentarem níveis elevados de estresse.

Os dados da tabela também sugerem uma distribuição normal das freqüências.

As figuras 4.11 e 4.12 apresentam os resultados dos testes gráficos e analíticos da análise da normalidade da distribuição de freqüências.

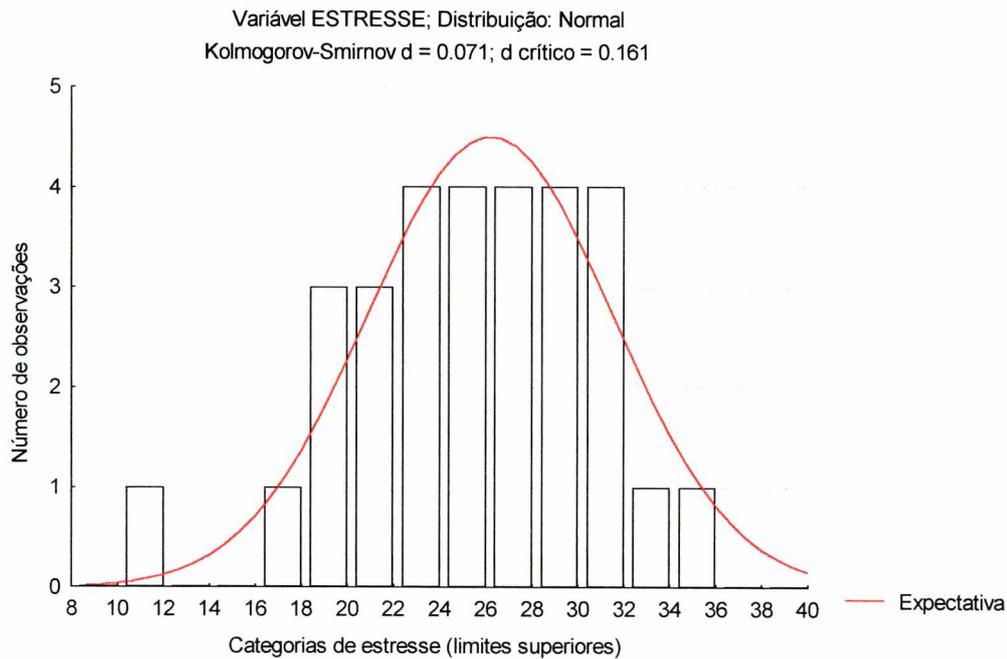


FIGURA 4.11: Distribuição de freqüências absolutas da variável Nível de Estresse.

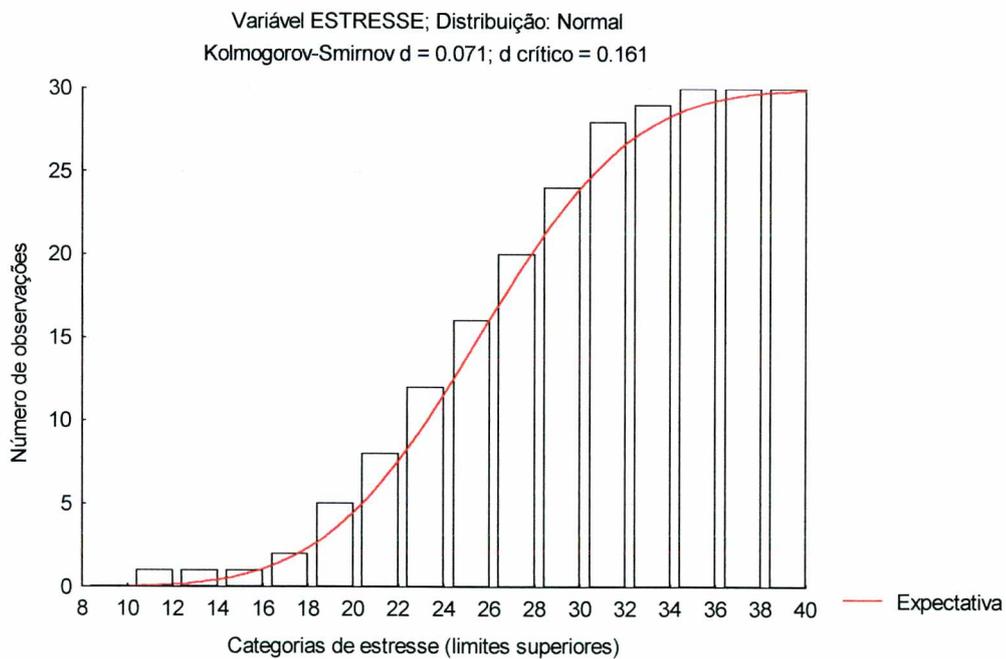


FIGURA 4.12: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável Nível de Estresse.

Conforme pode-se observar tanto gráfica como analiticamente, não se pode descartar a hipótese de normalidade da distribuição de freqüências da variável nível de estresse.

- **c) Variável Hábitos de Alimentação**

As análises estatísticas descritivas realizadas sobre essa variável são similares às efetuadas com relação ao nível de atividade física e ao nível de estresse verificado, cujos resultados encontram-se apresentados na tabela 4.9 a seguir.

TABELA 4.9: Resumo descritivo da variável Hábitos de Alimentação

<i>Variável Hábitos de Alimentação</i>	
Média	31.07
Erro Padrão	1.55
Mediana	32.50
Moda	20.00
Desvio Padrão	8.48
Variância da Amostra	71.93
Coefficiente de Curtose	-0.26
Assimetria	-0.55
Amplitude dos dados	33
Valor mínimo	10
Valor máximo	43
Soma	932
Número de elementos	30
Coefficiente de Variação (%)	27.30
Valor crítico permissível	2.75
Teste de espúrios do mínimo	2.48
Teste de espúrios do máximo	1.41

Conforme pode-se observar, a variabilidade dessa variável da amostra embora não tenha sido de ordem tão grande quanto a apresentada para a variável Atividade Física, também mostra-se significativa, com um coeficiente de variação superior a 27%.

O teste para valores espúrios (*out-liers*) também não mostrou a presença dos mesmos.

Os dados da tabela também sugerem uma distribuição normal das freqüências.

As figuras 4.13 e 4.14 apresentam os resultados dos testes gráficos e analíticos da análise da normalidade da distribuição de freqüências.

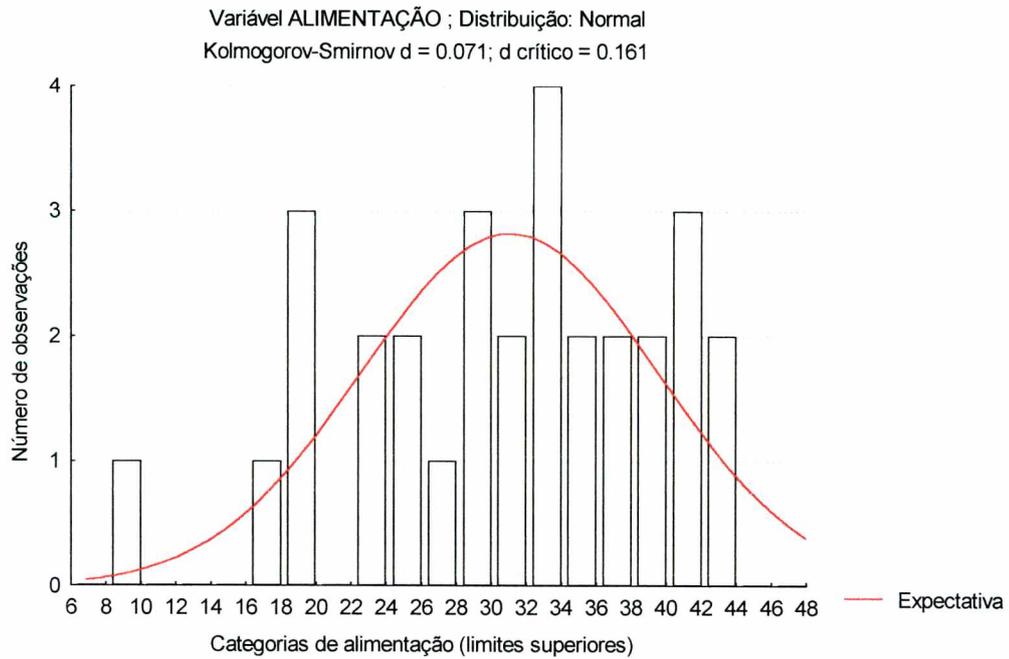


FIGURA 4.13: Distribuição de freqüências absolutas da variável Hábitos de Alimentação.

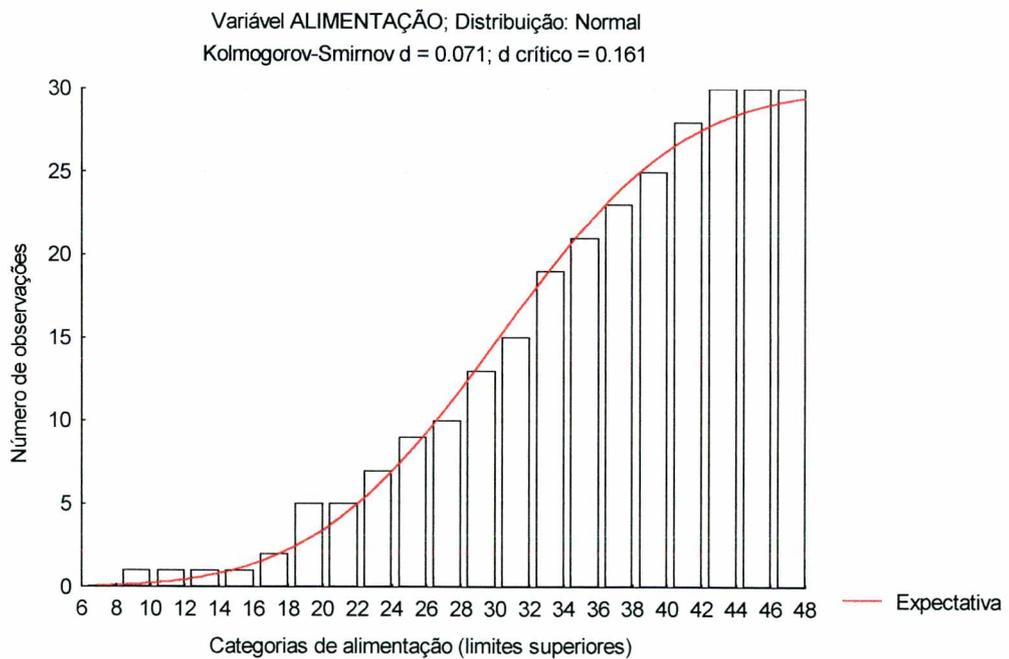


FIGURA 4.14: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável Hábitos de Alimentação.

Observa-se gráfica e analiticamente, que não pode se descartar a hipótese de normalidade da distribuição de freqüências da variável hábitos de alimentação, com um grau de confiabilidade de 95%.

4.2 – Taxas metabólicas individuais em situação real

O intuito das determinações indiretas da taxa metabólica, através do consumo de oxigênio pela metodologia da ISO 8996 (1990), utilizando-se voluntários em laboratório, foi procurar um algoritmo de predição da taxa metabólica em função das características antropométricas e morfológicas e de estilo de vida de pessoas que encontram-se desempenhando atividades sedentárias (escritórios e/ou escolas).

Desse modo, efetuou-se uma análise de regressão múltipla entre a taxa metabólica determinada de maneira indireta pelo consumo de oxigênio e as características já citadas. Para essa análise, as variáveis de trabalho foram:

- *Variável dependente:*

Taxa metabólica, expressa em W/m^2

- *Variáveis independentes:*

- Idade, expressa em anos;

Altura, expressa em m;

Massa corporal, expressa em kg;

Atividade Física, adimensional, conforme tabela do anexo D;

Nível de estresse, adimensional, conforme tabela do anexo D;

Hábitos de Alimentação, adimensional, conforme tabela do anexo D.

A análise de regressão múltipla efetuada sobre os valores das variáveis acima, apresentados nas tabelas 4.1 e 4.6 do item anterior, forneceu um algoritmo de predição conforme equação 51 a seguir:

$$M = 0,497.Id + 4,256.h + 0,297.m + 0,217.AF - 0,181.NE - 0,123.HA + 31,046 \quad [51]$$

onde:

M = Taxa Metabólica Predita, W/m^2 ;

Id = Idade, anos;

h = altura, m;

m = massa corporal, kg;

AF = Atividade Física, adimensional;

NE = Nível de Estresse, adimensional;

HA = Hábitos de Alimentação, adimensional.

O resumo estatístico dessa análise de regressão encontra-se apresentado na tabela 4.10 a seguir.

TABELA 4.10: Resultados da análise de regressão entre a taxa metabólica e as variáveis morfológicas e de estilo de vida dos voluntários em laboratório

RESUMO DOS RESULTADOS						
<i>Estatística de regressão</i>						
R Múltiplo	0.692					
R ²	0.479					
R ² Ajustado	0.343					
Erro Padrão	7.327					
Observações	30					
<i>Análise de variâncias</i>						
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>confiança</i>	
Regressão	6	1135.11	189.19	3.52	99%	
Resíduo	23	1234.89	53.69			
Total	29	2370.00				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro</i>	<i>Estat t</i>	<i>Valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Intercepto	31.046	29.267	1.061	0.300	-29.497	91.588
Idade (Id)	0.497	0.176	2.821	0.010	0.132	0.861
Altura (h)	4.256	21.310	0.200	0.843	-39.827	48.338
Massa corporal (m)	0.297	0.167	1.779	0.088	-0.048	0.642
At. Física (AF)	0.217	0.319	0.681	0.503	-0.443	0.877
Estresse (NE)	-0.181	0.278	-0.649	0.523	-0.757	0.395
Alimentação (HA)	-0.123	0.201	-0.611	0.547	-0.539	0.293

A partir dos dados apresentados na tabela resumo, efetuou-se a verificação da validade do modelo adotado, por intermédio de dois testes de hipóteses sobre a análise de regressão múltipla:

- **Teste de significância do modelo de regressão:**

O objetivo deste teste é a verificação da existência ou não de um relacionamento linear entre a variável dependente (variável resposta), M , e o conjunto de variáveis regressoras, Id , h , m , AF , NE , HA . As hipóteses a serem testadas são:

- $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$ (Não existe relação linear)
- $H_1: \beta_1 \neq 0$ ou $\beta_2 \neq 0$ ou $\beta_3 \neq 0$ ou $\beta_4 \neq 0$ ou $\beta_5 \neq 0$ ou $\beta_6 \neq 0$

A estatística normalmente utilizada para a realização deste teste é a análise de variâncias, ANOVA, no qual se compara a variação explicada pelo modelo de regressão com a variação devida aos resíduos. Essa relação tem distribuição F (Fischer-Snedecor), e para o presente caso, $F_{\text{calculado}} = 3,52$ e $F_{\text{crítico}}$ tabelado com 6 e 23 graus de liberdade = 2,53. Como $F_{\text{calculado}}$ é superior ao $F_{\text{crítico}}$, pode-se afirmar que existe uma relação linear entre a variável dependente e as variáveis independentes.

- **Teste de significância dos coeficientes parciais de regressão:**

O objetivo deste teste é determinar a importância de cada uma das variáveis explicativas para o modelo adotado. O mesmo pode ser utilizado como um indicativo da necessidade da retirada de uma ou mais variáveis do modelo, bem como a inclusão de novas variáveis.

A estatística utilizada nesse teste é a análise de variância dos estimadores dos parâmetros, sendo que essa relação possui uma distribuição t (Student). Para um nível de significância de 0,05 ou seja, com 95% de confiança, o valor absoluto de $t_{\text{crítico}}$ é de 1,645. A importância das variáveis no modelo, ou a sua própria permanência no modelo é dada pela verificação de que o valor da estatística t, apresentada na tabela para cada uma das variáveis seja superior ao valor de $t_{\text{crítico}}$, ou seja:

- *Intercepto: $t=1,061 < t_{\text{crítico}}$ (apenas 70% de confiança em adotá-lo)*
- *Idade: $t=2,821 > t_{\text{crítico}}$ (99% de confiança ao adotá-lo)*
- *Altura: $t=0,200 < t_{\text{crítico}}$ (menos de 16% de confiança ao adotá-lo)*
- *Massa corporal: $t=1,779 > t_{\text{crítico}}$ (mais de 91% de confiança ao adotá-lo)*
- *Atividade Física: $t=0,681 < t_{\text{crítico}}$ (menos de 50% de confiança ao adotá-lo)*
- *Nível de Estresse: $t=0,649 < t_{\text{crítico}}$ (menos de 50% de confiança ao adotá-lo)*
- *Alimentação: $t=0,611 < t_{\text{crítico}}$ (menos de 50% de confiança ao adotá-lo)*

Através deste teste, observa-se que apenas a idade e a massa corporal deveriam ser variáveis independentes regressoras mantidas no modelo, ou seja, tanto a altura quanto os hábitos relativos ao estilo de vida não estão sendo significativos na variação da variável dependente. Observa-se também que o próprio erro aceito para os coeficientes dessas variáveis, são bastante significativos, às vezes até superiores às próprias variáveis, o que indica realmente o perigo e a imprecisão em utilizá-los.

Muito embora a análise tenha sugerido a retirada da variável relativa à altura, foi efetuada uma análise de regressão linear múltipla entre a taxa metabólica, *M*, (variável dependente) e a idade, (*Id*), e a área de superfície de pele, *ASP*, (variáveis independentes), a fim de se retirar quaisquer dúvidas sobre a importância da altura como uma variável antropométrica de influência sobre a taxa metabólica. Convém lembrar que a área de superfície de pele é função da massa corporal e da altura, e é determinada pela equação de DuBois, equação 39 apresentada no capítulo referente à Metodologia.

Essa nova análise de regressão produziu uma expressão de predição da taxa metabólica, conforme apresentada pela equação 52.

$$M = 0,516.Id + 19,269.ASP + 16,374 \quad [52]$$

O resumo estatístico dessa nova análise de regressão múltipla, está apresentado na tabela 4.11 a seguir.

TABELA 4.11: Resultados da análise de regressão entre a taxa metabólica e as variáveis idade e área de superfície de pele dos voluntários em laboratório

RESUMO DOS RESULTADOS						
<i>Estatística de regressão</i>						
R Múltiplo	0.667					
R ²	0.445					
R ² Ajustado	0.404					
Erro Padrão	6.979					
Observações	30					
<i>Análise de variâncias</i>						
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>confiança</i>	
Regressão	2	1054.91	527.45	10.83	100%	
Resíduo	27	1315.09	48.71			
Total	29	2370.00				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro</i>	<i>Estat t</i>	<i>Valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Intercepto	16.374	12.330	1.328	0.195	-8.926	41.674
Idade (Id)	0.516	0.148	3.495	0.002	0.213	0.819
Área Corporal (ASP)	19.269	6.722	2.866	0.008	5.476	33.062

Muito embora os coeficientes das variáveis idade e área de superfície de pele tenham se mostrado bastante, mais de 99% de confiança em adotá-los, a

equação 52 se torna muito imprecisa para a predição, haja visto que o coeficiente do intercepto (16,374), apresenta uma confiança de apenas 80% com relação à sua utilização, sendo que o mesmo apresenta uma possibilidade de variabilidade muito grande podendo assumir valores no intervalo de -8,926 a 41,674.

Pelas considerações das análises anteriores, foram retiradas do modelo de regressão as variáveis relativas à altura, atividade física, nível de estresse e hábitos de alimentação, sendo que permaneceram no modelo, como variáveis independentes ou regressoras apenas a idade e a massa corporal.

Desse modo, foi efetuada a terceira análise de regressão com o intuito de se obter um algoritmo preditivo da taxa metabólica, a qual resultou numa expressão representada pela equação 53 a seguir.

$$M = 0,476.Id + 0,324.m + 29,953 \quad [53]$$

O resumo estatístico dessa nova análise de regressão múltipla, está apresentado na tabela 4.12 a seguir.

TABELA 4.12: Resultados da análise de regressão entre a taxa metabólica e as variáveis idade e massa corporal dos voluntários em laboratório

RESUMO DOS RESULTADOS						
<i>Estatística de regressão</i>						
R Múltiplo	0.679					
R ²	0.460					
R ² Ajustado	0.420					
Erro Padrão	6.882					
Observações	30					
<i>Análise de variâncias</i>						
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>	
Regressão	2	1091.11	545.55	11.52	100%	
Resíduo	27	1278.89	47.37			
Total	29	2370.00				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro</i>	<i>Estat t</i>	<i>Valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Intercepto	29.953	7.762	3.859	0.001	14.026	45.880
Idade (Id)	0.476	0.147	3.239	0.003	0.174	0.778
Massa (m)	0.324	0.107	3.035	0.005	0.105	0.544

Dessa análise, observa-se que o modelo de regressão é bastante significativo, haja visto que o valor da estatística $F_{calculada} = 11,52$ é muito superior ao valor de

$F_{\text{crítico}}(2,27) = 3,35$. Observa-se também que tanto o intercepto como os coeficientes das variáveis regressoras relativas à idade (Id) e a massa corporal (m), apresentam valores para a estatística t (Student) bem superiores ao valor crítico para o nível de confiança adotado, sendo que desse modo todos eles podem ser utilizados como uma confiança superior a 99%.

Ao serem aplicados os intervalos de confiança apresentados pela tabela anterior a um hipotético homem padrão (ASHRAE, 1997), com 35 anos de idade, 1,70 m de altura e 75 kg, observa-se que existe uma probabilidade de 95% de que o mesmo, desempenhando atividades sedentárias, apresente uma taxa metabólica entre 28W/m^2 e 114W/m^2 , sendo que o valor mais provável, o médio, seria de 72W/m^2 . A distribuição normal de frequências, que é o caso da variável taxa metabólica, sugere que os dados distribuam-se uniformemente dentro da área abaixo da curva normal. Deste modo, 75% dos dados encontram-se distribuídos nos *quartis centrais* (1º e 2º quartil), sendo que apenas 25% dos dados encontram-se distribuídos nos *quartis extremos* (3º e 4º quartis). No caso do homem padrão, observa-se que existe uma grande probabilidade (75%) de que o valor da taxa metabólica desse homem padrão hipotético desempenhando atividade sedentária, se situe entre 50W/m^2 e 93W/m^2 , sendo que o valor mais provável seria o de 72W/m^2 . Uma das propriedades da distribuição normal de frequências, segundo Silveira Júnior et al (1992), é de que 68,27% dos valores observados, situam-se no intervalo entre a média dos dados menos o desvio padrão e a média dos dados mais o desvio padrão. Para as taxas metabólicas obtidas através da equação 53, das 841 pessoas analisadas no presente estudo (90 medições), encontrou-se o valor de $66,13\text{W/m}^2$ como o valor médio e o desvio padrão igual a 4,14. Pela propriedade da distribuição normal apontada por Silveira Júnior (1992), a tendência é de que 66,13% dos valores estivesse contido no intervalo entre $61,99\text{W/m}^2$ e $70,27\text{W/m}^2$. No caso do presente estudo essa observação se verifica, pois apenas em 30 das 90 medições (33,33%), os valores médios da taxa metabólica fica fora da faixa acima especificada. Ao se aplicarem os limites de imprecisão dos estimadores de regressão da equação 53 aos dados da amostragem total do trabalho, obtém-se limites para a taxa metabólica de $20,35\text{ W/m}^2$ a $105,97\text{W/m}^2$. Pela distribuição normal dos dados, no entanto, 75% deles estaria contido no intervalo entre $43,24\text{W/m}^2$ e $86,05\text{W/m}^2$. Ambas as amplitudes verificadas para a maioria das pessoas, 62W/m^2 a 70 W/m^2 ou 43W/m^2 a 86W/m^2 , com as

maiores probabilidades de ocorrência em torno de 66W/m^2 , encontram-se coerentes com os valores tabelados pela literatura (ASHRAE, 1997 e ISO 7730, 1994) que sugerem como faixa de taxas metabólicas para este tipo de atividade de 58W/m^2 (sentado em repouso) à 93W/m^2 (atividade leve em pé), sendo que o valor com maior probabilidade de ocorrência situa-se em torno de 70W/m^2 .

A figura 4.15 a seguir apresenta o esquema da distribuição normal de ocorrências de taxa metabólicas para as 90 medições analisadas.

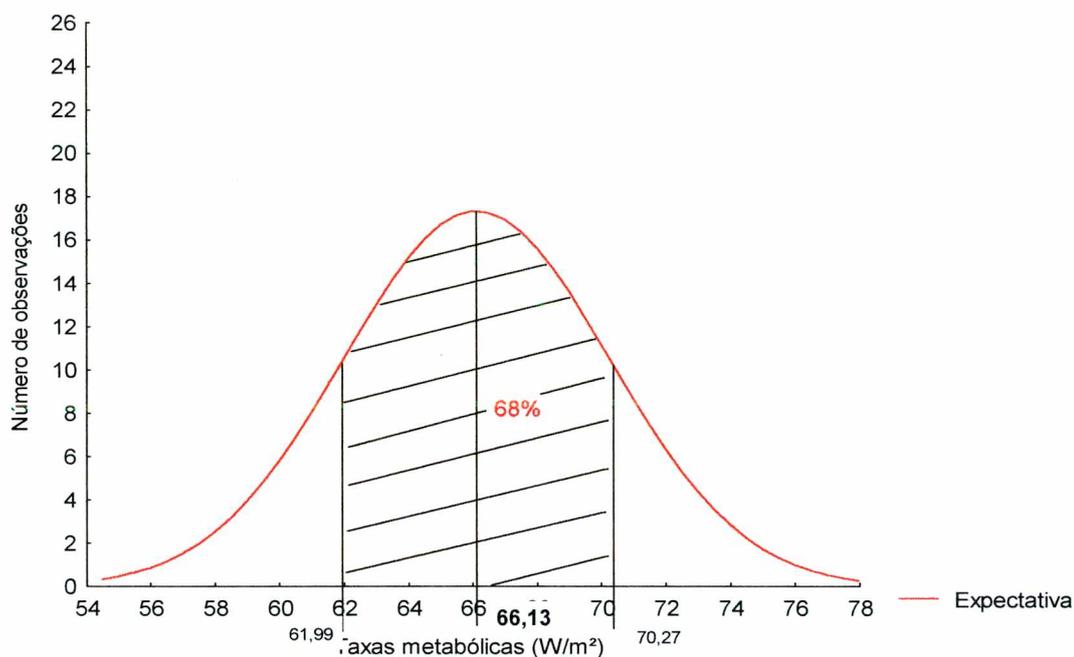


FIGURA 4.15: Esquema da divisão da distribuição normal da taxa metabólica.

Os valores da taxa metabólica determinados para os voluntários em laboratório, tanto pela metodologia proposta pela ISO 8996 (1990), como pelos métodos propostos por Hayward e Frank, vide equações 40 e 41 da Metodologia, bem como os valores preditos para a taxa metabólica ao se utilizar a equação 53, encontram-se apresentados na tabela 4.13 a seguir.

TABELA 4.13: Taxas Metabólicas determinadas e previstas dos voluntários em laboratório

Amostras	Metabolismo ISO 8996	Metabolismo Hayward	Metabolismo Frank	Metabolismo predito pela Equação 53	Metabolismo tabelado pela ASHRAE
1	72.28	51.05	50.01	75.17	70
2	65.92	54.48	43.99	73.62	70
3	80.73	53.65	47.06	65.26	70
4	56.77	53.54	41.24	63.45	70
5	62.56	49.94	43.69	64.77	70
6	60.94	55.19	39.49	62.63	70
7	77.85	62.81	40.89	72.26	70
8	70.40	54.39	42.00	64.10	70
9	45.02	55.02	37.67	63.54	70
10	60.49	50.20	43.38	64.77	70
11	75.97	56.23	43.84	68.21	70
12	67.59	74.01	36.96	60.58	70
13	65.30	59.97	36.60	68.10	70
14	62.87	58.64	39.97	59.10	70
15	61.73	59.38	40.32	61.63	70
16	65.80	53.19	40.37	64.08	70
17	64.94	59.75	42.67	69.27	70
18	58.61	69.27	37.42	57.59	70
19	62.12	66.84	36.01	59.02	70
20	77.00	50.37	49.40	78.18	70
21	83.87	52.01	51.46	80.88	70
22	61.61	54.60	41.60	67.88	70
23	50.69	62.33	36.03	57.76	70
24	60.40	58.37	39.40	63.21	70
25	70.16	60.96	39.09	63.04	70
26	70.80	66.82	42.71	62.41	70
27	54.15	62.36	35.11	58.87	70
28	74.19	64.35	41.37	68.43	70
29	52.98	54.55	37.33	58.63	70
30	59.70	63.85	38.35	56.98	70
Médias	65.11	58.27	41.18	65.11	70.00

Para efeito de melhor entendimento e sensibilidade dos dados apresentados na tabela, verificou-se a igualdade entre variâncias e médias dos conjuntos obtidos por cada uma das metodologias citadas, através dos testes estatísticos de Fischer/Snedecor e de Student, tendo como base o conjunto obtido pela determinação da taxa metabólica através da metodologia da ISO 8996. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- A variância do conjunto de dados obtidos pela metodologia da ISO, é diferente das variâncias de todos os outros conjuntos de dados obtidos pelas outras metodologias, empregando-se o teste estatístico de Fischer/Snedecor;

- Pode-se afirmar, com 100% de confiança que a média obtida pelo método da ISO 8996 é distinta das médias obtidas pela metodologia de Hayward e de Frank, utilizando-se o teste de Student;
- Pode-se afirmar, com 99,97% de confiança, que a média obtida pelo método da ISO 8996 é igual à média obtida por análise de regressão múltipla, apresentada pela equação 53, utilizando-se o teste de Student;
- Pode-se afirmar, com 99,40% de confiança, que a média obtida pelo método da ISO 8996 é distinta da média tabelada e apresentada pela ASHRAE, utilizando-se o teste de Student.

A figura 4.16, apresenta a visualização gráfica das taxas metabólicas determinadas para as pessoas voluntárias do experimento em laboratório, pelos vários métodos apresentados pela tabela anterior.

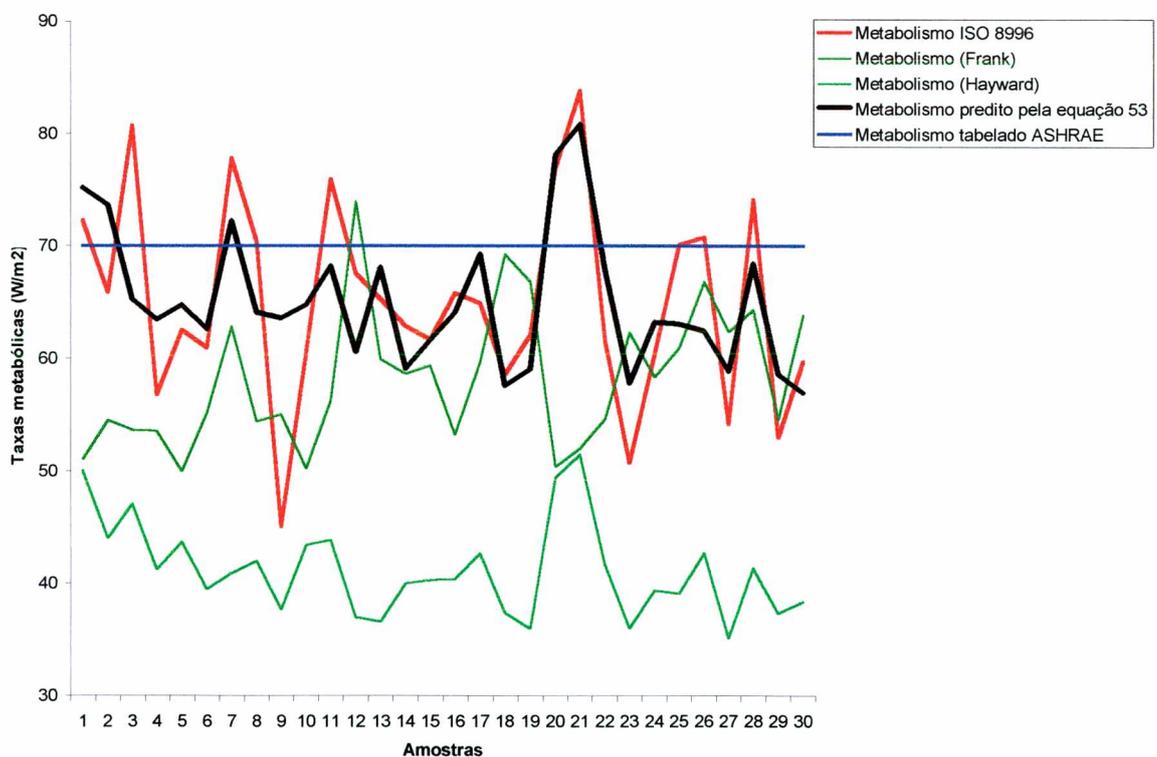


FIGURA 4.16: Taxas metabólicas dos voluntários em laboratório

Observa-se por essa figura, que a grande maioria dos valores das taxas metabólicas determinadas pela metodologia proposta pela ISO 8996 (1990), é inferior ao valor tabelado pela ASHRAE Fundamentals (1997).

A expressão oriunda da análise de regressão, equação 53, foi originada de uma análise estatística que apresentou um coeficiente de determinação, R^2 , igual a 0,46 e um coeficiente de correlação, r , igual a 0,679. Em um primeiro momento esses coeficientes aparentam mostrar uma análise de regressão bastante fraca, pois mostram que apenas 46% da variabilidade da variável dependente (taxa metabólica), é justificada pela variabilidade das variáveis independentes (idade e massa corporal). Convém citar porém, que conforme já dito a amostra analisada em laboratório representa, em termos de sexo, massa corporal, estatura e hábitos referentes ao estilo de vida, a maioria da população produtiva em ambientes de escritório (senso comum), sendo então significativa e representativa da população a ser analisada. Além disso, deve-se atentar para o fato de que, ao se trabalhar com um valor médio e constante para a taxa metabólica, como sugerido pela ASHRAE Fundamentals (1997), a imprecisão inerente ao modelo é bastante acentuada, conforme já explicado anteriormente. A figura 4.16 mostra com bastante clareza a grande distinção entre a taxa metabólica constante sugerida pela ASHRAE e a determinada de maneira indireta pelo consumo de oxigênio, conforme preconizado pela ISO 8996.

Os valores da taxa metabólica obtidos pelos métodos propostos pelos pesquisadores Hayward e Frank, apresentaram-se muito distintos pois os mesmos foram obtidos através de experimento com configuração bastante diferenciada, estando os indivíduos por eles pesquisados em atividade de descanso e em banho de imersão com água à baixa temperatura. Desse modo é razoável que sua metodologia, bem como as ferramentas de predições por ela extraídas não se apliquem para outras situações com protocolos experimentais bastante diferenciados.

Em vista disso, reforça-se a idéia que a generalização do uso do algoritmo expresso pela equação 53 deva ser feita com cuidado, para situações similares às analisadas, ou seja, atividades sedentárias realizadas por pessoas com faixas etárias e morfologia corporal semelhante às analisadas neste experimento

A equação 53 então foi utilizada para a predição dos valores da taxa metabólica das medições de 190 a 279, que constam da Tabela 2 do Anexo F.

4.3 – Voto Médio Estimado (PMV) e Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD)

O voto médio estimado, PMV, foi calculado a partir da equação resolutive constante da ISO 7730 (1994), equação 43 do presente trabalho, utilizando-se as variáveis ambientais e pessoais medidas e obtidas para as 3521 pessoas pesquisadas. Ressalta-se que os valores apresentados para essas variáveis relativas às 279 medições, que constam do Anexo F, representam as médias aritméticas das pessoas que se encontravam em cada uma das medições.

As taxas metabólicas, M, que aparecem nas tabelas do Anexo F, foram obtidas da seguinte maneira:

- Para as primeiras 65 medições as mesmas foram consideradas constantes e iguais a 70W/m^2 , conforme preceitua a ISO 7730 (1994), e a ASHRAE Fundamentals (1997).
- Para as medições de 66 a 189, ou seja, 124 medições, as taxas metabólicas também foram consideradas constantes e extraídas das tabelas da ASHRAE Fundamentals (1997). Nesses casos porém, as mesmas levaram em consideração o aspecto transiente da atividade, ou seja, os períodos de tempo que as pessoas executavam atividades diferentes, nos quais as taxas metabólicas também são diferenciadas.
- Para as medições de 190 à 279, ou seja, 90 medições, as taxas metabólicas foram consideradas diferenciadas, conforme as características morfológicas humanas, como idade, e massa corporal. Para esses casos, as taxas metabólicas foram determinadas de acordo com a equação 53 do item anterior.

A tabela 3 do Anexo F, apresenta os valores calculados para o voto médio estimado para as 279 medições, os quais levaram em consideração os aspectos citados acima. As figuras 4.17 a 4.20 a seguir, apresentam a visualização da variação do PMV e das sensações térmicas relatadas para cada uma das três situações anteriores, bem como para o total das 279 medições.

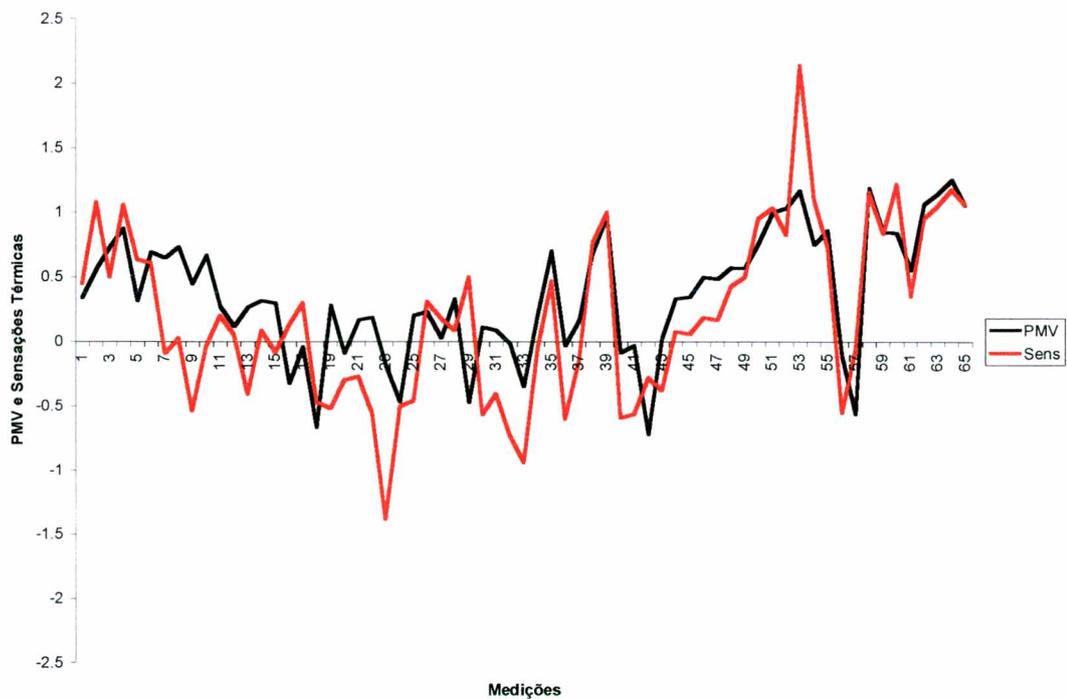


FIGURA 4.17: Variação do PMV e Sensações Térmicas das primeiras 65 medições (ambientes escolares não condicionados em Florianópolis, atividades constantes)

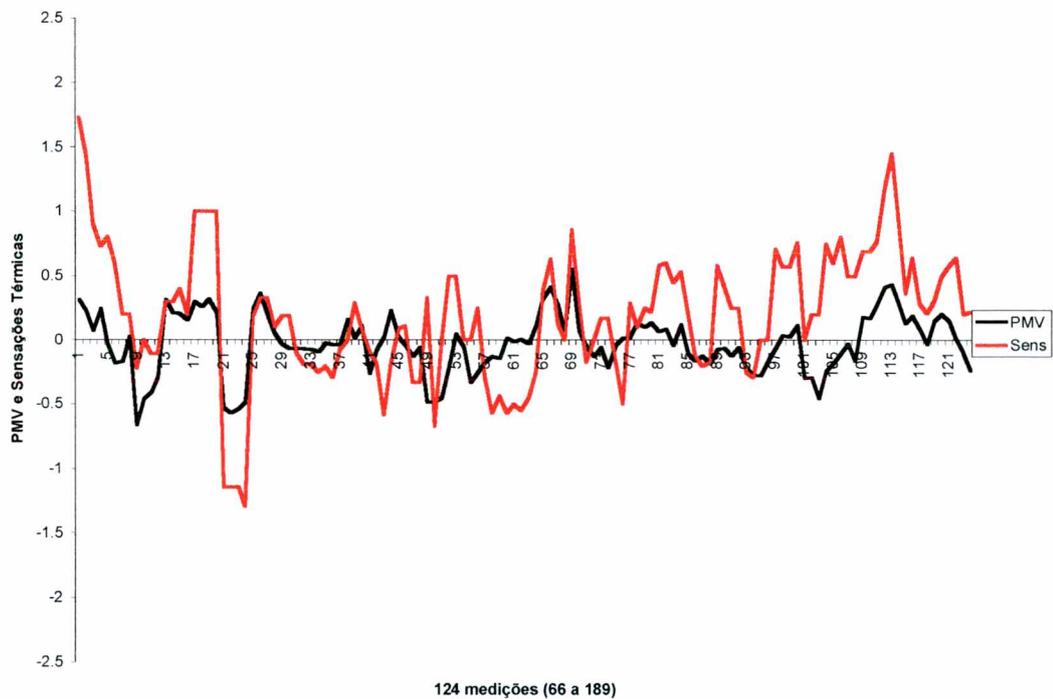


FIGURA 4.18: Variação do PMV e Sensações Térmicas das medições de 66 a 189. (ambientes de escritório condicionados em Florianópolis e Brasília, atividades transitentes)

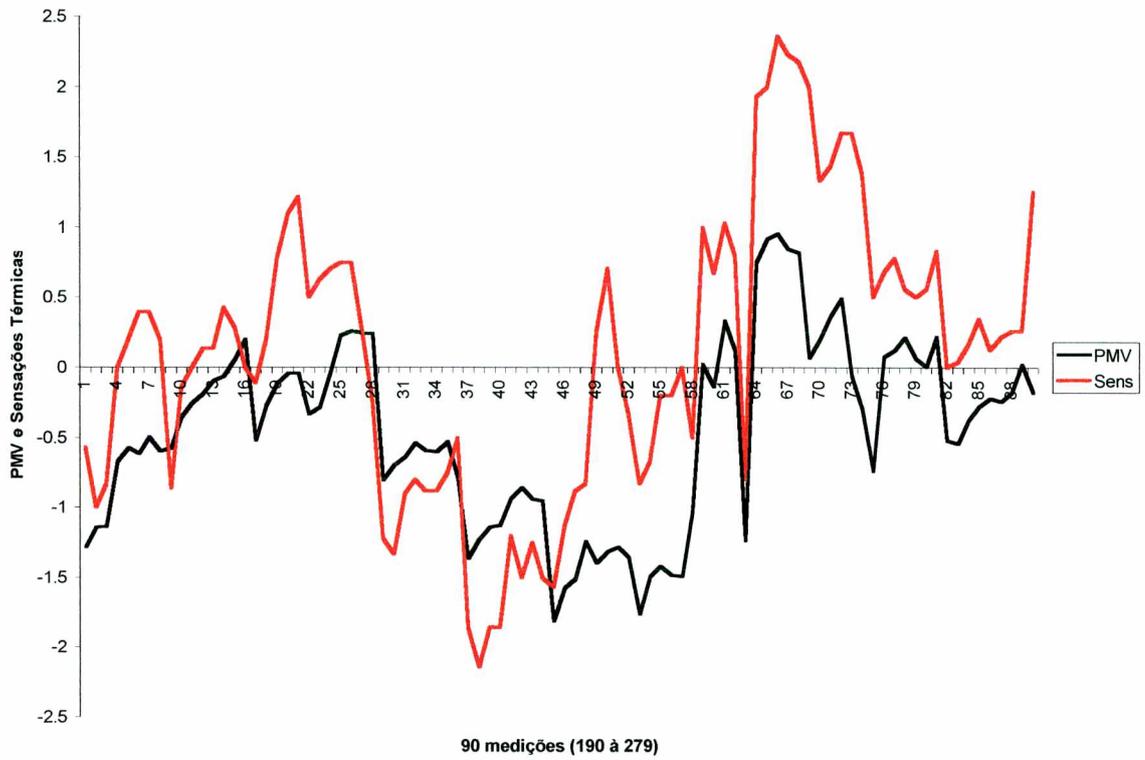


FIGURA 4.19: Variação do PMV e Sensações Térmicas das medições de 190 a 279. (ambientes de escritório condicionados em Florianópolis e Recife, taxas metabólicas determinadas)

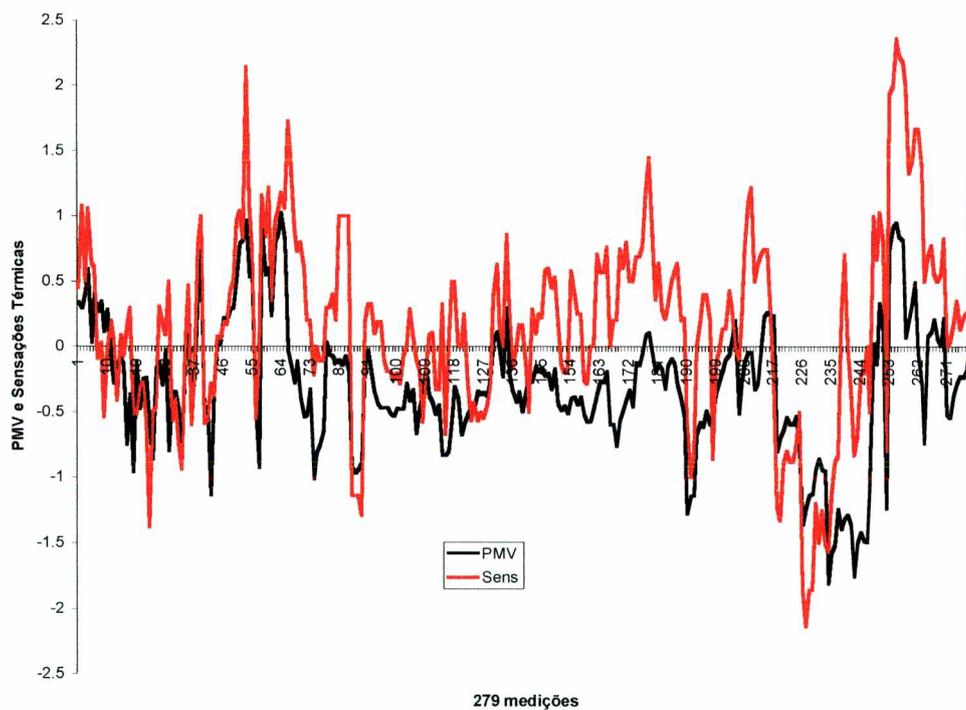


FIGURA 4.20: Variação do PMV e Sensações Térmicas de todas as 279 medições.

Em todas as situações analisadas, vide figuras anteriores, observa-se que as sensações térmicas relatadas pelas pessoas mostraram-se mais extremas que os valores calculados para o PMV, tanto para calor como para situações de frio, denotando desta maneira que as pessoas realizando suas atividades profissionais cotidianas são mais sensíveis às variações térmicas do que o preconizado pela Normalização existente para a área.

A percentagem de pessoas insatisfeitas com os ambientes, PPD, foi determinada em função do voto médio estimado, PMV, utilizando-se para tal a equação 44 contida no item da Metodologia. Os respectivos percentuais encontram-se apresentados na tabela 3 do Anexo F. A figura 4.21 a seguir apresenta a variação do percentual de pessoas insatisfeitas, PPD, bem como a variação da percentagem de pessoas insatisfeitas realmente verificadas, I, a qual foi obtida conforme item 4.5.6 da Metodologia, cujos resultados encontram-se apresentados em item posterior.

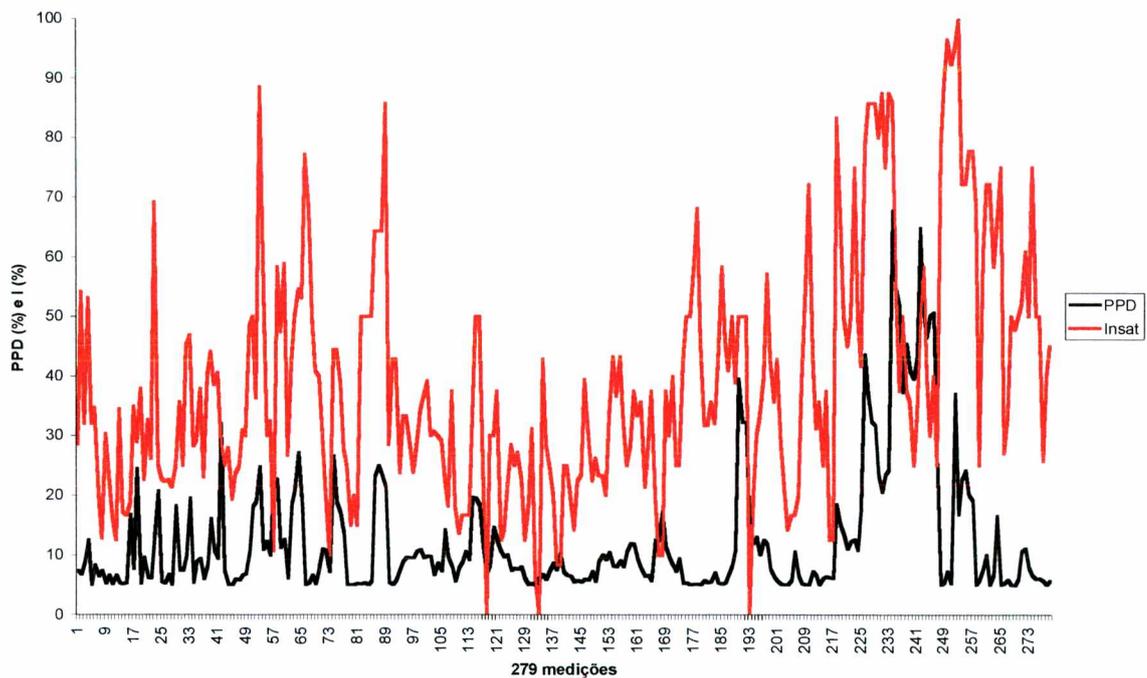


FIGURA 4.21: Variação da Percentagem de Pessoas Insatisfeitas, PPD e Insatisfeitos Reais Verificados, I, nas 279 medições.

Pela figura anterior observa-se que o percentual encontrado de pessoas insatisfeitas nos ambientes é bastante superior ao preconizado pelo modelo do PMV/PPD.

4.4 – Trocas Físicas de calor entre o homem e o ambiente

O presente trabalho considerou seis mecanismos de trocas térmicas entre o homem e o ambiente, conforme preconiza a ISO 7730 (1994) e a ASHRAE Fundamentals (1997), quais sejam

- *Troca de calor sensível pela respiração, C_{res} , [W/m²];*
- *Troca de calor latente pela respiração, E_{res} , [W/m²];*
- *Troca de calor latente por difusão do suor pela pele, E_{dsk} , [W/m²];*
- *Troca de calor latente por evaporação do suor pela pele, E_{esk} , [W/m²];*
- *Troca de calor sensível por radiação, pela pele, R , [W/m²];*
- *Troca de calor sensível por convecção, pela pele, C , [W/m²].*

O formulário adotado para a determinação das trocas térmicas são os constantes das equações de 45 a 50 do item Metodologia, sendo que os valores da taxa metabólica foram obtidos conforme já explicado no item 4.2 anterior.

A tabela constante do Anexo H, apresenta os valores dos valores médios das trocas térmicas ocorridas durante as 279 medições, bem como os valores das respectivas taxas metabólicas médias. Os seis mecanismos de trocas térmicas e as taxas metabólicas determinadas, serão as variáveis independentes do algoritmos do modelos para a predição das sensações térmicas por regressão múltipla, e por análise causal.

Os mecanismos de trocas físicas determinados para as 90 últimas medições, medição de 190 a 279 do Anexo H, citados anteriormente, foram considerados como variáveis independentes do modelo de análise de regressão múltipla utilizado para se extrair um algoritmo de predição das sensações térmicas. Em vista disto, é importante que se apresente uma análise estatística descritiva dos mesmos, principalmente no que diz respeito ao modo de distribuição das suas frequências de ocorrências.

- a) Troca de calor sensível (convecção) pela respiração, C_{res} .

As análises estatísticas descritivas efetuadas sobre essa variável, encontram-se apresentadas na tabela 4.14 a seguir.

TABELA 4.14: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor sensível pela respiração.

<i>Variável C_{res}</i>	
Média	1.10
Erro padrão	0.03
Mediana	1.13
Modo	1.31
Desvio padrão	0.28
Variância da amostra	0.08
Coefficiente de Curtose	-0.82
Assimetria	-0.22
Amplitude dos dados	1.11
Valor mínimo	0.52
Valor máximo	1.63
Soma	98.75
Número de elementos	90
Coefficiente de Variação (%)	25.94
Valor crítico permissível	3.18
Teste de espúrios do mínimo	2.04
Teste de espúrios do máximo	1.86

Essa variável apresenta um significativo coeficiente de variação, não possui valores espúrios, nem quando se testa o valor mínimo nem o valor máximo, e os dados referentes à assimetria e ao coeficiente de curtose, sugerem que suas freqüências possuam uma distribuição normal.

As figuras 4.22 e 4.23 a seguir apresentam gráfica e analiticamente a análise do tipo de distribuição de freqüências ocorridas para essa variável

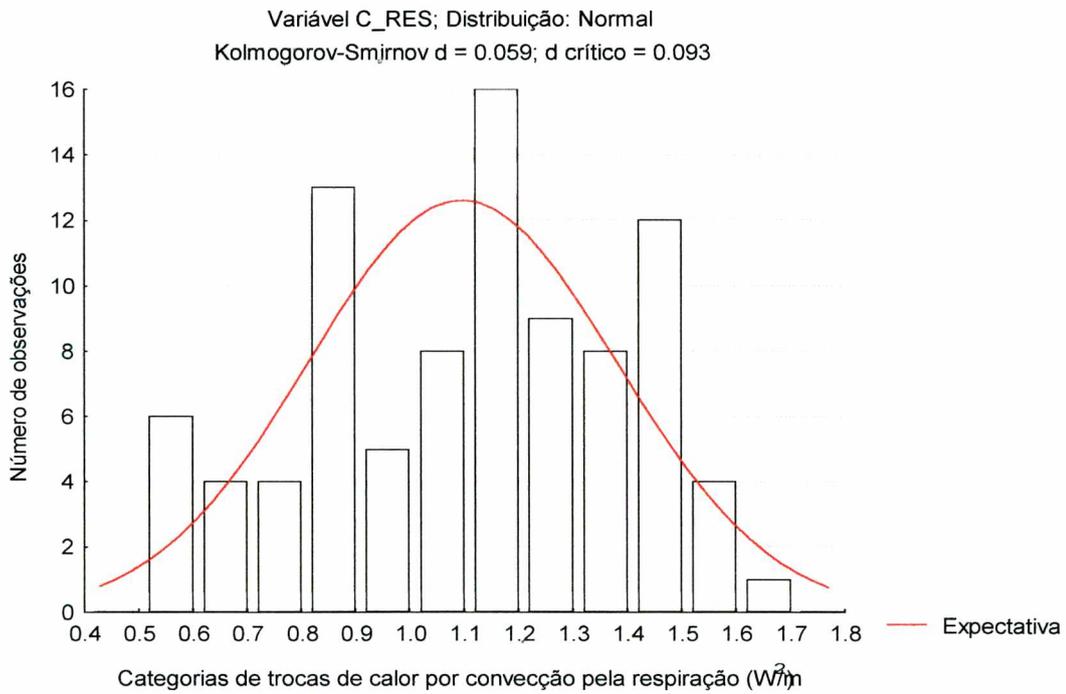


FIGURA 4.22: Distribuição de freqüências absolutas da variável C_{RES}

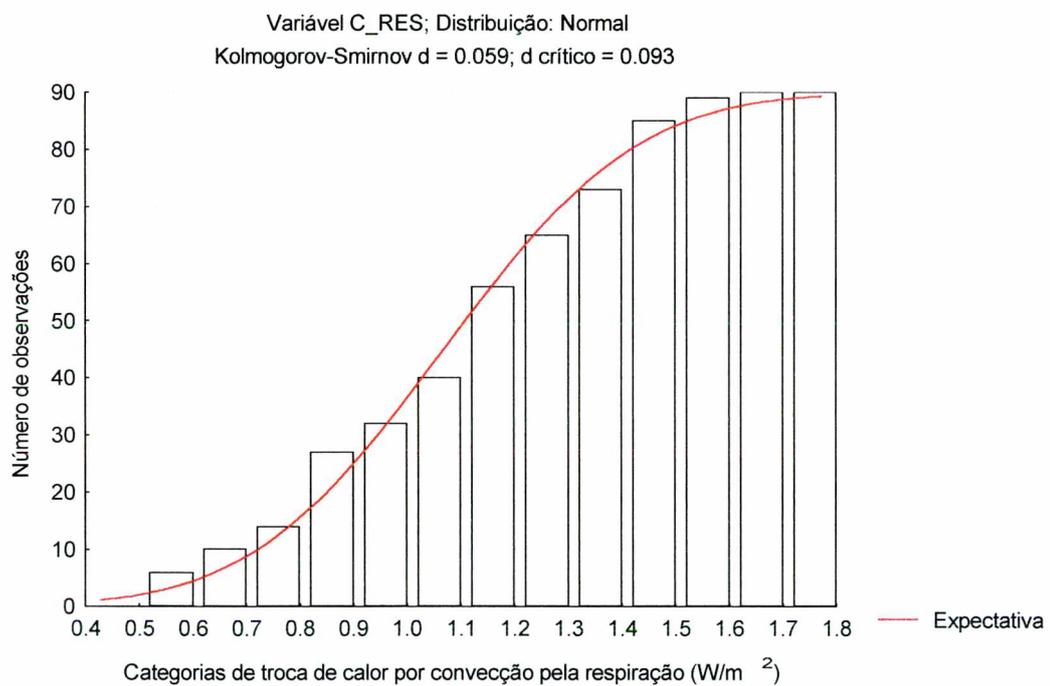


FIGURA 4.23: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável C_{RES}

As figuras anteriores mostram que a um nível de confiabilidade de 95% não pode se descartar a possibilidade da distribuição normal das freqüências, tanto analiticamente (Kolmogorov-Smirnov) quanto graficamente.

- **b) Troca de calor latente (evaporação) pela respiração, E_{res} .**

As análises estatísticas descritivas efetuadas sobre essa variável, encontram-se apresentadas na tabela 4.15 a seguir.

TABELA 4.15: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor latente pela respiração.

<i>Variável E_{res}</i>	
Média	4.98
Erro padrão	0.04
Mediana	5.01
Modo	
Desvio padrão	0.41
Variância da amostra	0.17
Coefficiente de Curtose	-0.49
Assimetria	-0.04
Amplitude dos dados	1.82
Valor mínimo	3.92
Valor máximo	5.74
Soma	448.05
Número de elementos	90
Coefficiente de Variação (%)	8.29
Valor crítico permissível	3.18
Teste de espúrios do mínimo	2.56
Teste de espúrios do máximo	1.85

Essa variável, por ser função da umidade do ar, a qual era mantida praticamente controlada nessas 90 medições por se tratar de ambientes condicionados, apresentou um coeficiente de variação relativamente baixo, porém de qualquer maneira com variação da ordem de 10%. Os testes referentes à detecção de valores espúrios não apresentaram a ocorrência dos mesmos, e os dados da tabela sugerem também uma distribuição normal das frequências para essa variável.

As figuras 4.24 e 4.25 a seguir apresentam gráfica e analiticamente a análise do tipo de distribuição de frequências ocorridas para essa variável

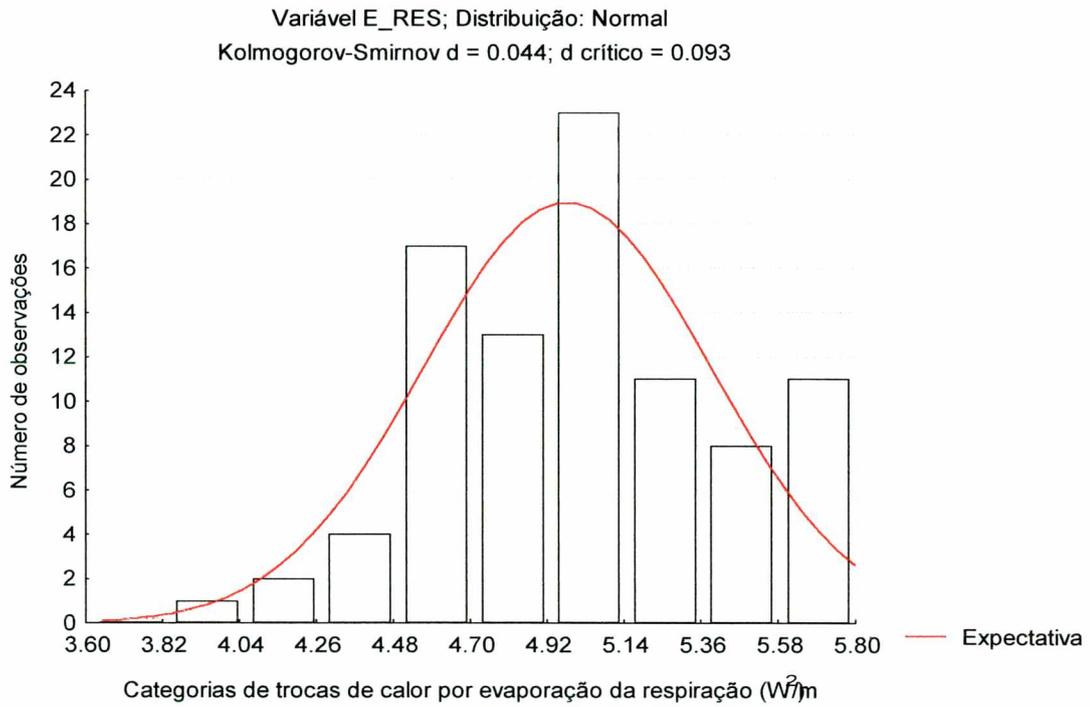


FIGURA 4.24: Distribuição de freqüências absolutas da variável E_{RES}

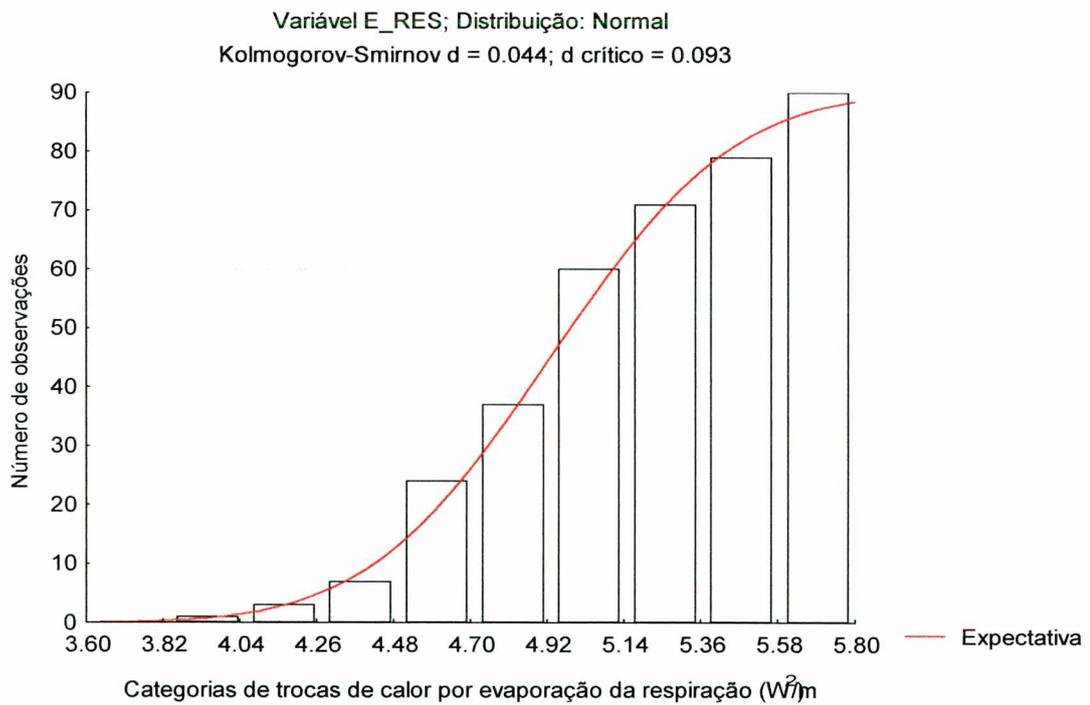


FIGURA 4.25: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável E_{RES}

As figuras anteriores apresentam, tanto gráfica quanto analiticamente, uma distribuição normal de freqüências.

- **c) Troca de calor latente por difusão do suor pela pele, Edsk.**

As análises estatísticas descritivas efetuadas sobre essa variável, encontram-se apresentadas na tabela 4.16 a seguir.

TABELA 4.16: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor latente pela difusão do suor pela pele.

<i>Variável E_{dsk}</i>	
Média	9.87
Erro padrão	0.08
Mediana	9.71
Modo	
Desvio padrão	0.75
Variância da amostra	0.57
Coefficiente de Curtose	-1.23
Assimetria	-0.04
Amplitude dos dados	2.89
Valor mínimo	8.35
Valor máximo	11.24
Soma	888.03
Número de elementos	90
Coefficiente de Variação (%)	7.62
Valor crítico permissível	3.18
Teste de espúrios do mínimo	2.02
Teste de espúrios do máximo	1.83

Assim como na variável anterior, essa também apresentou um coeficiente de variação pequeno, pelos mesmos motivos já expostos anteriormente. O teste de espúrios não apontou a presença dos mesmos e os coeficientes de assimetria e curtose sugerem uma tendência de distribuição normal de freqüências, porém denotando uma curva com um achatamento no meio (curtose).

As figuras 4.26 e 4.27 apresentam os resultados gráficos e analíticos da distribuição de freqüências.

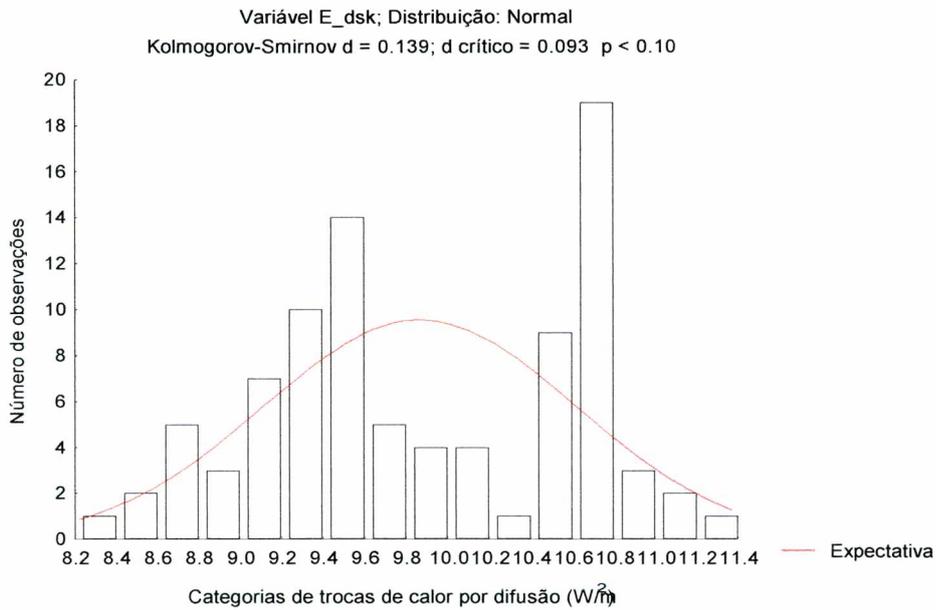


FIGURA 4.26: Distribuição de freqüências absolutas da variável E_{dsk}

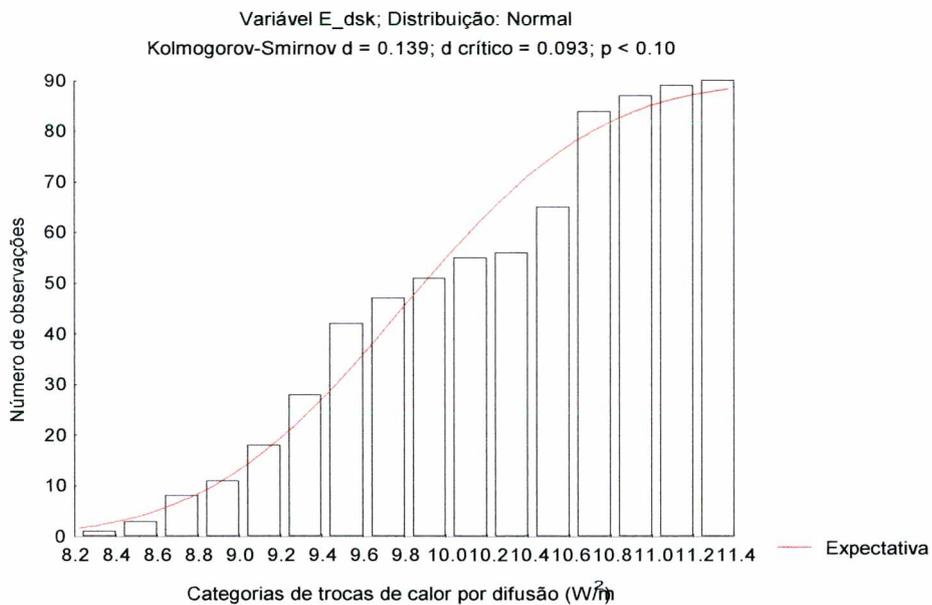


FIGURA 4.27: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável E_{dsk}

Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov, apresentam que a variável possui uma tendência de distribuição normal de freqüências apenas para um grau de confiabilidade de 90%, o que é aceitável aos propósitos de engenharia. As figuras acima confirmam os valores apresentados na tabela 4.16 (coeficiente de curtose), onde a distribuição de freqüências possui um aspecto achatado no meio, próximo do valor médio.

- **d) Troca de calor latente por evaporação do suor pela pele, E_{esk} .**

As análises estatísticas descritivas efetuadas sobre essa variável, encontram-se apresentadas na tabela 4.17 a seguir.

TABELA 4.17: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor latente pela evaporação do suor pela pele.

<i>Variável E_{esk}</i>	
Média	3.36
Erro padrão	0.18
Mediana	3.45
Modo	5.62
Desvio padrão	1.71
Variância da amostra	2.93
Coefficiente de Curtose	-0.17
Assimetria	0.06
Amplitude dos dados	7.14
Valor mínimo	0.00
Valor máximo	7.14
Soma	302.69
Número de elementos	90
Coefficiente de Variação (%)	50.90
Valor crítico permissível	3.18
Teste de espúrios do mínimo	1.96
Teste de espúrios do máximo	2.21

Essa variável apresenta, pelos dados da tabela anterior, um elevado coeficiente de variação, superior a 50%, variando desde 0 à 7.14 W/m^2 , devido ao fato de que, de acordo com a equação de determinação dessa variável pela ASHRAE Fundamentals (1997), e também pelos estudos de Fanger, a mesma é função apenas da atividade desempenhada. Por essa literatura, o valor mínimo da taxa metabólica para que se dê o início do fenômeno da sudorese é de 58 W/m^2 , e pelas medições indiretas de metabolismo através do consumo de oxigênio, observou-se alguns casos de valores de taxas metabólicas inferiores a este valor para o desempenho da atividade analisada. O teste de valores espúrios não apontou a presença dos mesmos e os coeficientes de assimetria e curtose sugerem uma tendência de distribuição normal dos dados.

As figuras 4.28 e 4.29, apresentam os resultados dos testes de distribuição de freqüências para essa variável.

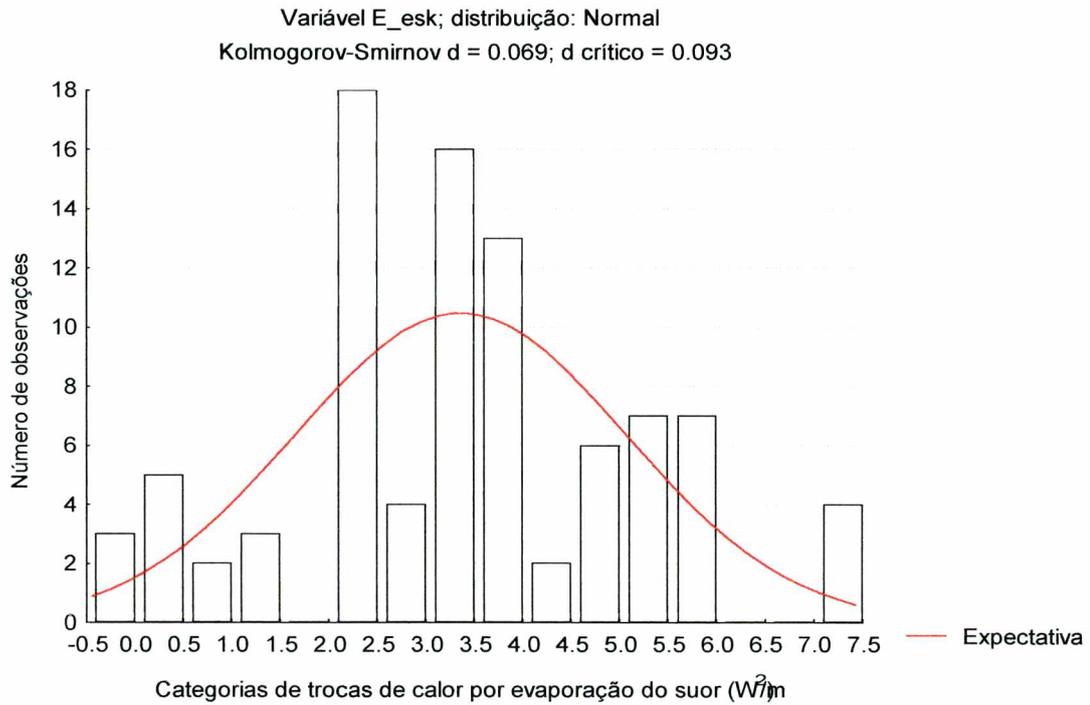


FIGURA 4.28: Distribuição de freqüências absolutas da variável E_{esk}

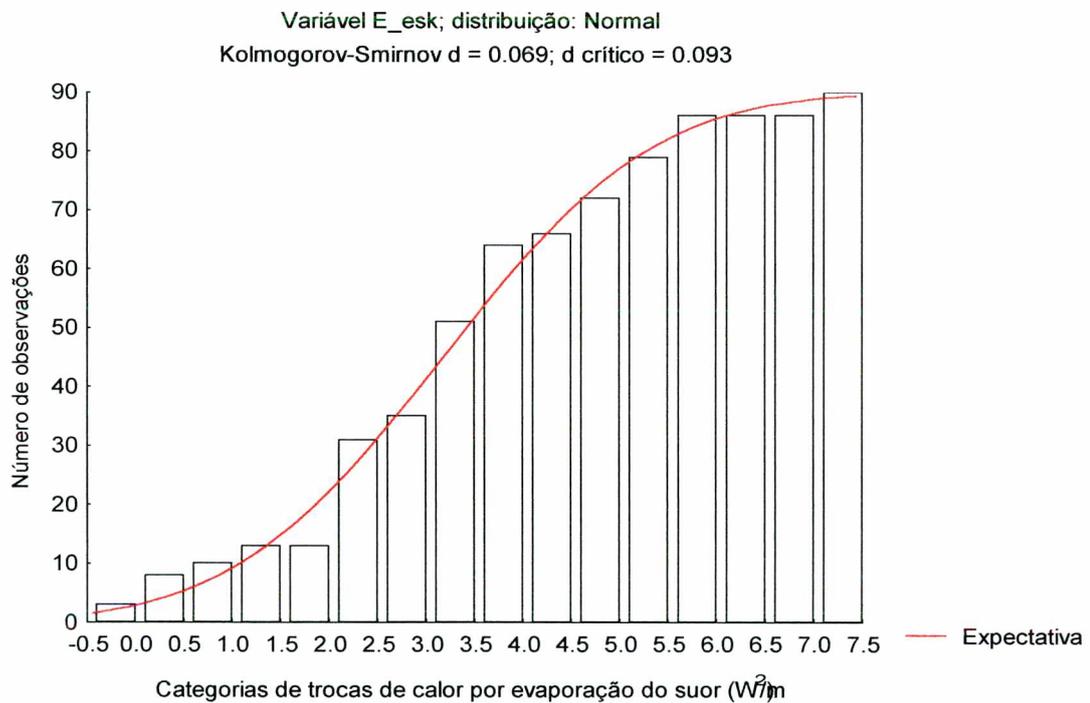


FIGURA 4.29: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável E_{esk}

Os gráficos das figuras anteriores mostram que tanto analiticamente (Kolmogorov-Smirnov), quanto graficamente, a tendência da distribuição é normal.

- **e) Troca de calor sensível por radiação (pele), R.**

As análises estatísticas descritivas efetuadas sobre essa variável, encontram-se apresentadas na tabela 4.18 a seguir.

TABELA 4.18: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor sensível por radiação.

<i>Variável R</i>	
Média	27.57
Erro padrão	0.56
Mediana	27.98
Modo	33.69
Desvio padrão	5.30
Variância da amostra	28.09
Coefficiente de Curtose	-0.98
Assimetria	-0.23
Amplitude dos dados	22.68
Valor mínimo	14.69
Valor máximo	37.37
Soma	2481.37
Número de elementos	90
Coefficiente de Variação (%)	19.22
Valor crítico permissível	3.18
Teste de espúrios do mínimo	2.43
Teste de espúrios do máximo	1.85

Os dados da tabela acima apresentam um coeficiente de variação para os dados de troca de calor por radiação significativo, da ordem de 19%. O teste para valores espúrios não mostrou a presença dos mesmos, nem para o valor mínimo como para o valor máximo e os coeficientes de assimetria e curtose sugerem uma tendência de distribuição normal dos dados, sendo que a curva apresenta um leve achatamento no meio, em torno da média.

As figuras 4.30 e 4.31, apresentam os resultados dos testes de distribuição de frequências para essa variável.

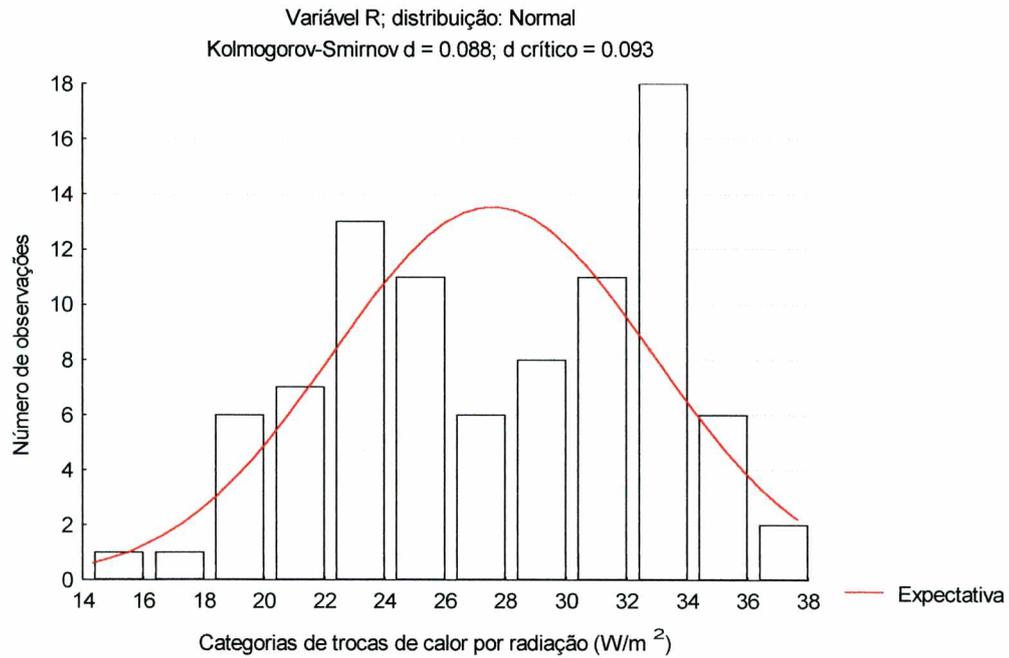


FIGURA 4.30: Distribuição de freqüências absolutas da variável R

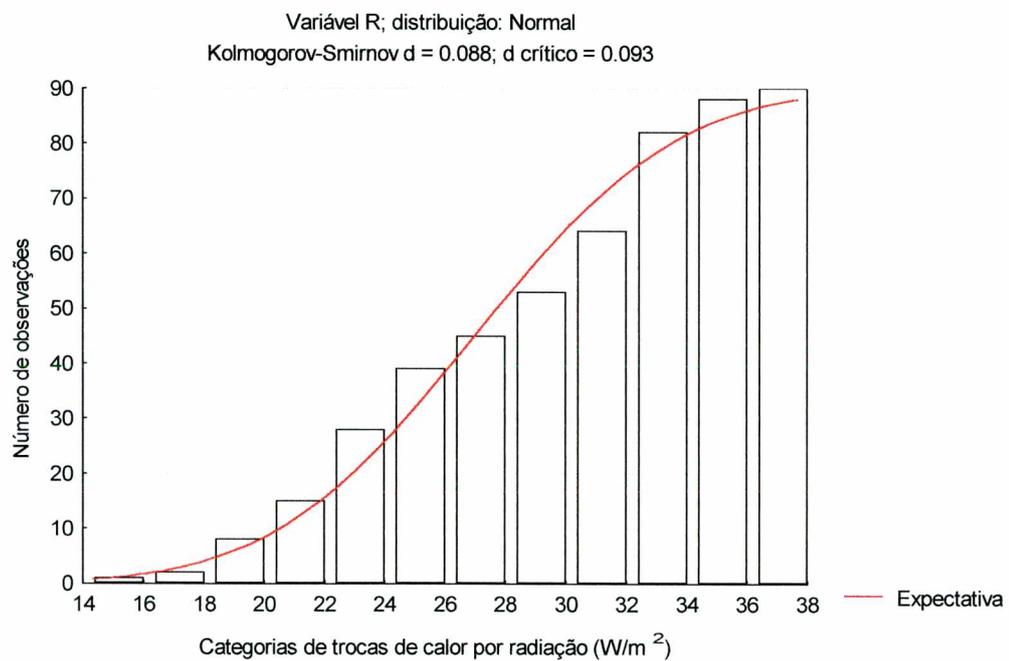


FIGURA 4.31: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável R.

Embora as curvas confirmem uma leve tendência de achatamento ocorrido na região próxima a média, não se pode descartar, a um nível de confiabilidade de 95% a normalidade da distribuição de freqüências ($d_{\text{calculado}} = 0,088 < d_{\text{crítico}} = 0.093$)

- **f) Troca de calor sensível por convecção pela pele, C.**

As análises estatísticas descritivas efetuadas sobre essa variável, encontram-se apresentadas na tabela 4.19 a seguir.

TABELA 4.19: Resumo estatístico descritivo do mecanismo de troca de calor sensível por convecção pela pele

<i>Variável C</i>	
Média	26.98
Erro padrão	0.55
Mediana	27.22
Modo	35.89
Desvio padrão	5.19
Variância da amostra	26.92
Coefficiente de Curtose	0.10
Assimetria	-0.27
Amplitude dos dados	25.71
Valor mínimo	13.67
Valor máximo	39.38
Soma	2427.76
Número de elementos	90
Coefficiente de Variação (%)	19.23
Valor crítico permissível	3.18
Teste de espúrios do mínimo	2.56
Teste de espúrios do máximo	2.39

Assim como a variável anterior, os dados referentes ao mecanismo de troca de calor por convecção pela pele também apresentaram um coeficiente de variação bem significativo, superior a 19%. O teste para a verificação de espúrios também não mostraram a ocorrência dos mesmos e os coeficientes de assimetria e curtose encontrados sugerem que as freqüências se distribuam através de uma tendência normal. Embora possa parecer, pela similaridade dos dados das tabelas resumo dos mecanismos de troca de calor por radiação e por convecção pela pele, essas duas variáveis não apresentam-se correlacionadas entre si, sendo que o coeficiente de determinação entre elas é da ordem de $R^2 = 0.40$.

As figuras 4.32 e 4.33 a seguir, apresentam a distribuição verificada para as freqüências dessa variável.

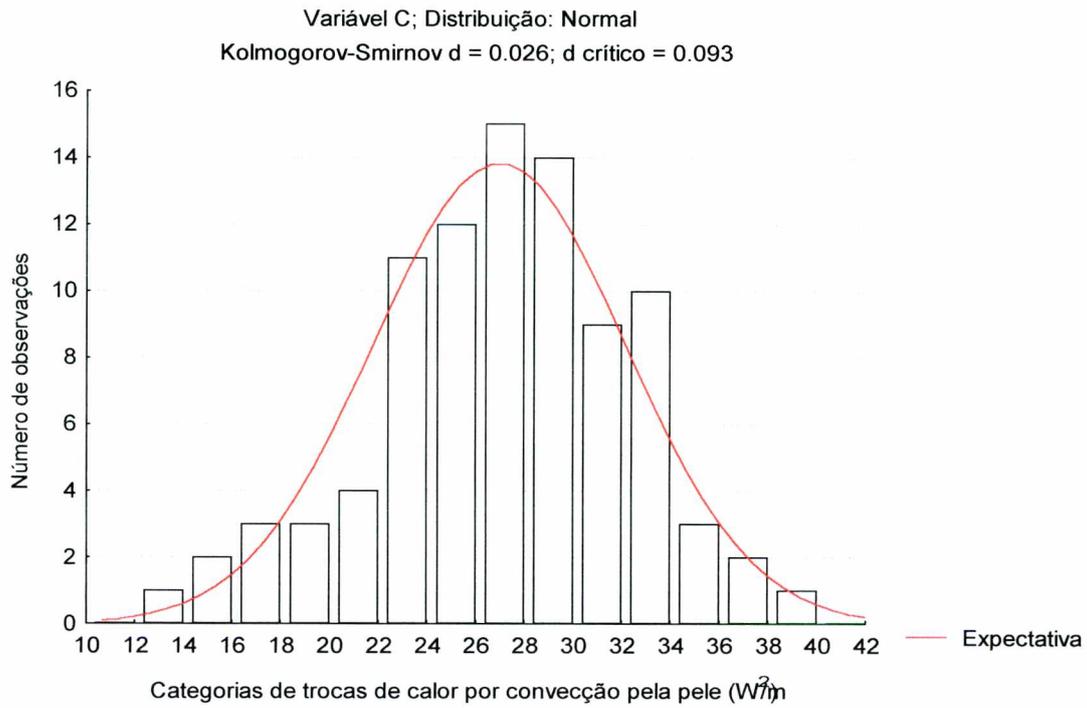


FIGURA 4.32: Distribuição de freqüências absolutas da variável C

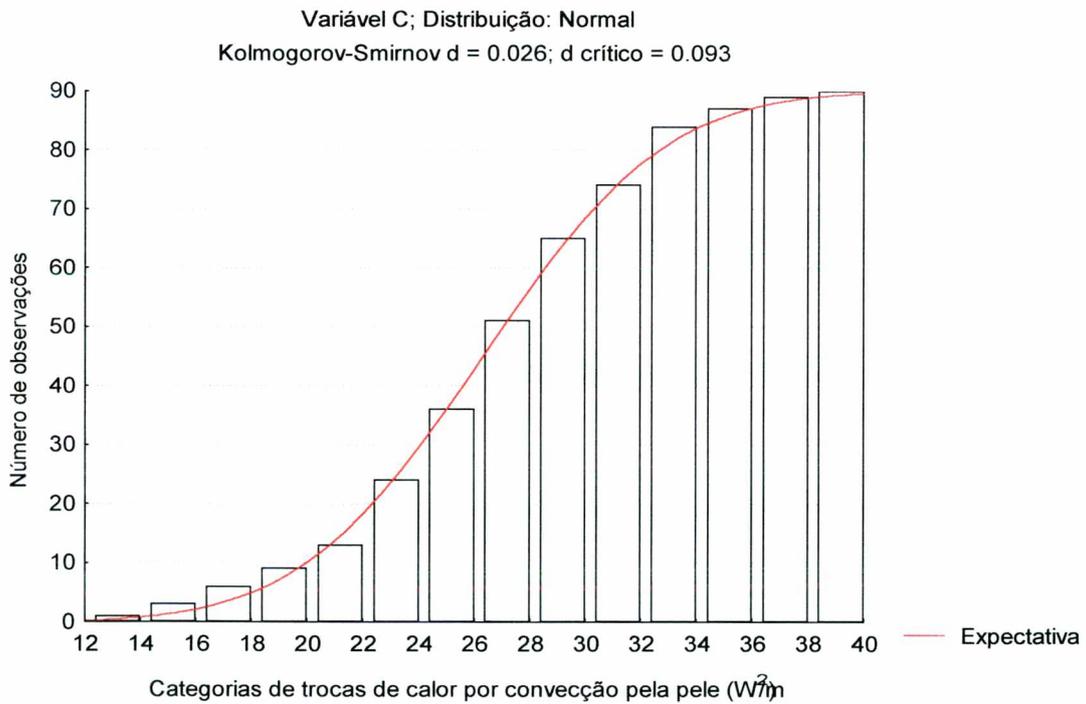


FIGURA 4.33: Distribuição de freqüências absolutas acumuladas da variável C

Conforme pode-se notar, analítica e graficamente, fica muito bem caracterizada a distribuição de freqüências com tendência normal para essa variável de troca de calor.

4.5 – Predição das sensações térmicas através de análise de regressão múltipla

Após terem sido calculados todos os mecanismos de trocas de calor entre as pessoas e o ambiente levando-se em consideração os parâmetros ambientais medidos e os parâmetros pessoais coletados, para as 90 medições com taxas metabólicas determinadas e diferenciadas, partiu-se para a determinação de um algoritmo de predição das sensações térmicas.

Esse algoritmo foi determinado a partir de um modelo de regressão linear múltiplo, tendo como variáveis independentes ou regressoras os mecanismos de trocas de calor e a taxa metabólica, e como variável dependente ou variável resposta as sensações térmicas relatadas pelas pessoas entrevistadas nas 90 medições.

A caracterização e análises estatísticas descritivas das variáveis regressoras já foram apresentadas no capítulo anterior.

O Anexo H apresenta a tabela com as variáveis independentes e dependentes utilizadas no modelo de análise de regressão múltipla.

A primeira análise de regressão múltipla considerando-se as sete variáveis como variáveis regressoras, produziu uma expressão de predição conforme a equação 54 a seguir:

$$S_p = 11,45 - 0,24.M - 5,21.Cres + 5,89.Eres - 1,94.Edsk - 0,42.Eesk + 0,07.R - 0,01.C \quad [54]$$

O resumo estatístico dessa análise de regressão múltipla, está apresentado na tabela 4.20 a seguir.

TABELA 4.20: Resumo estatístico da análise de regressão entre a taxa metabólica e os seis mecanismos de troca de calor (variáveis independentes) com as sensações relatadas (variável dependente).

RESUMO DOS RESULTADOS						
<i>Estatística de regressão</i>						
R múltiplo	0.932					
R-Quadrado	0.869					
R-quadrado ajustado	0.857					
Erro padrão	0.384					
Observações	90					
Análise de variâncias						
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>confiança</i>	
Regressão	7	80.105	11.444	77.486	100%	
Resíduo	82	12.110	0.148			
Total	89	92.215				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Intercepto	11.45	16.76	0.68	0.50	-21.90	44.80
Taxa Metabólica	-0.24	0.31	-0.78	0.44	-0.86	0.38
Cres	-5.21	0.57	-9.16	0.00	-6.34	-4.08
Eres	5.89	3.18	1.85	0.07	-0.45	12.22
Eask	-1.94	1.18	-1.64	0.10	-4.29	0.42
Eesk	-0.42	0.63	-0.67	0.51	-1.67	0.83
R	0.07	0.02	3.12	0.00	0.03	0.12
C	-0.01	0.01	-0.66	0.51	-0.03	0.02

Efetuando-se os testes de hipóteses sobre o modelo de regressão já citados anteriormente (*Teste de significância do modelo e Teste dos coeficientes ou estimadores parciais da regressão*), retiram-se as seguintes conclusões:

- O modelo é bastante significativo, pois a estatística determinada $F = 77,486$, é imensamente superior ao $F_{\text{crítico}}$ tabelado (com 7 e 82 graus de liberdade) $\cong 2,15$, apresentando uma confiabilidade de significância do modelo de praticamente 100%.
- Pelos testes dos coeficientes ou estimadores parciais de regressão, observa-se que tanto o intercepto, a taxa metabólica, a troca de calor por evaporação do suor e a troca de calor por convecção pela pele, para essa situação não são significativos ao modelo, e dentro da gama de valores possíveis para seus coeficientes encontra-se o valor nulo. Observa-se pelos valores apresentados pela tabela resumo anterior, que os coeficientes dessas variáveis apresentam uma probabilidade de erro muito

grande, sendo que a confiabilidade em suas utilizações é de apenas aproximadamente 50%.

- Observa-se também que para a presente situação, as variáveis relativas à troca de calor por convecção pela respiração, evaporação pela respiração, difusão do suor pela pele e troca de calor sensível por radiação são bons estimadores da regressão, sendo que a confiabilidade em suas utilizações é superior a 90%.
- A tabela resumo sugere então que as variáveis não significativas sejam retiradas do modelo de análise de regressão múltipla.

O novo modelo então de análise de regressão múltipla, considerando 4 variáveis independentes ou variáveis regressoras, contra a variável dependente ou resposta, *sensação térmica*, produziu então uma equação de predição conforme equação 55 a seguir.

$$S_p = 1,38.Eres - 5,10.Cres - 0,29.Edsk + 0,06.R \quad [55]$$

onde:

- S_p = Sensação Térmica predita, [escala de sensações de -3 a +3];
- Eres = Troca de calor latente por evaporação pela respiração, [W/m^2];
- Cres = Troca de calor sensível por convecção pela respiração, [W/m^2];
- Edsk = Troca de calor latente por difusão de suor, pela pele, [W/m^2];
- R = Troca de calor sensível por radiação, pela pele, [W/m^2];

Essa equação 55, pode ser rescrita, considerando-se as variáveis ambientais e pessoais ao invés dos mecanismos físicos de trocas de calor, originando uma expressão apresentada pela equação 56 abaixo.

$$S_p = 0,0239.M.(5,87 - p_a) - 0,0071.M.(34 - t_a) - 0,885.(5,73 - 0,007.M - p_a) + 0,238.10^{-8}.fcl.[(tcl + 273)^4 - (tr + 273)^4] \quad [56]$$

onde:

- S_p = Sensação Térmica predita, [escala de sensações de -3 a +3];
- M = Taxa metabólica, determinada conforme equação 53, [W/m^2];
- p_a = Pressão parcial de vapor de água no ar, [kPa];
- t_a = Temperatura do ar, ou temperatura de bulbo seco, [°C];

f_{cl} = Razão entre a área de superfície corporal do corpo vestido e do corpo nu, [adimensional];

t_{cl} = Temperatura da superfície externa da roupa, determinada através da equação 14, [°C];

t_{m} = Temperatura radiante média, determinada pelas equações 18 ou 19, [°C].

O resumo estatístico dessa análise de regressão múltipla, está apresentado na tabela 4.21 a seguir.

TABELA 4.21: Resumo estatístico da análise de regressão entre a taxa metabólica e os quatro mecanismos de troca de calor significativos (variáveis independentes), com as sensações relacionadas (variável dependente).

RESUMO DOS RESULTADOS						
<i>Estatística de regressão</i>						
R múltiplo	0.930					
R-Quadrado	0.864					
R-quadrado ajustado	0.848					
Erro padrão	0.381					
Observações	90					
ANOVA						
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Confiança</i>	
Regressão	4	79.71	19.93	137.09	100%	
Resíduo	86	12.50	0.15			
Total	90	92.22				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Intercepto						
Cres	-5.10	0.35	-14.65	0.00	-5.79	-4.41
Eres	1.38	0.12	11.30	0.00	1.14	1.62
Edsk	-0.29	0.08	-3.78	0.00	-0.44	-0.14
R	0.06	0.02	2.99	0.00	0.02	0.10

Ao serem efetuados agora os testes de hipóteses referentes à significância do modelo e da significância dos coeficientes ou estimadores parciais da regressão, obtiveram-se os seguintes resultados:

- O modelo adotado é bastante significativo, $F_{\text{calculado}} = 137,09$ é muito superior ao valor crítico $F_{\text{tabelado}} (4,86) \cong 2,50$.
- O teste dos estimadores da regressão (teste de Student), mostraram que todos eles são altamente significativos, e podem ser aplicados com praticamente 100%.

A figura 4.34 a seguir, apresenta a correlação gráfica entre as sensações relatadas pelas pessoas pesquisadas nas 90 medições e as sensações previstas por esse modelo de regressão múltipla. Observa-se que o coeficiente de determinação desse ajuste, $R^2 = 0,864$, é altamente significativo para este tipo de estudos (sensações humanas)

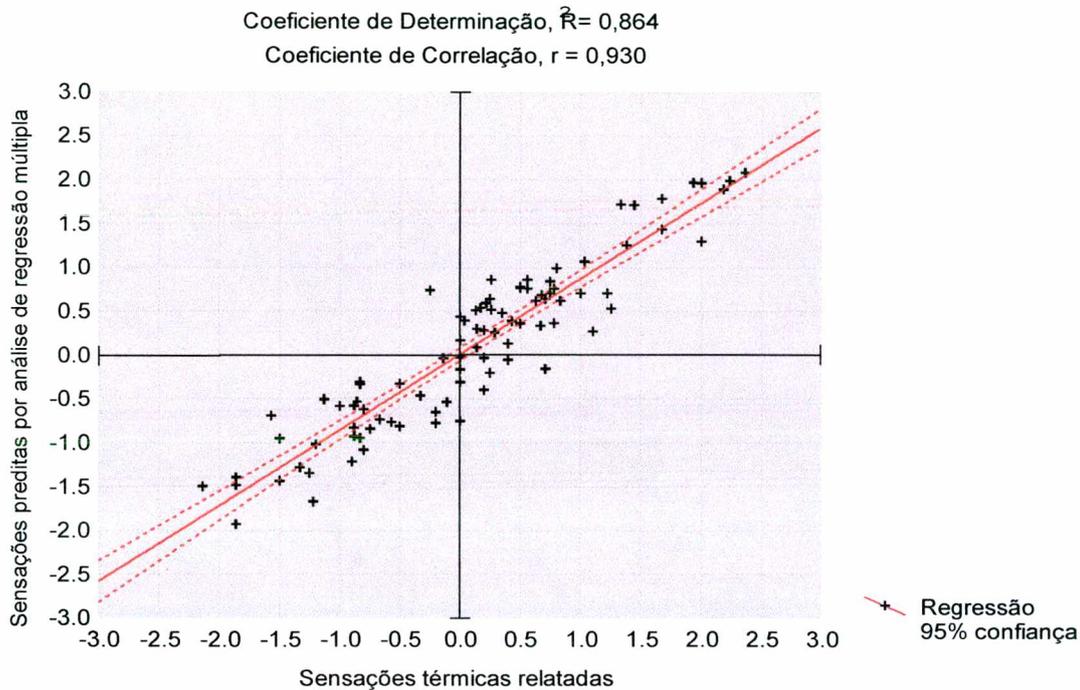


FIGURA 4.34: Correlação entre as sensações relatadas e as previstas pelo modelo de regressão.

Para efeito comparativo com os resultados aqui apresentados, foi efetuado um ajuste não linear entre a carga térmica atuando sobre o corpo (diferença entre a produção de calor pelo organismo representada pela taxa metabólica e as trocas físicas de calor entre o homem e o ambiente), a própria taxa metabólica e as sensações relatadas pelas pessoas pesquisadas. Esse ajuste foi efetuado nos mesmos moldes nos quais foi ajustado o modelo do PMV e a expressão preditiva oriunda desse modelo de ajuste exponencial é apresentada pela equação 57 a seguir.

$$S_p = [0,800 \cdot \exp(0,0038 \cdot M) - 0,971]L \quad [57]$$

onde

S_p = Sensações Térmicas previstas pelo modelo;

M = Taxa metabólica, $[W/m^2]$;

$L =$ Carga térmica atuando sobre o corpo, $[W/m^2]$.

Observa-se que as constantes obtidas por esse modelo, são diferentes das obtidas por Fanger (1970), ao enunciar o modelo do PMV/PPD (equação 27).

As figuras 4.35 e 4.36 apresentam as correlações gráficas obtidas entre as sensações térmicas previstas tanto pelo ajuste exponencial anterior como pelo modelo do PMV, e as sensações térmicas relatadas pelas pessoas pesquisadas.

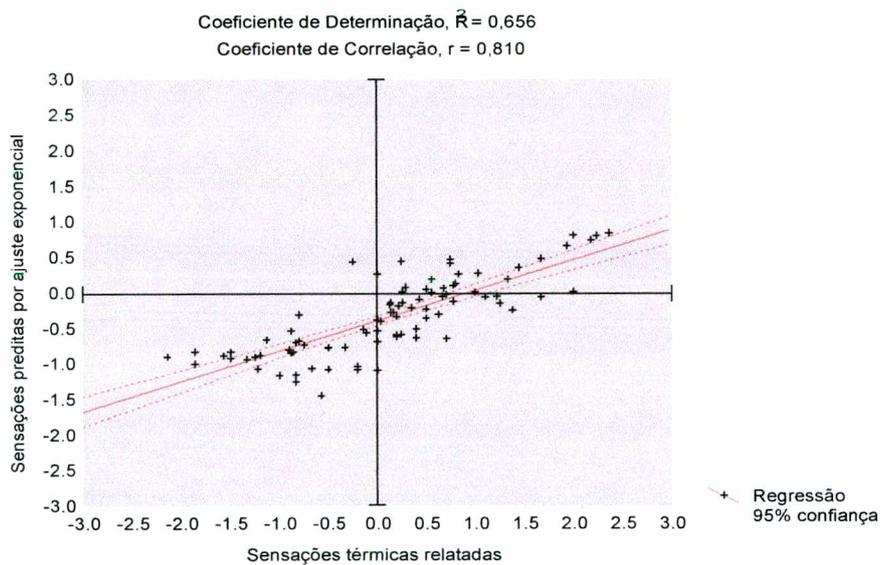


FIGURA 4.35: Correlação entre as sensações relatadas e as previstas pelo modelo de ajuste exponencial.

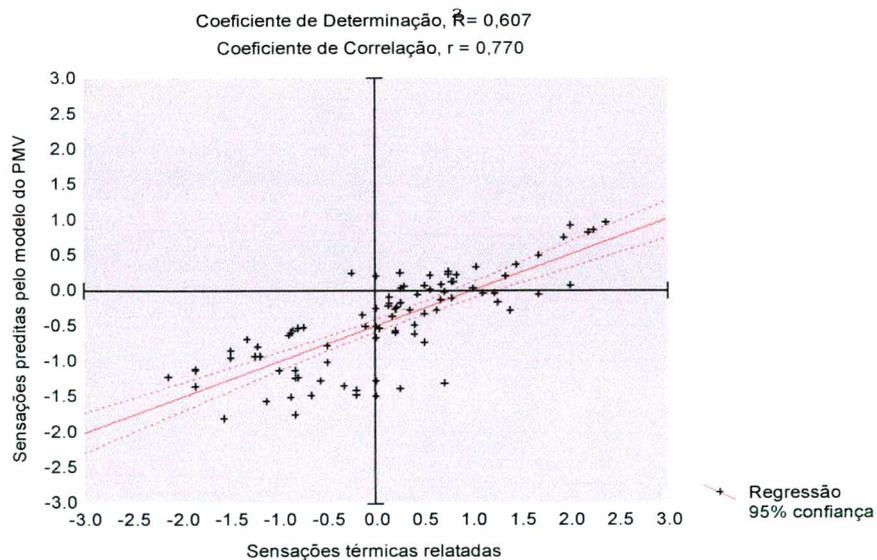


FIGURA 4.36: Correlação entre as sensações relatadas e as previstas pelo modelo do PMV.

Observa-se pela apresentação das figuras 4.34, 4.35 e 4.36, que o melhor ajuste se deu com as sensações térmicas previstas pelo modelo de análise de regressão múltipla entre as sensações relatadas pelas pessoas (variável dependente) e os mecanismos de troca de calor latente por evaporação pela respiração, troca de calor sensível por convecção pela respiração, troca de calor latente por difusão do suor pela pele e troca de calor sensível por radiação pela pele. Nos dois casos seguintes, ajuste não linear e modelo do PMV, o coeficiente de determinação foi bastante inferior, denotando desta maneira que a tentativa de se expressar as sensações térmicas em função da carga térmica atuando sobre o corpo, não representa muito bem as situações encontradas no cotidiano. Tal fato também já havia sido registrado através de estudo de Humphreys e Nicol (1996). O coeficiente de determinação que menor valor apresentou, ou seja, que menos ajustou os dados encontrados, foi justamente o obtido pelo modelo do PMV.

- Coeficiente de determinação por regressão linear: $R^2 = 0,864$
- Coeficiente de determinação por ajuste exponencial: $R^2 = 0,656$
- Coeficiente de determinação pelo modelo do PMV: $R^2 = 0,607$.

A figura 4.37 apresenta a variação das sensações térmicas relatadas e das previstas determinadas pelos três modelos citados anteriormente, nas 90 medições.

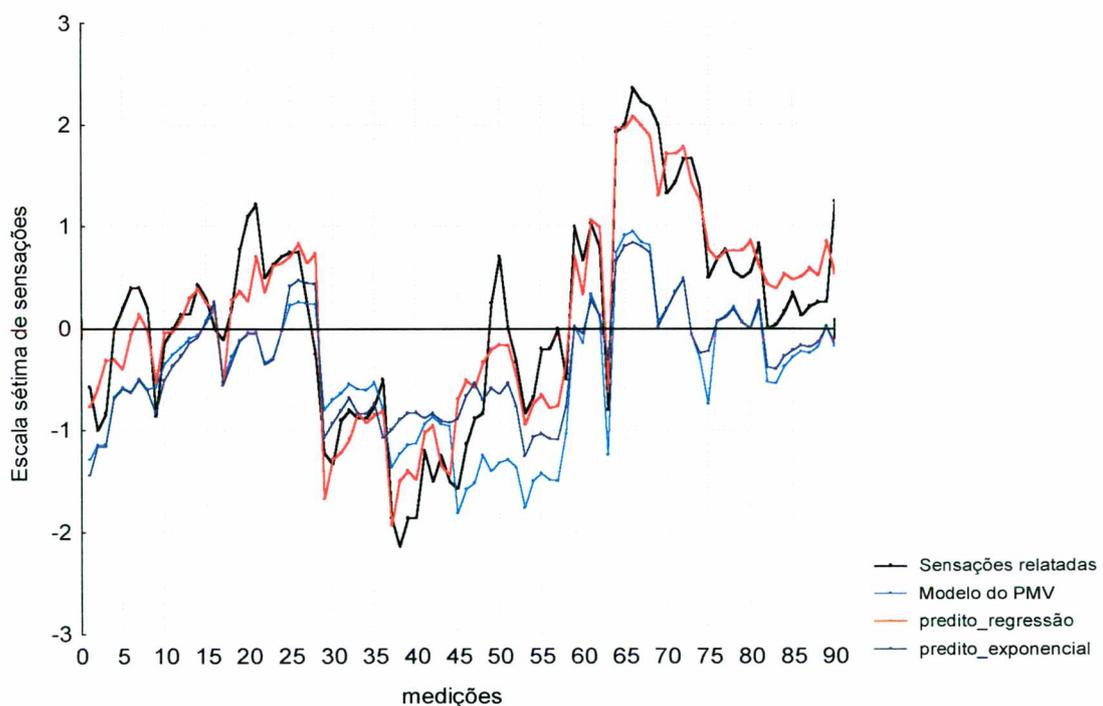


FIGURA 4.37: Variação das sensações e PMV nas 90 medições.

4.6 – Predição das sensações térmicas através de modelo causal ou modelo de fluxo

O modelo causal adotado, foi montado a partir da teoria do balanço térmico e das trocas térmicas entre o homem e o ambiente. A variável resposta final, ou variável efeito, é a sensação térmica, e as variáveis independentes ou variáveis causa, são os mecanismos de troca de calor e a taxa metabólica. Conforme é preceituado pela própria teoria, a taxa metabólica, além de influenciar a própria sensação térmica, também influencia e é causa das trocas térmicas relativas à evaporação da respiração e à evaporação do suor pela pele.

Desta forma, as variáveis *exógenas*, ou variáveis causa de outras variáveis consideradas como efeitos, e as variáveis *endógenas*, ou variáveis efeito de outras variáveis consideradas como causas, que foram analisadas no modelo, podem assim ser sintetizadas:

- ***Variáveis Exógenas***
 - Taxa Metabólica, M, (variável 1);
 - Convecção através da respiração, Cres, (variável 4);
 - Difusão do suor pela pele, Edsk, (variável 5);
 - Convecção pela pele, C, (variável 6);
 - Radiação pela pele, R, (variável 7).
- ***Variáveis Endógenas***
 - Evaporação pela respiração, Eres, (variável 2);
 - Evaporação do suor pela pele, Eesk, (variável 3);
 - Sensações Térmicas, S, (variável 8).

A tabela 4.22 a seguir, apresenta a matriz de correlações entre as variáveis analisadas.

TABELA 4.22: Correlações entre as variáveis envolvidas na análise causal

	M 1	Eres 2	Eesk 3	Cres 4	Edsk 5	C 6	R 7	Sens 8
M 1	1							
Eres 2	0.757	1						
Eesk 3	0.999	0.753	1					
Cres 4	0.302	0.789	0.301	1				
Edsk 5	-0.255	0.438	-0.260	0.750	1			
C 6	-0.287	0.221	-0.291	0.599	0.722	1		
R 7	-0.078	0.489	-0.079	0.860	0.834	0.662	1	
Sens 8	0.022	-0.500	0.022	-0.869	-0.768	-0.692	-0.811	1

Para efeito de melhor acompanhamento, o diagrama causal ou diagrama de fluxo encontra-se reapresentado na figura 4.38 a seguir

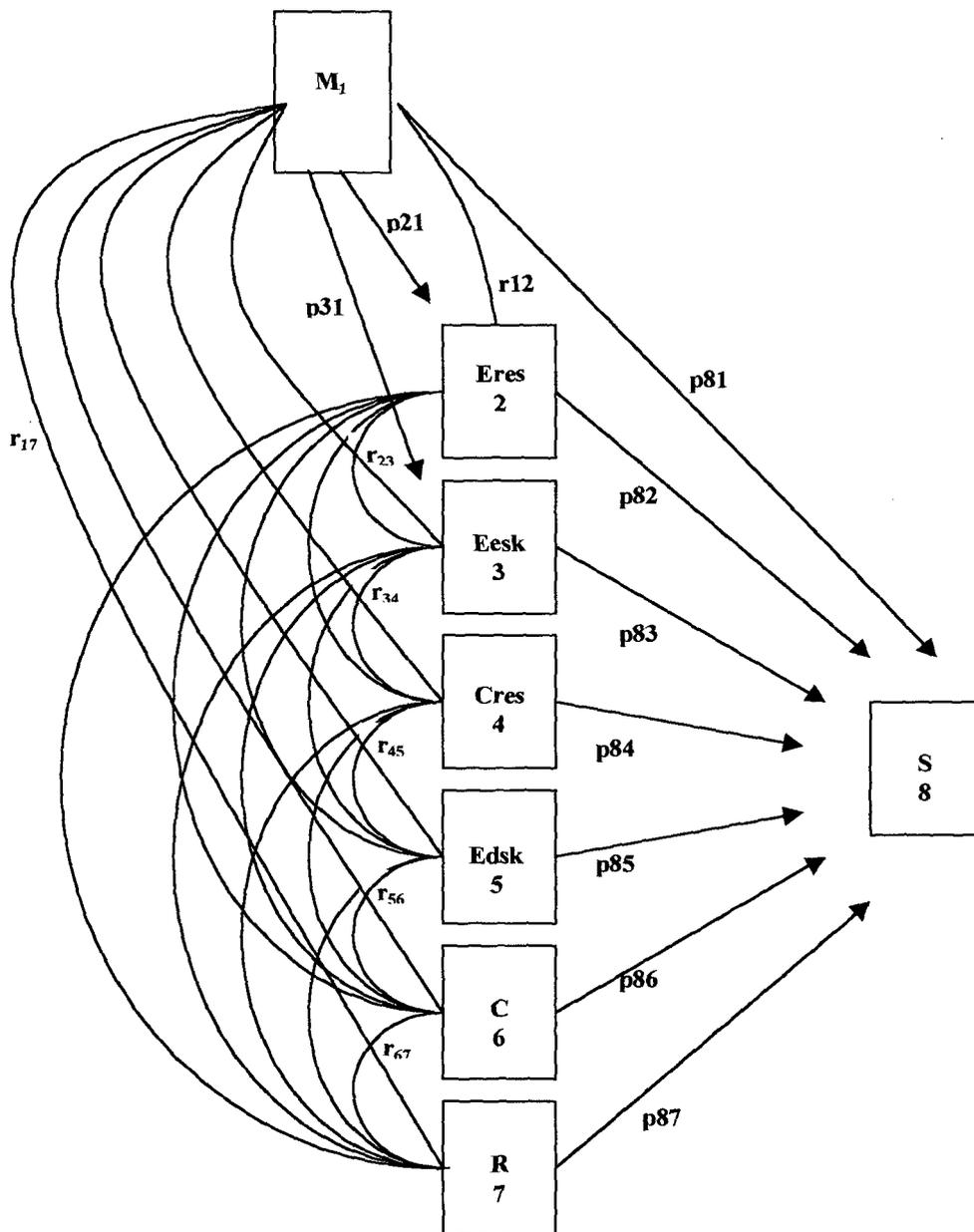


FIGURA 4.38: Diagrama de Fluxo ou Causal ("Path Diagram"), do modelo analisado.

O sistema resolutivo apropriado para a determinação dos coeficientes de fluxo, a partir das correlações verificadas entre as variáveis do modelo, é dado por um sistema de nove equações à nove incógnitas conforme tabela 4.23.

TABELA 4.23: Sistema resolutivo de equações para os coeficientes de fluxo:

$p_{21} = r_{12}$
$p_{31} = r_{13}$
$p_{81} = r_{18} - p_{21} \cdot p_{82} - p_{31} \cdot p_{83} - r_{14} \cdot p_{84} - r_{15} \cdot p_{85} - r_{16} \cdot p_{86} - r_{17} \cdot p_{87}$
$p_{82} = r_{28} - r_{12} \cdot p_{81} - r_{12} \cdot r_{13} \cdot p_{83} - r_{24} \cdot p_{84} - r_{25} \cdot p_{85} - r_{26} \cdot p_{86} - r_{27} \cdot p_{87}$
$p_{83} = r_{38} - r_{13} \cdot p_{81} - r_{13} \cdot r_{12} \cdot p_{82} - r_{34} \cdot p_{84} - r_{35} \cdot p_{85} - r_{36} \cdot p_{86} - r_{37} \cdot p_{87}$
$p_{84} = r_{48} - r_{14} \cdot p_{81} - r_{14} \cdot r_{12} \cdot p_{82} - r_{14} \cdot r_{13} \cdot p_{83} - r_{45} \cdot p_{85} - r_{46} \cdot p_{86} - r_{47} \cdot p_{87}$
$p_{85} = r_{58} - r_{15} \cdot p_{81} - r_{15} \cdot r_{12} \cdot p_{82} - r_{15} \cdot r_{13} \cdot p_{83} - r_{45} \cdot p_{84} - r_{56} \cdot p_{86} - r_{57} \cdot p_{87}$
$p_{86} = r_{68} - r_{16} \cdot p_{81} - r_{16} \cdot r_{12} \cdot p_{82} - r_{16} \cdot r_{13} \cdot p_{83} - r_{46} \cdot p_{84} - r_{56} \cdot p_{85} - r_{67} \cdot p_{87}$
$p_{87} = r_{78} - r_{17} \cdot p_{81} - r_{17} \cdot r_{12} \cdot p_{82} - r_{17} \cdot r_{13} \cdot p_{83} - r_{47} \cdot p_{84} - r_{57} \cdot p_{85} - r_{67} \cdot p_{86}$

Os coeficientes causais, ou coeficientes de fluxo (“path coefficients”), obtidos pelo modelo encontram-se apresentados pela tabela 4.24 a seguir.

TABELA 4.24: Coeficientes de Fluxo ou coeficientes causais representativos dos efeitos diretos das variáveis exógenas sobre as endógenas do modelo.

Coeficientes de Fluxo (Path Coefficients)	
p21	0.76
p31	1.00
p81	0.51
p82	0.01
p83	-0.02
p84	-1.36
p85	0.17
p86	-0.05
p87	0.29

Por intermédio da partição das correlações entre as variáveis analisadas, obteve-se a influência ou os efeitos das variáveis efeito, sobre a variável causa (sensações térmicas), conforme apresentado abaixo:

- O efeito da *taxa metabólica* sobre os mecanismos de troca de calor por evaporação da respiração e por evaporação do suor pela pele é 100% de maneira direta.

- As sensações térmicas sofreram efeitos provenientes das variáveis independentes da ordem de 89,50%, sendo que deste percentual os efeitos diretos (coeficientes de fluxo) representam 29,07%; os efeitos indiretos (efeito da taxa metabólica sobre a sensação através de seu efeito sobre a evaporação da respiração e evaporação do suor) representam 0,24%; e os efeitos indeterminados (efeitos devidos as correlações entre as variáveis independentes) representam 60,19%.
- Dos efeitos diretos sobre a variável sensações térmicas, observa-se que a *taxa metabólica* contribui com 21,01%, a *evaporação da respiração* com 0,22%, a *evaporação do suor pela pele* com 0,99%, a *convecção da respiração* com 56,24%, a *difusão do suor pela pele* com 7,25%, a *convecção pela pele* com 2,22% e a *radiação pela pele* com 12,07%.
- Dos efeitos indiretos sobre a variável sensações térmicas, observa-se que a *taxa metabólica* contribui com 100%.
- Dos efeitos indeterminados sobre a variável sensações térmicas, observa-se que a *taxa metabólica* contribui com 9,32%, a *evaporação da respiração* com 17,48%, a *evaporação do suor pela pele* com 9,30%, a *convecção da respiração* com 9,95%, a *difusão do suor pela pele* com 18,96%, a *convecção pela pele* com 12,84% e a *radiação pela pele* com 22,14%.
- O modelo ainda apresentou efeitos espúrios, relativos a efeitos produzidos por mesma variável causa, ou erros do modelo devido a efeitos causados por causas não analisadas, da ordem de 10,50%.

As figuras de 4.39 a 4.44, apresentam os resultados gráficos da análise de efeitos oriunda do modelo causal.

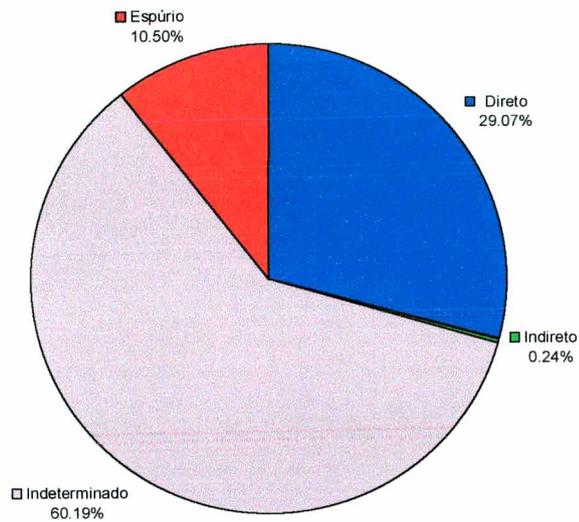


FIGURA 4.39: Classificação dos efeitos dos mecanismos de troca de calor sobre as sensações térmicas.

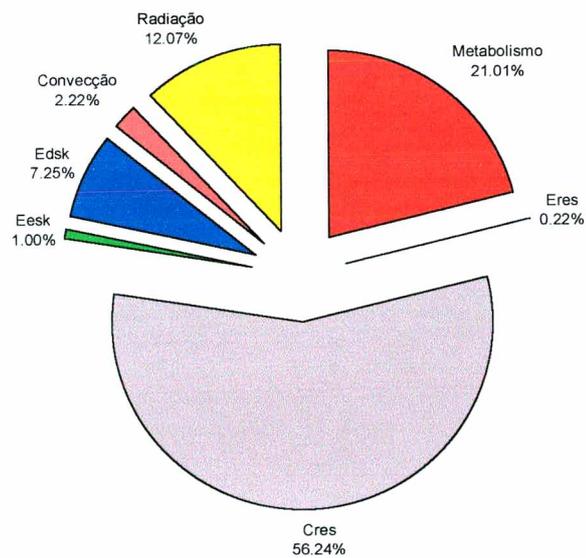


FIGURA 4.40: Contribuição dos mecanismos de trocas de calor relativa aos efeitos diretos sobre as sensações térmicas.

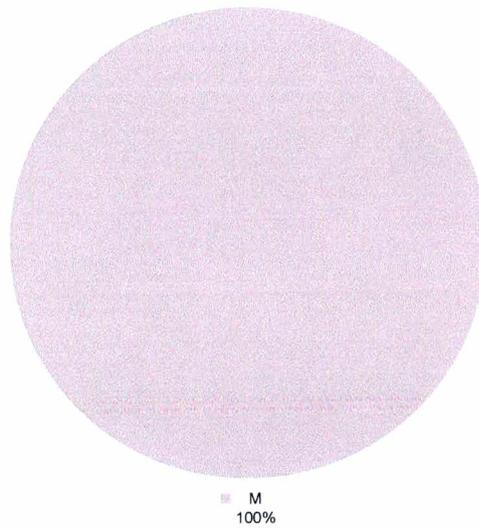


FIGURA 4.41: Contribuição dos mecanismos de trocas de calor relativa aos efeitos indiretos sobre as sensações térmicas.

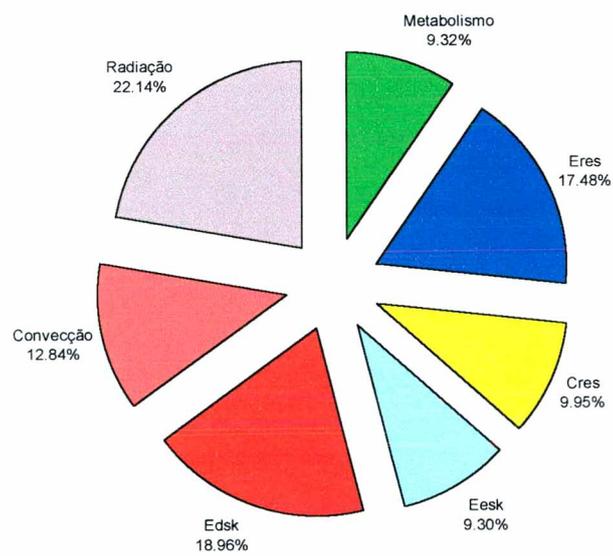


FIGURA 4.42: Contribuição dos mecanismos de trocas de calor relativa aos efeitos indeterminados sobre as sensações térmicas.

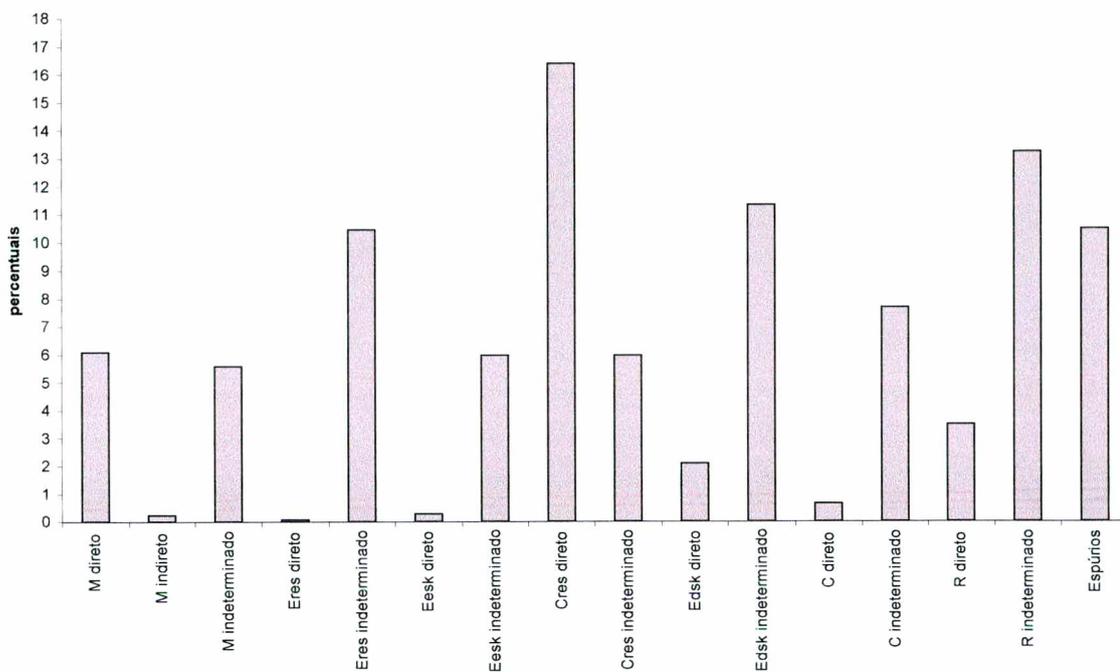


FIGURA 4.43: Classificação dos efeitos totais, de acordo com os respectivos mecanismos de trocas de calor, sobre as sensações térmicas.

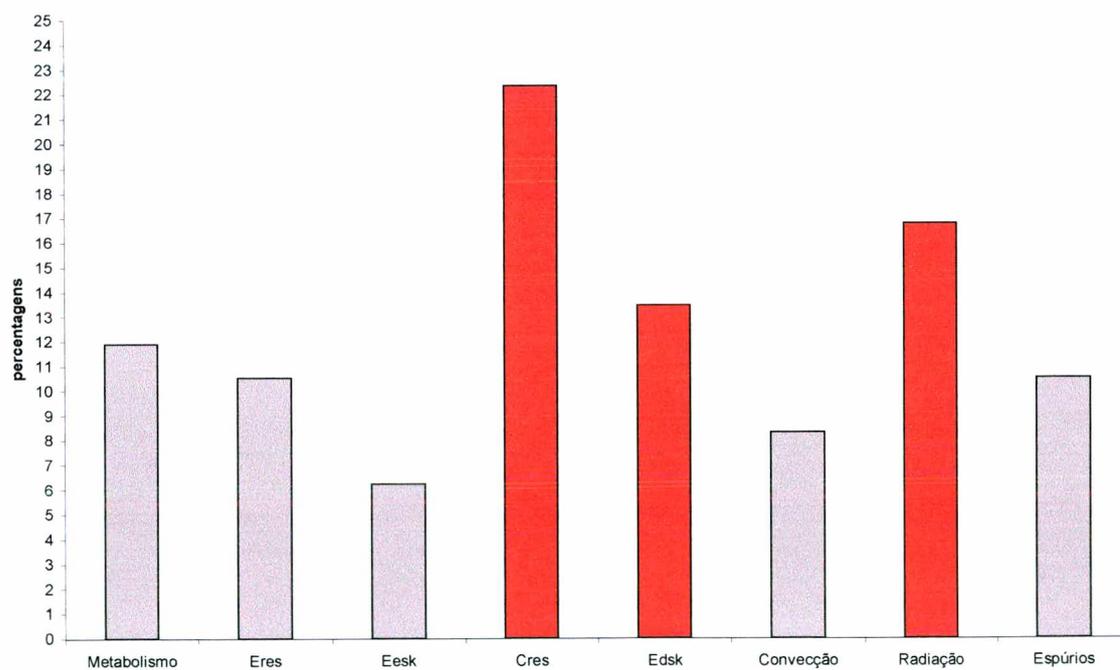


FIGURA 4.44: Contribuição dos efeitos totais de cada mecanismo de troca de calor sobre as sensações térmicas.

Após a respectiva determinação dos coeficientes de fluxo e classificação dos efeitos das variáveis exógenas sobre as endógenas, foram determinadas (devido ao

efeito causal) as expressões de predição das trocas térmicas de calor por evaporação da respiração e evaporação do suor, em função da taxa metabólica, conforme equações 58 e 59 a seguir.

$$Eres = 0,02 + 0,075.M \quad [58]$$

$$Eesk = 0,413.M - 23,93 \quad [59]$$

Considerando a sensação térmica como a variável efeito final do modelo, extraiu-se a expressão de predição da mesma em função dos mecanismos de trocas físicas, conforme equação 60 a seguir.

$$Sp = 0,124.M + 0,0013.Eres - 0,014.Eesk - 4,959.Cres + 0,237.Edsk - 0,010.C + 0,056.R - 6,27 \quad [60]$$

Substituindo as expressões 58 e 59 na expressão 60, obteve-se a expressão de predição conforme equação 61 a seguir.

$$Sp = 0,118.M - 4,959.Cres + 0,237.Edsk - 0,010.C + 0,056.R - 5,935 \quad [61]$$

Substituindo os mecanismos de trocas de calor pelas variáveis ambientais e pessoais conforme explicado na metodologia, obtém-se a equação 62 a seguir.

$$Sp = ta.(0,01.fcl.hc + 4,959) + 0,222.10^{-8}.fcl.[(tcl + 273)^4 - (trm + 273)^4] - 0,123.M - 0,723.pa - 0,001.fcl.hc.tcl - 1,73 \quad [62]$$

A figura 4.45 a seguir apresenta a correlação obtida entre as sensações relatadas pelas pessoas entrevistadas durante as 90 medições e as sensações térmicas preditas pelo modelo causal analisado e determinadas através da equação 62

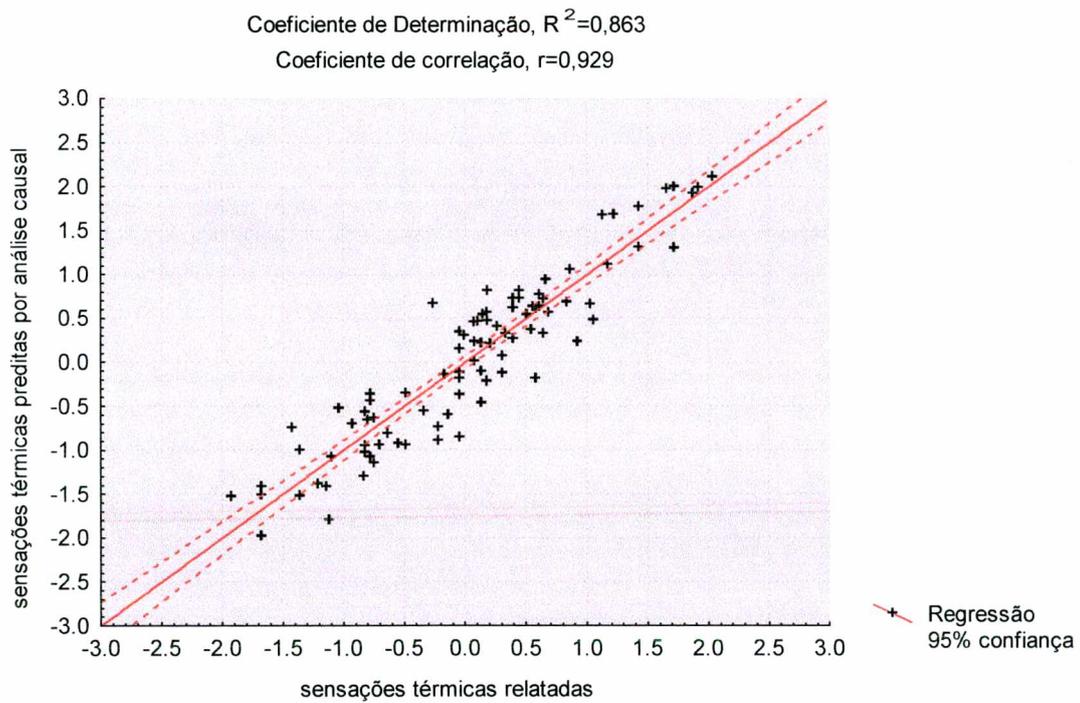


FIGURA 4.45: Correlação entre as sensações térmicas relatadas pelas pessoas e as sensações térmicas previstas pelo modelo causal.

A figura 4.46 apresenta a variação das sensações térmicas relatadas e as sensações térmicas previstas por análise causal ou análise de fluxo

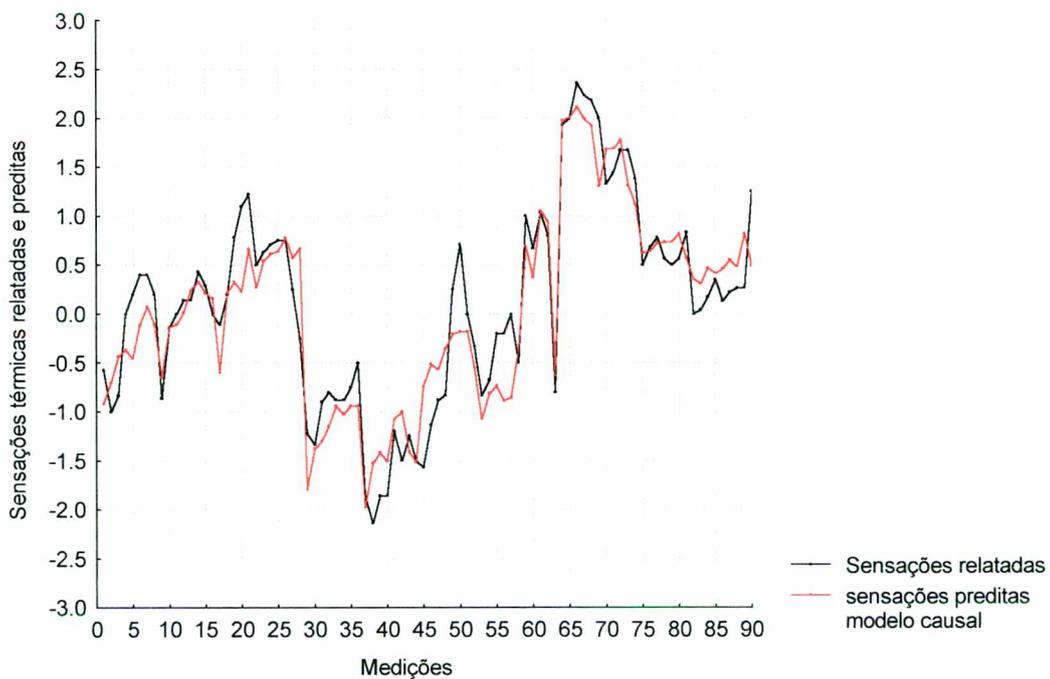


FIGURA 4.46: Variações das sensações relatadas e previstas pelo modelo causal.

4.7 – Predição da percentagem de pessoas insatisfeitas em cada medição

A verificação do percentual de pessoas insatisfeitas em cada medição foi obtido a partir de quatro análises distintas efetuadas sobre os votos das sensações térmicas relatadas em 214 das 279 medições totais, sendo que os votos relativos às medições de 1 a 65 não serão analisados neste trabalho, pois os mesmos já foram objetos de análises em estudo anterior, (Xavier, 1999). As quatro situações analisadas, são apresentadas nas alíneas **a** a **d** a seguir.

- **a) Considerados como insatisfeitos aqueles que votaram +3, +2, -3 e -2 na escala de percepção e também os que votaram +1 ou -1 e mantiveram esses votos na escala de preferências térmicas (comparação direta).**

O ajuste propiciado por essa análise encontra-se apresentado pela figura 4.47 a seguir.

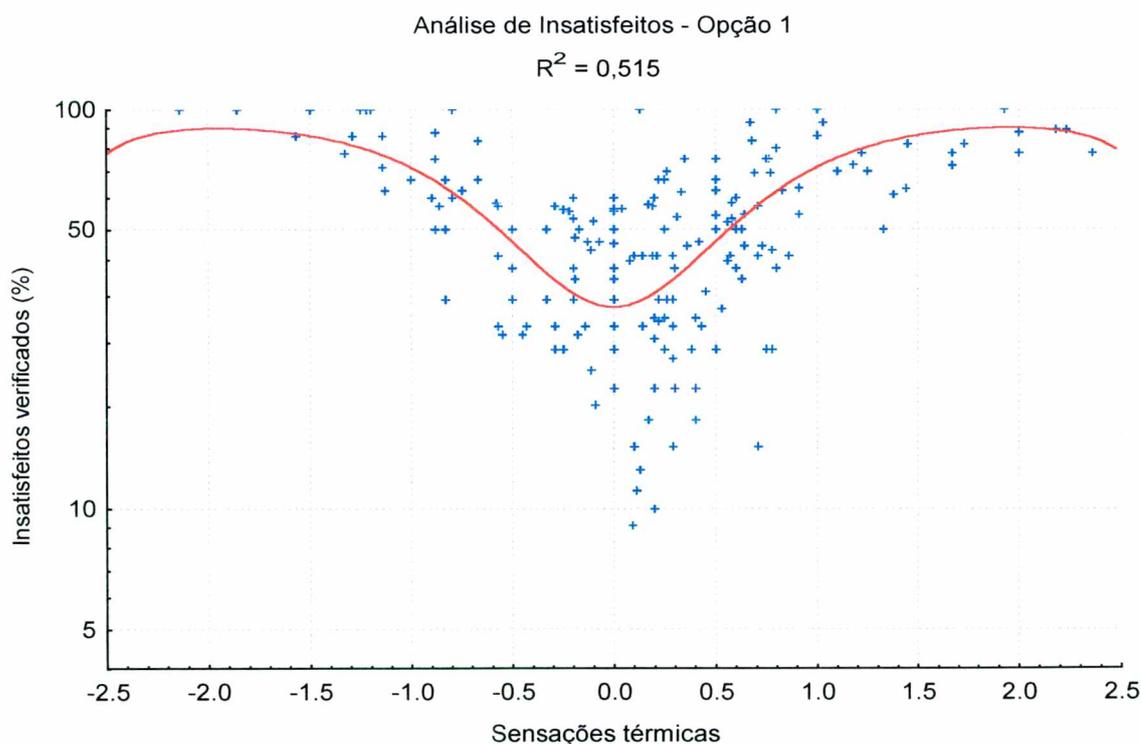


FIGURA 4.47: Ajuste não linear por comparação direta entre os votos de sensações e preferências térmicas.

Esse ajuste é válido para um intervalo de sensações de -2 a $+2$, como no modelo normalizado do PMV, sendo que por este ajuste em situação plena de conforto térmico, $S=0$, a percentagem predita de pessoas insatisfeitas é de 32,01%. Para a faixa aceitável térmicamente pela ISO 7730 (1994), que é de $S=-0,5$ a $S=0,5$, o percentual de pessoas insatisfeitas predito pelo ajuste anterior é da ordem de 46,66%. A expressão de predição obtida pelo ajuste é dada pela equação 63.

$$I = 100 - 67,99 \cdot \exp(0,132 \cdot S^4 - 1,004 \cdot S^2) \quad [63]$$

- **b) Considerados como insatisfeitos aqueles que votaram +3, +2, -3 e -2 na escala de percepção e 50% dos que votaram +1 ou -1 na mesma escala (Xavier, 1999).**

O ajuste propiciado por essa análise encontra-se apresentado pela figura 4.48 a seguir.

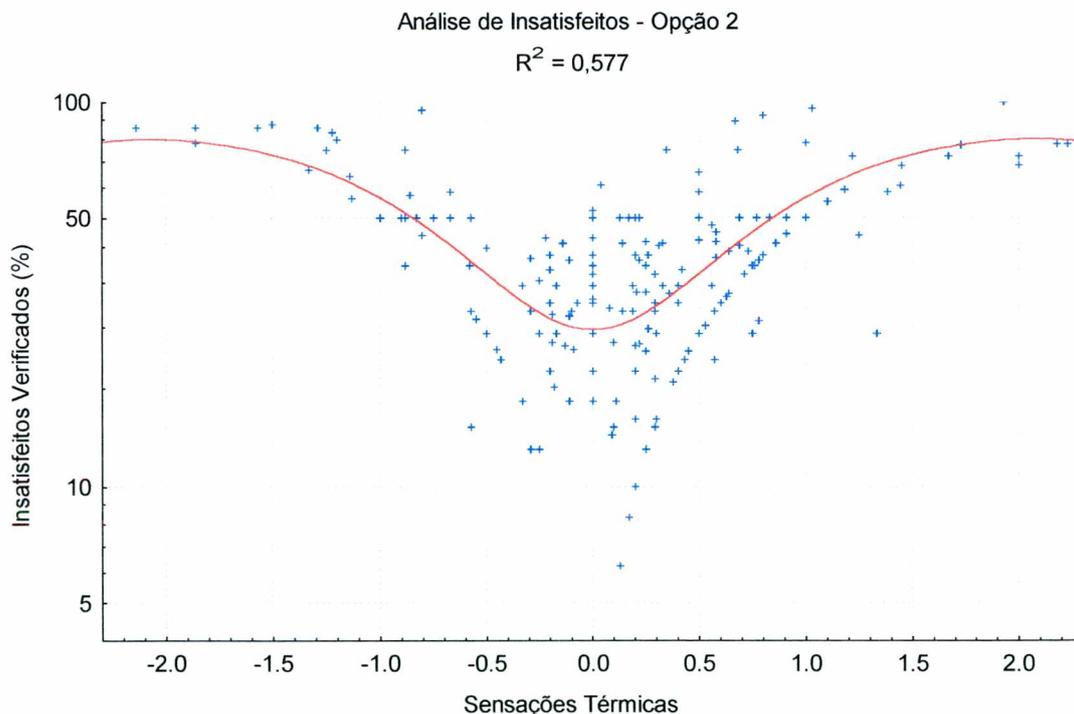


FIGURA 4.48: Ajuste não linear, considerando como insatisfeitos os que votaram +3, +2, -3, -2 e 50% dos que votaram +1 ou -1 na escala de percepções térmicas.

Como no caso anterior, esse ajuste é válido para o intervalo de sensações de 2 a -2 . Em situação plena de conforto térmico ($S=0$), a percentagem de pessoas

insatisfeitas previstas por este ajuste é de 25,66%. Para a faixa normalizada de conforto térmico ($-0,5 < S < 0,5$), a percentagem de pessoas insatisfeitas previstas é da ordem de 35,86%. A expressão de predição obtida pelo ajuste, é dada pela equação 64 a seguir

$$I = 100 - 74,34 \cdot \exp(0,070 \cdot S^4 - 0,608 \cdot S^2) \quad [64]$$

- **c) Considerados como insatisfeitos apenas aqueles que votaram +3, +2, -3 e -2 na escala de percepção e não os que votaram +1 ou -1 na mesma escala (Fanger, 1970).**

O ajuste propiciado por essa análise encontra-se apresentado pela figura 4.49 a seguir.

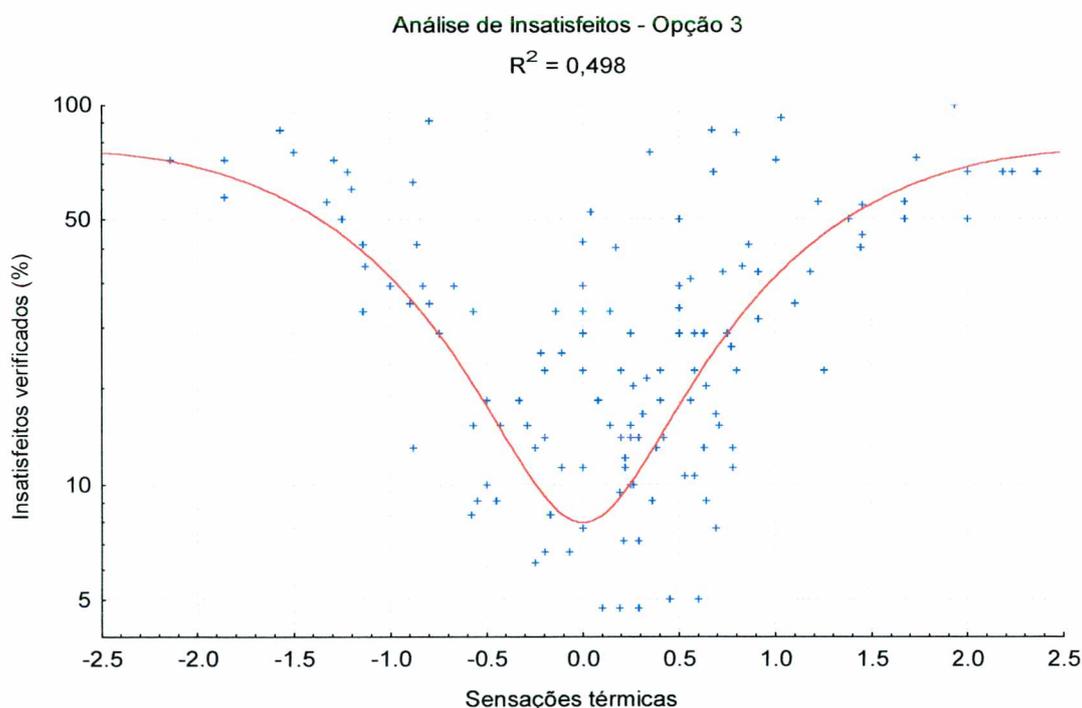


FIGURA 4.49: Ajuste não linear, considerando como insatisfeitos os que votaram +3, +2, -3, -2 e nenhum dos que votaram +1 ou -1 na escala de percepções térmicas.

Nesse ajuste, a faixa válida de sensações térmicas é de 3 a -3, sendo que para a situação plena de conforto ($S=0$), o percentual predito de insatisfeitos é de 7,98%. Para a faixa normalizada de conforto térmico, ($-0,5 < S < 0,5$), a percentagem de insatisfeitos aceita é da ordem de 16,15%. O ajuste é mostrado pela equação 65.

$$I = 100 - 92,02 \cdot \exp(0,0275 \cdot S^4 - 0,379 \cdot S^2)$$

[65]

- **d) Considerados como insatisfeitos todos os que votaram +3, +2, +1, -3, -2 e -1 na escala de percepção térmica (Araújo, 1996)**

O ajuste propiciado por essa análise encontra-se apresentado pela figura 4.50 a seguir.

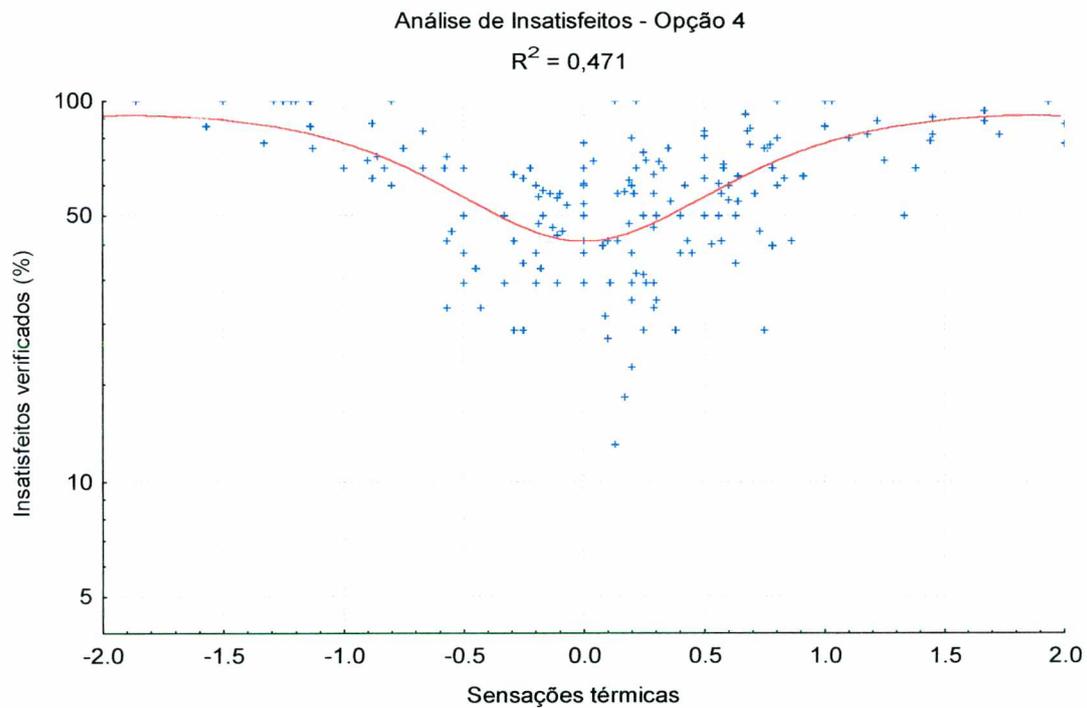


FIGURA 4.50: Ajuste não linear, considerando como insatisfeitos todos os que votaram +3, +2, +1, -3, -2 e -1 na escala de percepções térmicas.

Nesse ajuste, a faixa válida de sensações térmicas é de 2 a -2, sendo que para a situação plena de conforto ($S=0$), o percentual predito de insatisfeitos é de 42,89%. Para a faixa normalizada de conforto térmico, ($-0,5 < S < 0,5$), a percentagem de insatisfeitos aceita é da ordem de 56,10%. O ajuste é mostrado pela equação 66.

$$I = 100 - 57,11 \cdot \exp(0,154 \cdot S^4 - 1,091 \cdot S^2)$$

[66]

Será adotado neste trabalho, como percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente, aquele oriundo do algoritmo não linear que melhor ajusta os dados encontrado. A opção que melhor ajustou os dados foi aquela referente à consideração dos que votaram +3, +2, -3 e -2, e ainda 50% dos que votaram +1 ou -1 na escala de

percepções térmicas encontravam-se insatisfeitas termicamente com o ambiente. Essa mesma conclusão também foi obtida através de estudos anteriores, onde analisaram-se os dados referentes às 65 primeiras medições (Xavier, 1999).

Desse modo, os percentuais de pessoas insatisfeitas com o ambiente foram preditos através da equação 64, sendo que após isto foi efetuado novo ajuste não linear onde obteve-se a expressão final de predição conforme apresentado na equação 67 a seguir.

$$I = 100 - 75,35 \cdot \exp(0,058 \cdot S^4 - 0,569 \cdot S^2) \quad [67]$$

Essa equação final de predição é válida para uma faixa de sensações térmicas variando de +2 a -2, da mesma maneira que o modelo normalizado do PMV, sendo que para a situação plena de conforto ($S=0$), o percentual predito de pessoas insatisfeitas é da ordem de 24,65%. A faixa normalizada como aceitável termicamente para ambientes, $-0,5 < S < +0,5$, sugere, nesse caso que o percentual aceito de pessoas insatisfeitas seja da ordem de 34,40%. Para efeito da determinação das zonas de conforto para esse trabalho, o percentual aceitável de pessoas insatisfeitas com o ambiente foi considerado de 34%.

A figura 4.51 a seguir apresenta os resultados gráficos das quatro situações analisadas em conjunto.

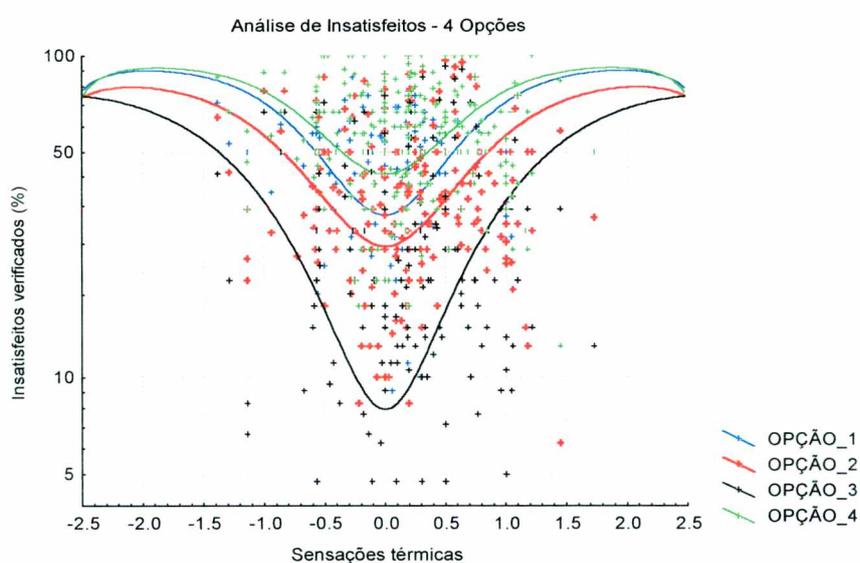


FIGURA 4.51: Análises de insatisfeitos por ajustes não lineares

Ainda das quatro situações analisadas anteriormente, observa-se que a maior dispersão verificada nos ajustes não lineares, se dá justamente na faixa considerada como de conforto $-0,5 < S < +0,5$, (vide figuras de 4.47 a 4.50), denotando desta maneira que nesta faixa são muito significativas as diferenças e preferências pessoais com relação aos ambientes térmicos.

A figura 4.52 a seguir, apresenta um comparativo gráfico entre o ajuste não linear das sensações preditas por análise causal com as percentagens de insatisfeitos preditos; e o voto médio estimado (PMV) com a percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) do modelo normalizado.

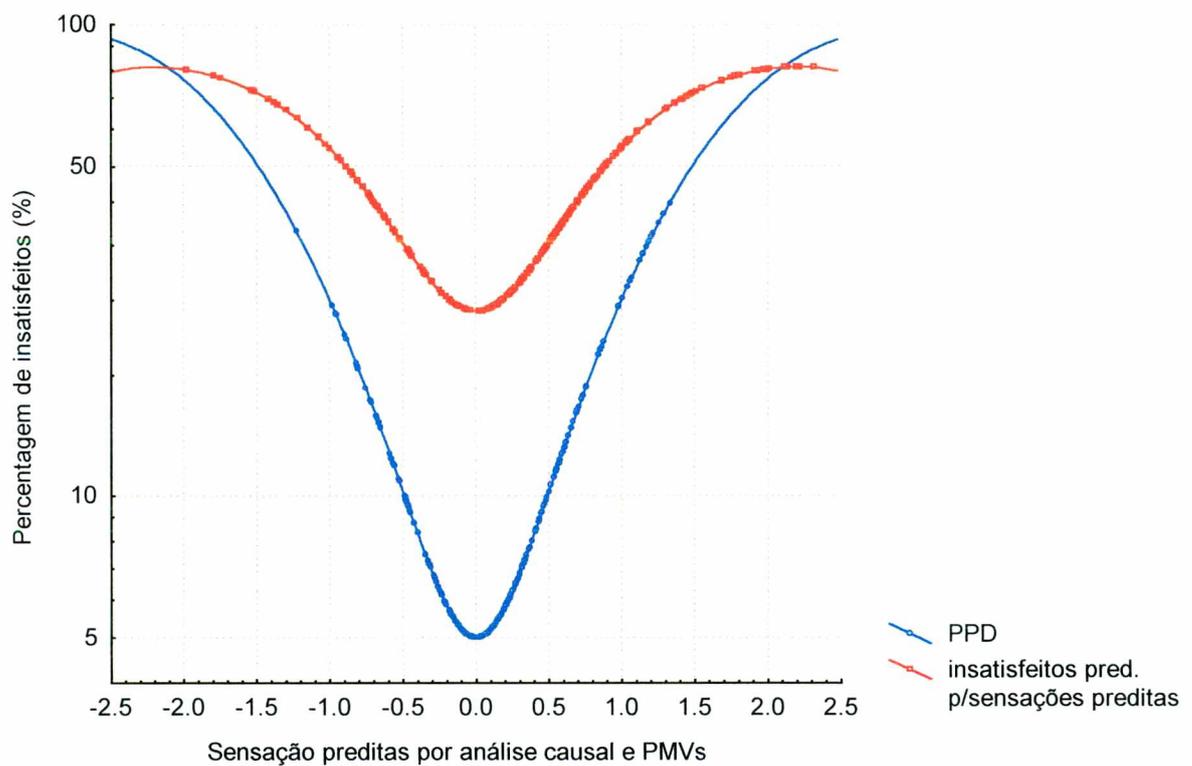


FIGURA 4.52: Comparativo entre o ajuste PMV/PPD e S_p/I_p

4.8 – Análises relativas às temperaturas internas de conforto

- **Metodologia convencional (linear)**

Os estudos de campo convencionais, determinam a temperatura interna de conforto através de ajuste linear entre as sensações térmicas relatadas pelas pessoas e as temperaturas operativas verificadas nas medições. Essa metodologia convencional, aplicada para este estudo nas medições onde foi efetuada a análise causal para a predição das sensações térmicas, encontra-se ilustrada através da figura 4.53, sendo que a suas expressões preditivas são dadas através das equações 68 e 69.

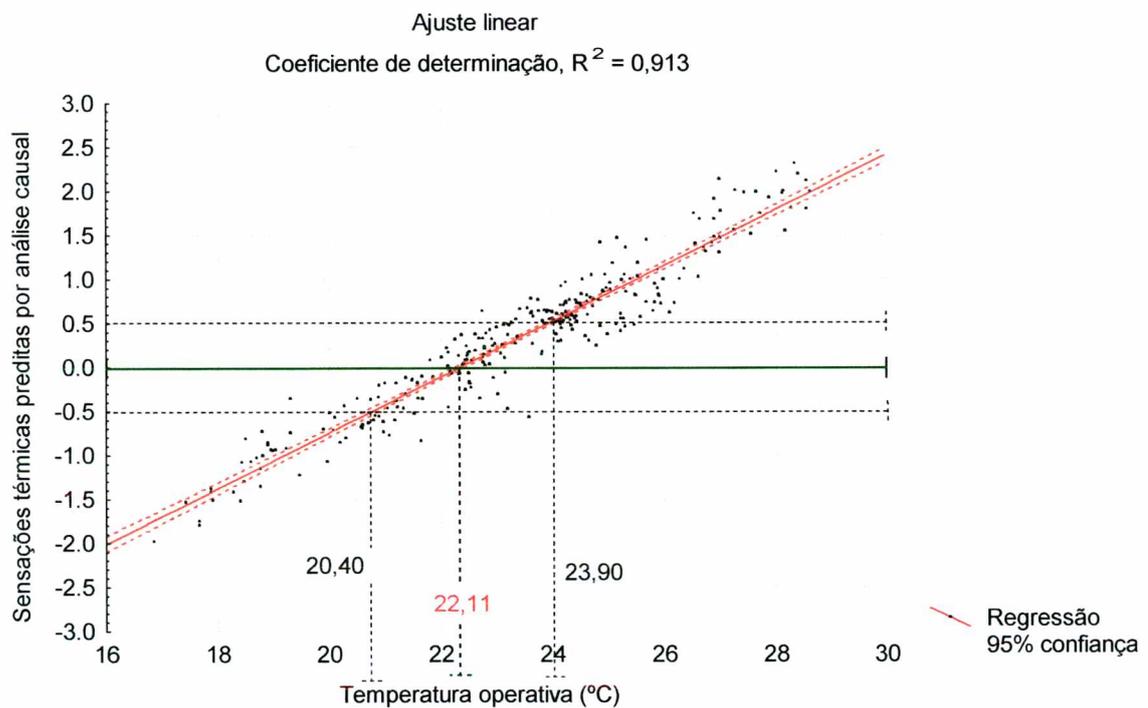


FIGURA 4.53: Curva de ajuste da regressão linear entre a temperatura operativa e a sensação térmica relatada.

$$S = 0,284 \cdot Top - 6,28 \quad [68]$$

$$Top = 3,52 \cdot S + 22,11 \quad [69]$$

onde:

S = Sensações térmicas previstas pelo modelo causal, expressa na escala de sete pontos

Top = Temperatura operativa interna, $(ta+trm)/2$, expressa em °C

Observa-se, pela figura anterior e pela expressão 69, que a temperatura operativa de conforto, ou temperatura interna de conforto, determinada pelo método convencional de estudos de campo, a qual é verificada quando a sensação térmica é nula, $S=0$, é igual a $22,11^{\circ}\text{C}$ ao serem computadas as 90 medições onde foi aplicado o modelo causal para a predição das sensações térmicas.

Convém ressaltar que essa temperatura de conforto, obtida a partir de 90 medições, efetuadas em distintas regiões geográficas brasileiras e em distintas épocas ou estações climáticas será estendida neste estudo e considerada como a temperatura interna de conforto obtida pelo método convencional (linear), para as regiões e épocas como um todo. Tal generalização tem como objetivo o estabelecimento de uma temperatura interna de conforto única para ambientes internos onde se realizam atividades sedentárias no Brasil.

Para a faixa aceitável termicamente conforme a ISO 7730 (1994), $-0,5 < S < 0,5$, a amplitude da temperatura operativa é de $20,40^{\circ}\text{C}$ a $23,90^{\circ}\text{C}$.

- **Metodologia proposta (não linear)**

A metodologia proposta neste trabalho, visa a obtenção da temperatura interna de conforto a partir da percentagem de pessoas insatisfeitas predita pelo método não linear (equação 67). Desta maneira, como existe um relacionamento bastante significativo entre as sensações térmicas preditas e as temperaturas operativas (equação 69), a expressão apresentada pela equação 67, pode então ser reescrita, após as respectivas transformações matemáticas, com a configuração apresentada pela equação 70:

$$I = 100 - 75,35 \cdot \exp[(0,139 \cdot Top - 3,08)^4 - (0,214 \cdot Top - 4,74)^2] \quad [70]$$

Através dessa equação, constata-se, como também na maneira linear, que a temperatura interna ou operativa de conforto é de $22,11^{\circ}\text{C}$, a fim de que se tenha o menor percentual de insatisfeitos, ou seja, 24,65%. Para a faixa estipulada como aceitável termicamente por este trabalho, ou seja, 34% de insatisfeitos, a amplitude da temperatura operativa aceita é de $20,40^{\circ}\text{C}$ a $23,90^{\circ}\text{C}$. A figura 4.54 a seguir apresenta a configuração gráfica deste ajuste não linear.

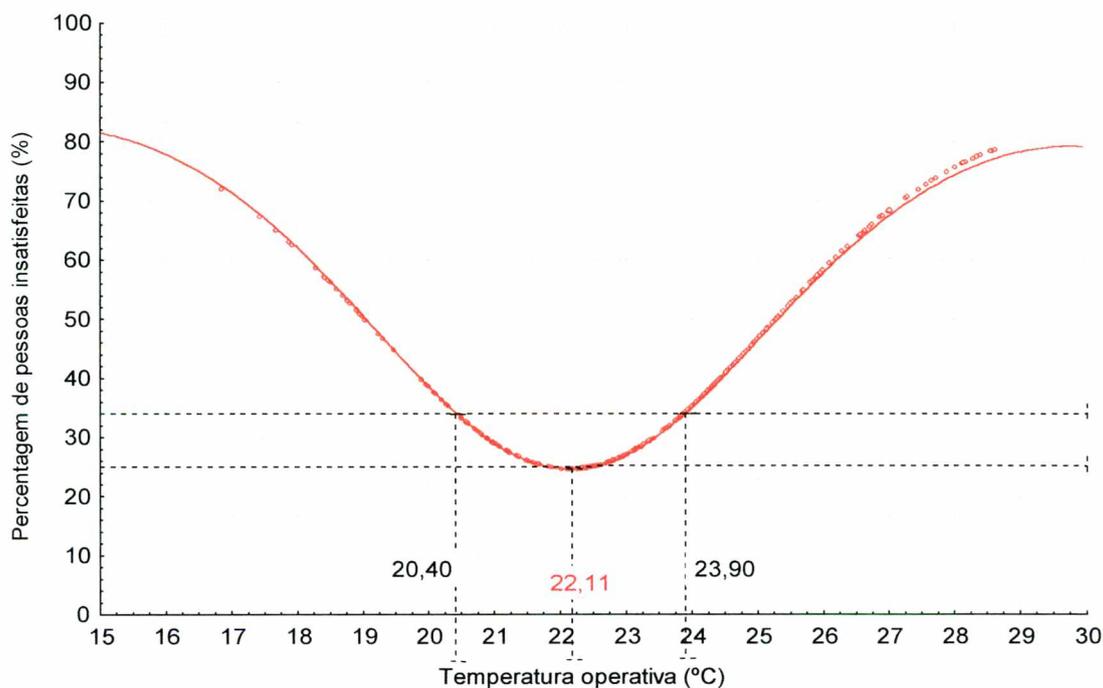


FIGURA 4.54: Ajuste não linear da porcentagem de insatisfeitos em função da temperatura operativa.

- **Metodologia normalizada pela ISO 7730 (1994).**

O modelo do PMV/PPD, normalizado pela ISO 7730 (1994), apresenta uma expressão analítica para a determinação do voto médio estimado, ou sensação analítica de conforto térmico, calculado a partir das variáveis ambientais e pessoais. Tem-se como temperatura interna de conforto por esse método, a temperatura operativa interna na qual o PMV seja igual a 0, ou seja, a pessoa não esteja nem sentindo calor nem frio no ambiente.

Por esse modelo então, a temperatura interna de conforto para todo o conjunto de dados analisados, seria de 23,80°C. A amplitude da temperatura operativa para que o ambiente seja termicamente aceitável de acordo com a literatura ($-0,5 < PMV < 0,5$), seria de 21,80°C a 25,80°C.

A tabela 4.25 apresenta o resumo dessas análises:

TABELA 4.25: Temperaturas e amplitudes de temperaturas para conforto térmico.

	Ajuste linear	Ajuste não linear	Modelo PMV/PPD
Temperatura de conforto	22,11	22,11	23,80
Amplitude de conforto	20,40 a 23,90	20,40 a 23,90	21,80 a 25,80

4.9 – Limites encontrados para a situação de conforto térmico

Neste capítulo é feita uma análise dos limites inferiores e superiores das variáveis ambientais, que possam causar a sensação de conforto térmico para pessoas desempenhando atividades sedentárias.

Tendo em vista que o estudo abrangeu três regiões geográficas distintas e condições internas diferenciadas (prédios condicionados e não condicionados), os limites aqui apresentados serão divididos em quatro situações distintas a saber:

- *Edifícios não condicionados na Região de Florianópolis;*
- *Edifícios condicionados na Região de Florianópolis;*
- *Edifícios condicionados na Região de Brasília;*
- *Edifícios condicionados na Região de Recife.*

Os respectivos dados de cada situação foram analisados através de modelos de regressão **probit** ou **normit**. Segundo Gujarati (1988), o probit é um modelo de estimação oriundo da curva de distribuição normal de freqüências. É o mais apropriado para análises de variáveis dependentes dicotômicas, ou seja, que assumam apenas dois valores, do tipo *sim* ou *não*, *ter* ou *não ter*, entre outras. No presente caso, a variável dependente era a presença de desconforto térmico por calor ou por frio (ocorrência de mais de 34% de insatisfeitos).

A presença de desconforto por calor em dada medição, é constatada quando o percentual do somatório das pessoas que votaram +3 (muito quente), +2 (quente) e

50% dos que votaram +1 (levemente quente) é superior a 34% do total dos votos coletados na medição. Quando essa condição é verificada, diz-se que a variável dicotômica assume o valor igual a 1, e a probabilidade de que 34% ou mais das pessoas encontrem-se desconfortável por calor é representada pela área abaixo da curva de distribuição normal. De maneira similar, diz-se que há a presença de desconforto por frio em dada medição, quando o percentual do somatório das pessoas que votaram +3 (muito quente), +2 (quente), +1 (levemente quente), 0 (neutro) e 50% dos que votaram +1 (levemente frio), seja inferior a 64%.

As análises de regressão probit foram efetuadas de acordo com metodologia desenvolvida por McFadden em 1973, apud Gujarati (1988). Os dados utilizados nas análises encontram-se na tabela do anexo J.

- **Edifícios não condicionados na Região de Florianópolis**

As medições referentes a esta situação são as numeradas de 1 a 70 na tabela do anexo J.

As figuras 4.55 e 4.56 apresentam os resultados gráficos das análises probit para esta situação, relativas às variáveis ambientais temperatura do ar e umidade relativa, tendo em vista que são estas as que são levadas em consideração na carta psicrométrica para a elaboração da zona de conforto.

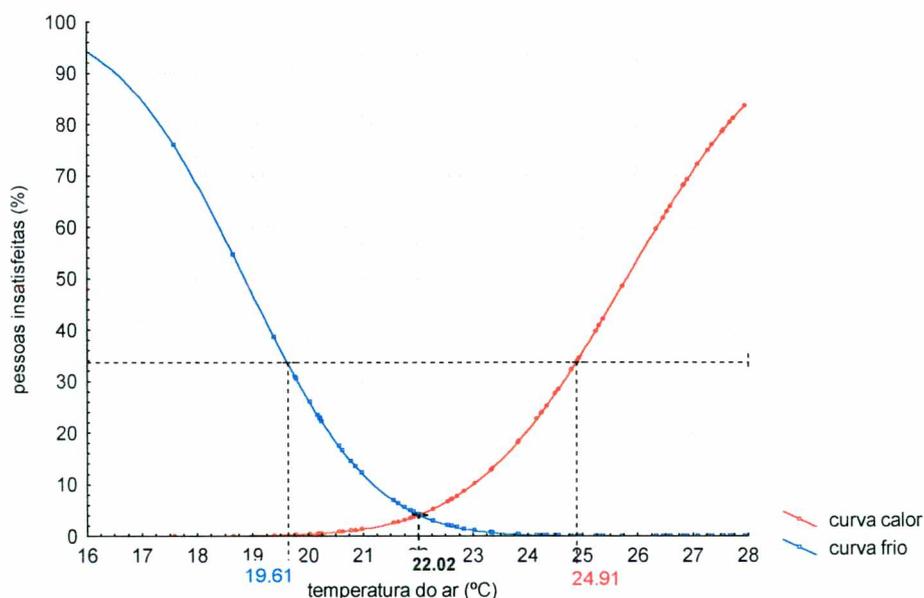


FIGURA 4.55: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios não condicionados, na região de Florianópolis.

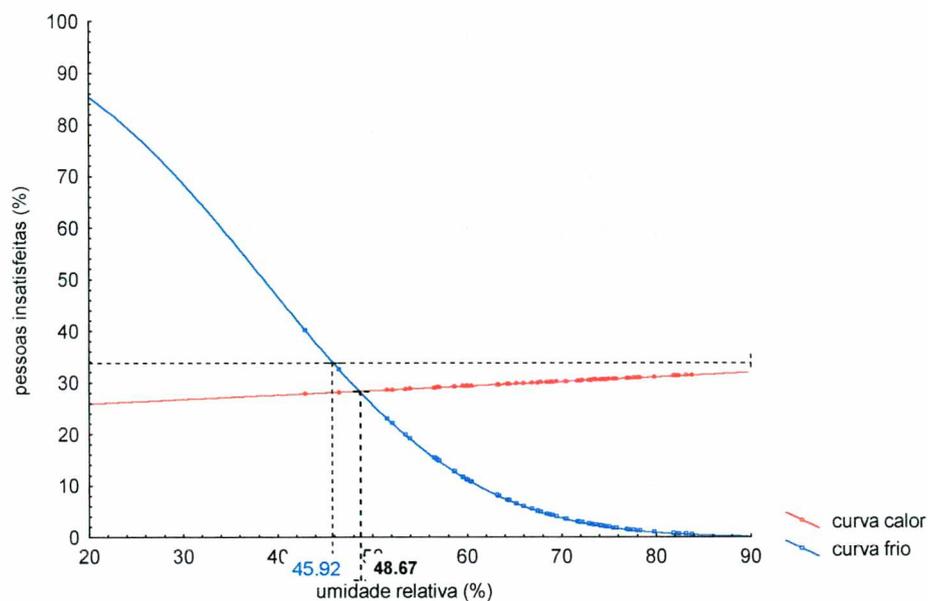


FIGURA 4.56: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios não condicionados, na região de Florianópolis.

Destas curvas, observa-se que a temperatura de conforto verificada para esta situação é de 22,02°C, e seus limites inferiores e superiores são respectivamente de 19,61° e 24,91°C. Observa-se também que a umidade relativa recomendada é da ordem de 48,67%, tendo em vista que com este valor foi observado o menor percentual de pessoas insatisfeitas por calor e por frio simultaneamente. A umidade relativa de 45,82% apresenta um percentual de pessoas insatisfeitas por frio da ordem de 34%, sendo que umidades inferiores a esta deixam de ser recomendadas para uma faixa de conforto. Quanto ao desconforto por calor, verifica-se que a umidade relativa não se mostrou limitante, isto é, não houve um percentual de umidade relativa que fizesse com que o percentual de pessoas insatisfeitas por calor fosse superior a 34%.

- **Edifícios condicionados na Região de Florianópolis**

As medições referentes a esta situação são as numeradas de 71 a 228 na tabela do anexo J.

As figuras 4.57 e 4.58 apresentam os resultados gráficos das análises probit para esta situação, relativas às mesmas variáveis ambientais.

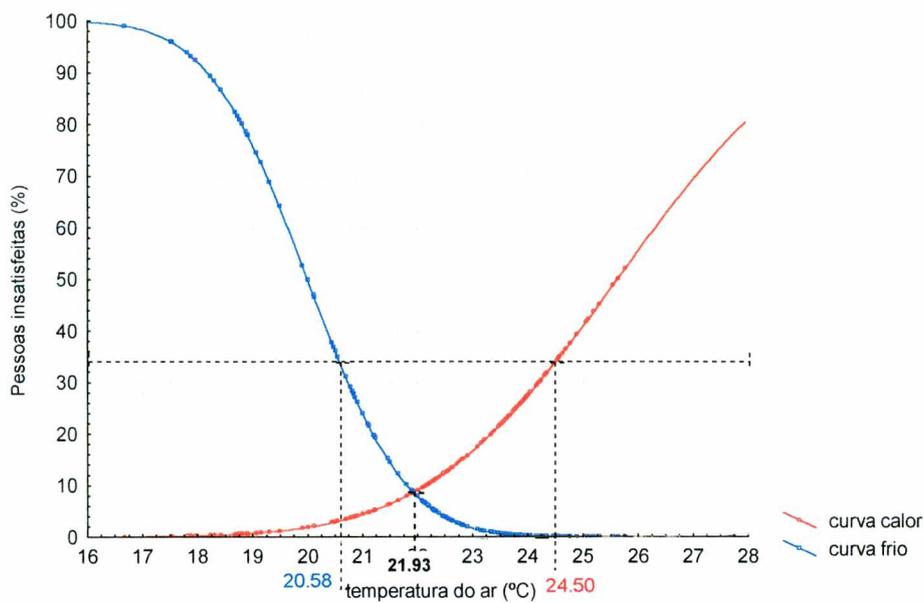


FIGURA 4.57: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios condicionados, na região de Florianópolis.

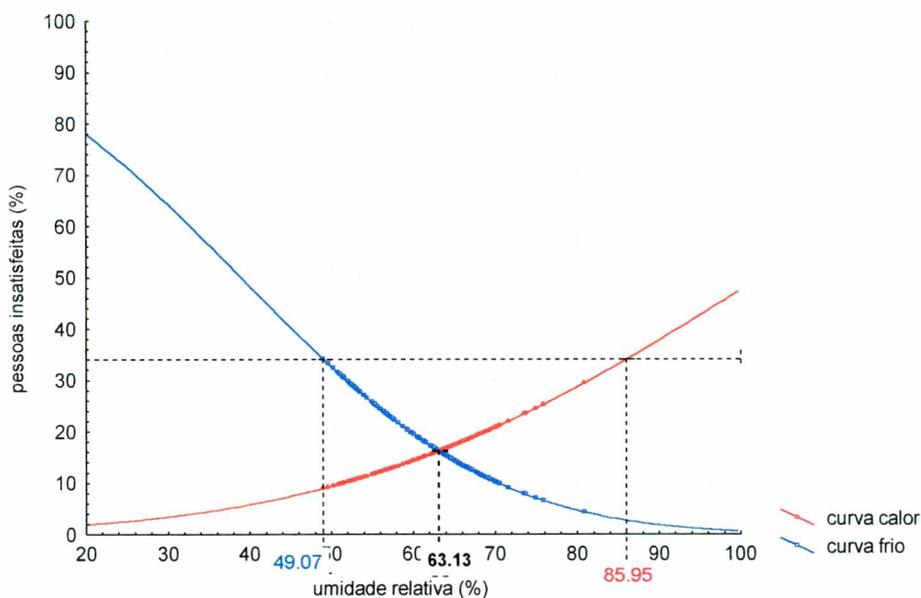


FIGURA 4.58: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios condicionados, na região de Florianópolis.

Destas curvas, observa-se que a temperatura de conforto verificada para esta situação é de 21,93°C, e seus limites inferiores e superiores são respectivamente de 20,58°C e 24,51°C. Observa-se também que a umidade relativa recomendada é da ordem de 63,13%, tendo em vista que com este valor foi observado o menor percentual de pessoas insatisfeitas por calor e por frio simultaneamente. A umidade relativa de 49,07% apresenta um percentual de pessoas insatisfeitas por frio da ordem

de 34%, sendo que umidades inferiores a esta deixam de ser recomendadas para uma faixa de conforto. Quanto ao desconforto por calor, verifica-se que a umidade relativa de 85,95% apresenta um percentual de pessoas insatisfeitas de 34% sendo que umidades superiores a esta, deixam de ser recomendadas para uma faixa de conforto térmico.

- **Edifícios condicionados na Região de Brasília**

As medições referentes a esta situação são as numeradas de 229 a 252 na tabela do anexo J.

As figuras 4.59 e 4.60 apresentam os resultados gráficos das análises probit para esta situação, relativas às mesmas variáveis ambientais.

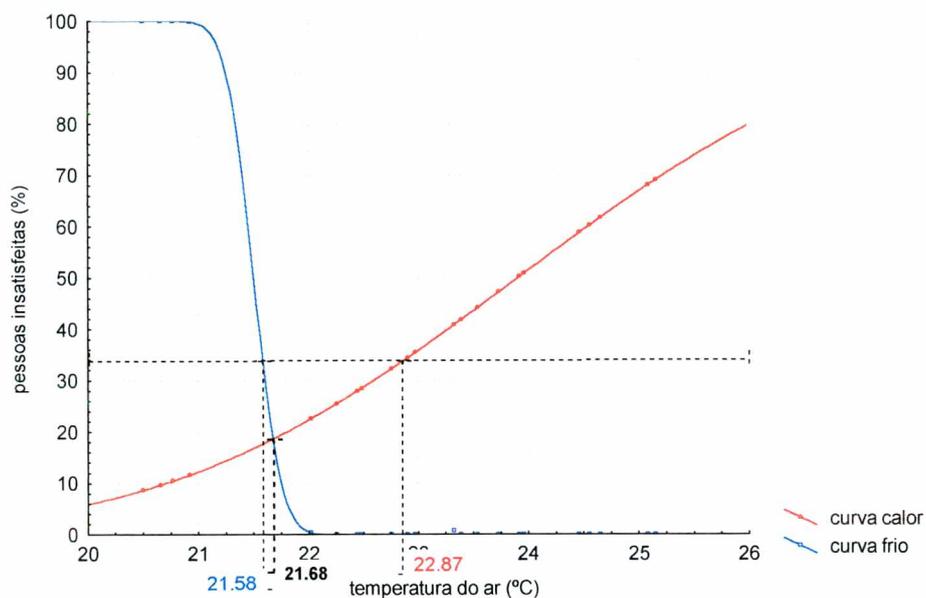


FIGURA 4.59: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios condicionados, na região de Brasília.

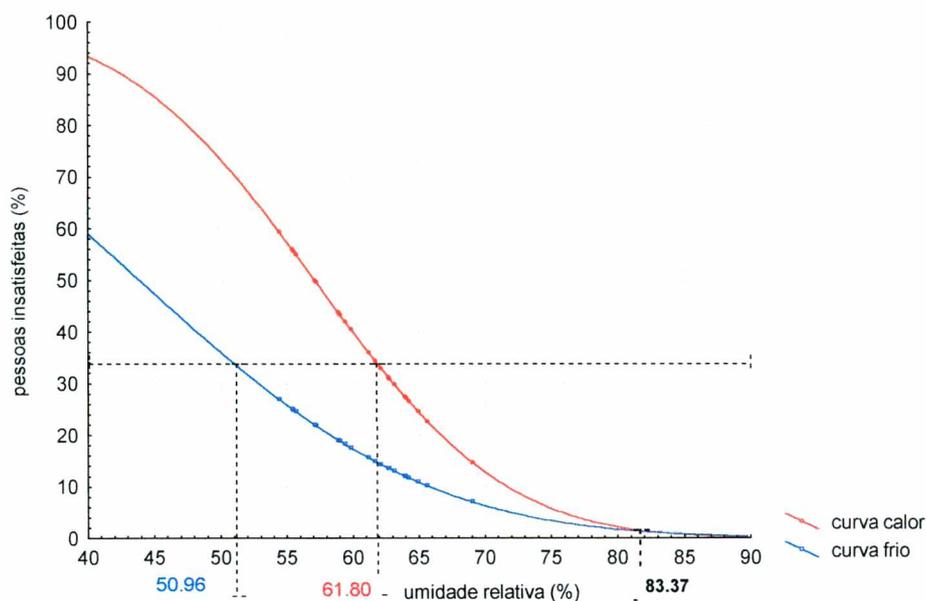


FIGURA 4.60: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios condicionados, na região de Brasília.

Destas curvas, aparentou que as pessoas efetuando trabalhos sedentários em edifícios condicionados, são bem mais sensíveis às variações de temperatura do que o encontrado em pessoas em Florianópolis. Observou-se que a temperatura de conforto verificada para esta situação é de 21,68°C (muito similar a Florianópolis), e seus limites inferiores e superiores são respectivamente de 21,58°C e 22,87°C. Observa-se também que a umidade relativa recomendada, isto é que apresenta o menor percentual de pessoas insatisfeitas simultaneamente por calor e por frio é da ordem de 83,37%. Segundo Goulart e Lamberts (1998), a umidade relativa média para a cidade de Brasília, considerando o ano climático de referência pela metodologia do TRY (*test reference year*), é sempre inferior a este valor, sendo que apenas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro a umidade se aproxima do valor de conforto encontrado. O estudo mostrou também que valores inferiores a este causam mais desconforto, tanto por frio como por calor.

- **Edifícios condicionados na Região de Recife**

As medições referentes a esta situação são as numeradas de 253 a 279 na tabela do anexo J.

As figuras 4.61 e 4.62 apresentam os resultados gráficos das análises probit para esta situação, relativas às mesmas variáveis ambientais.

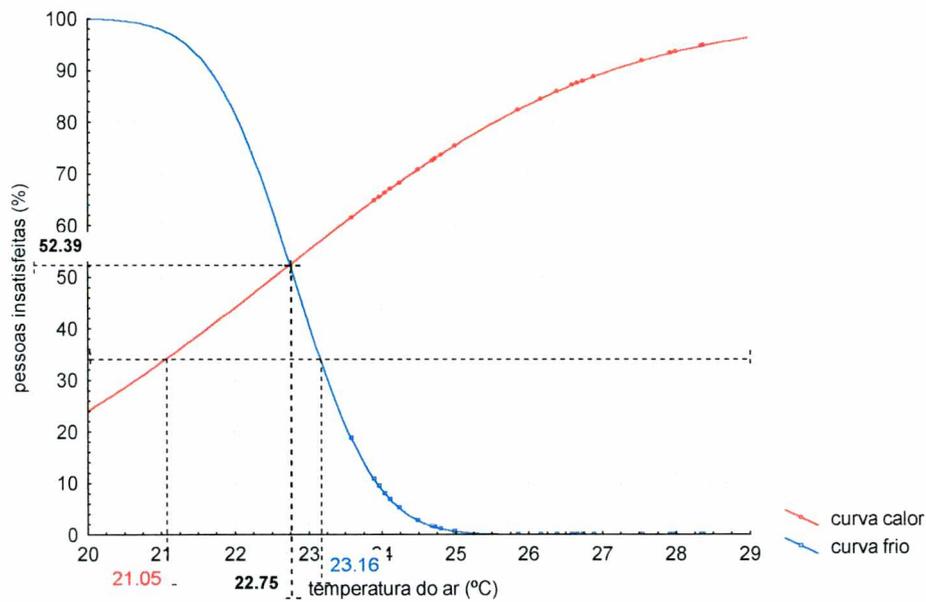


FIGURA 4.61: Curva estimadas para a temperatura do ar, em prédios condicionados, na região de Recife.

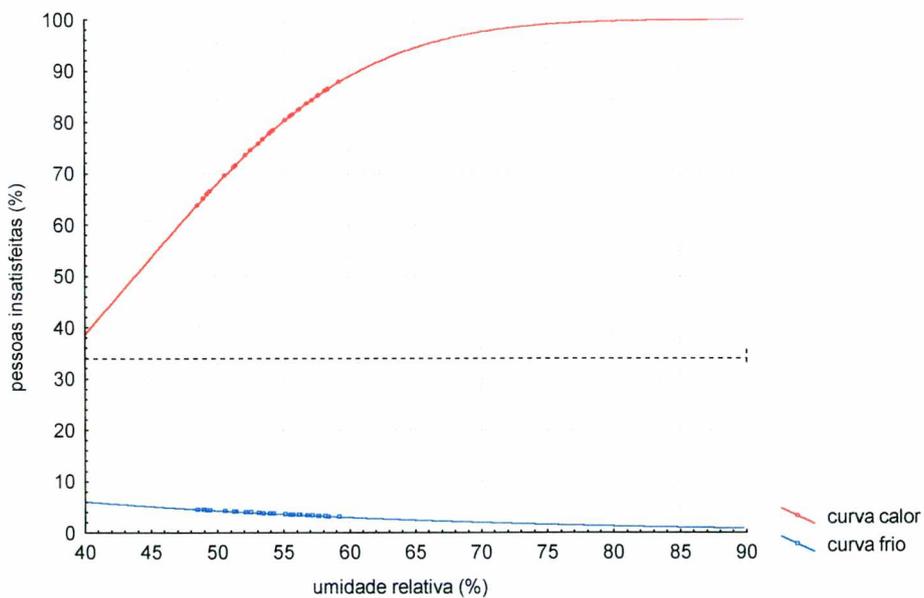


FIGURA 4.62: Curva estimadas para a umidade relativa, em prédios condicionados, na região de Recife.

A figura 4.61 (temperatura do ar), mostra claramente que o menor percentual de pessoas insatisfeitas ao mesmo tempo, por calor e por frio, é superior a 34%, sendo que o mínimo encontrado pela análise, foi da ordem de 52,39%. Para este percentual, a temperatura mostrou-se ser de 22,75°C. As análises mostraram os recifenses muito inconstantes com relação à sua sensibilidade à temperatura, haja visto que com temperaturas superiores a 21,05°C o percentual de insatisfeitos por

calor já apresenta-se superior a 34%, ao passo que para temperaturas inferiores a 23,16°C o percentual de insatisfeitos por frio também já apresenta-se superior a 34%. A umidade relativa não se mostrou significativa com relação à percentagem de insatisfeitos, haja visto que para a faixa encontrada nas medições, de 40% a 90% de umidade, sempre o percentual de pessoas insatisfeitas por calor se mostrou superior a 34% e o percentual de insatisfeitos por frio sempre foi inferior a 19%.

5 – CONCLUSÕES

5.1 – Predição da taxa metabólica

O modelo normalizado para a determinação das sensações térmicas pela ISO 7730 (1994), conhecido como modelo do PMV/PPD, prevê a utilização de um valor tabelado médio para a taxa metabólica, conforme a atividade que está sendo desempenhada pelo indivíduo. Conforme estudos efetuados por vários autores, devidamente referenciados no item relativo à Revisão Bibliográfica, essa pré-suposição de uma taxa metabólica média constante para indivíduos desempenhando a mesma atividade, constitui-se num verdadeiro “*calcanhar de Aquiles*” para a utilização generalizada do modelo normalizado, devido a significativa imprecisão que essa postura impõe à essa variável.

A determinação da taxa metabólica através da medição indireta do consumo de oxigênio, efetuada em laboratório com 30 pessoas voluntárias desempenhando atividades sedentárias (escritório), mostrou que existem diferenças significativas entre elas, ao se levar em consideração as características das pessoas que estão desempenhando as atividades.

Procurou-se, com este trabalho, analisar algumas características que pudessem estar influenciando a diferenciação da taxa metabólica para pessoas efetuando mesmas atividades. Desse modo efetuou-se uma análise de relacionamento, através de modelos estatísticos de regressão múltipla, entre os valores determinados indiretamente para as taxas metabólicas e as características antropométricas e hábitos de estilo de vida das pessoas voluntárias. Observou-se, com essa análise, que a variabilidade encontrada na idade das pessoas, bem como a variabilidade da massa corporal das mesmas, estava influenciando significativamente a variabilidade da taxa metabólica. As demais características individuais, como altura e hábitos referentes ao estilo de vida (atividade física, nível de estresse e alimentação), não estavam influenciando significativamente a variabilidade da taxa

metabólica. As análises de regressão efetuadas, devidamente detalhadas no capítulo anterior, produziram a expressão de predição conforme apresentada pela equação 53, a qual é assim transcrita:

$$\text{Taxa metabólica} = 0,476.\text{Idade} + 0,324.\text{massa corporal} + 29,953$$

Esta expressão indica que pessoas com mais idade e mais massa corporal, tendem a possuir maior taxa metabólica do que pessoas com características distintas para o desempenho de mesmas atividades. Cabe ressaltar, no entanto, que essa expressão apresenta-se como bom parâmetro estimativo para faixas de população similares às aqui analisadas, ou seja, pessoas de ambos os sexos, desempenhando atividades sedentárias, com idades variando entre 18 a 50 anos e massa corporal com limites variando de 50 a 90 kg.

O baixo coeficiente de determinação obtido pela análise de regressão linear múltipla, da ordem de 0,46, indicam a complexidade de variáveis que possam estar envolvidas na estimativa precisa da taxa metabólica. Essa dificuldade de um melhor ajuste proporcionado sugere que mais, ou muitas mais, variáveis também possam estar influenciando a geração de calor pelo organismo. Apesar porém desta indicação conclusiva, observa-se que ao serem analisados os extremos da população analisada, pessoas com 50 anos variando as massas corporais de 50 a 90 kg e pessoas com 18 anos variando as massas corporais de 50 a 90 kg, obtém-se como limites da amplitude da taxa metabólica valores de aproximadamente 55W/m^2 e 83W/m^2 . Estes valores encontram-se totalmente compatíveis com os valores médios constantes da literatura especializada (ISO 7730, 1994 e ASHRAE Fundamentals, 1997) para as quais esse tipo de atividade pode resultar em taxas metabólicas média de 58 a 93W/m^2 pela ISO e de 60 a 100W/m^2 pela ASHRAE.

A análise comparativa entre os valores encontrados e os valores médios tabelados pela literatura existente, sugere que a inclusão de novas e talvez muitas outras variáveis na análise pode melhorar o ajuste propiciado pela análise de regressão, porém seu resultado prático, ou seja, o valor final da taxa metabólica em pouco diferirá do que o aqui encontrado. Além disso existe também o fato da dificuldade de obtenção e de quantificação de todas as outras variáveis que possam vir a ser significativas na variabilidade da taxa metabólica.

Convém citar que a expressão preditiva mencionada anteriormente é de fácil resolução e envolve variáveis bastante simples de serem levantadas. Sua utilização fornece um parâmetro ou mecanismo de troca de calor mais apropriado com a realidade encontrada nos ambientes internos, mesmo ao ser utilizado o modelo do PMV/PPD. As figuras de 4.17 a 4.20 no capítulo referente à apresentação dos resultados, mostram que ao se utilizar a taxa metabólica obtida da expressão preditiva, existe uma maior tendência de paralelismo entre os valores do PMV determinado e as sensações térmicas relatadas pelas pessoas (vide figura 4.19).

Pelo exposto anteriormente, conclui-se que existem diferenças individuais na taxa metabólica, que ao serem consideradas, diferentemente do que ocorre no modelo normalizado do PMV/PPD, fornecem condições de predição das sensações térmicas de usuários de edificações desempenhando atividades sedentárias mais compatíveis com a realidade encontrada e vivenciada pelas pessoas.

5.2 – O voto médio estimado - PMV

O voto médio estimado, PMV, pode ser considerado, pela literatura especializada (ISO 7730, 1994 e ASHRAE, 1997), como a sensação analítica de conforto térmico. Sua determinação foi obtida através de correlacionamento entre as sensações térmicas relatadas por pessoas em câmaras climatizadas na Dinamarca, e a carga térmica atuando sobre o corpo, sendo esta determinada através do balanço térmico, para 4 níveis distintos de atividades desempenhadas.

Este correlacionamento com a carga térmica atuando sobre o corpo, já teve sua validade discutida e questionada por Humphreys e Nicol (1996), pois segundo os autores esta postura poderia gerar conflitos de critérios na utilização do próprio modelo. Este fato parece se confirmar neste trabalho, pois tanto através das análises de regressão múltiplas realizadas, como pela análise causal realizada, fica configurado que alguns dos mecanismos físicos de troca de calor, partes integrantes

da carga térmica atuando sobre o corpo, não influenciavam significativamente a variação das sensações térmicas verificadas pelas pessoas.

Outro ponto a ser levantado no modelo do PMV/PPD, é que o mesmo foi enunciado para 4 níveis de atividades distintas, porém o valor da taxa metabólica para cada um desses níveis é considerado constante, ou seja, é afirmado pelo modelo que a taxa metabólica é função apenas da atividade realizada. Os resultados apresentados neste trabalho, referentes às medições e predições de taxas metabólicas, mostraram que na realidade existe uma variação da taxa metabólica para pessoas desempenhando mesmas atividades, ou seja, a taxa metabólica não é apenas função da atividade desempenhada, mas também de quem a está desempenhando, principalmente nos aspectos inerentes à idade da pessoa e à sua massa corporal.

Quando incorporada ao modelo do PMV, a simples consideração de taxas metabólicas distintas e não constantes propicia um melhor ajuste entre as sensações reais relatadas e os resultados obtidos para o PMV, conforme observa-se nas figuras 5.1 e 5.2 a seguir.

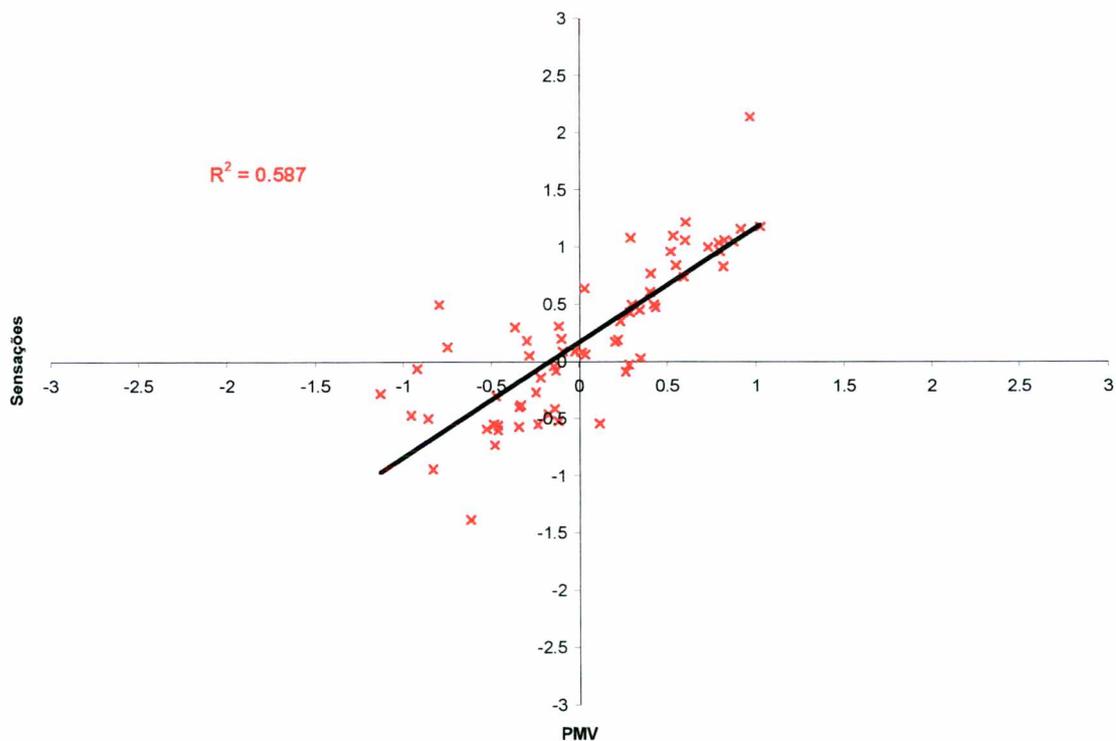


FIGURA 5.1: Ajuste entre o PMV e as sensações relatadas, para as 65 primeiras medições onde a taxa metabólica foi considerada constante e igual a 70W/m^2 .

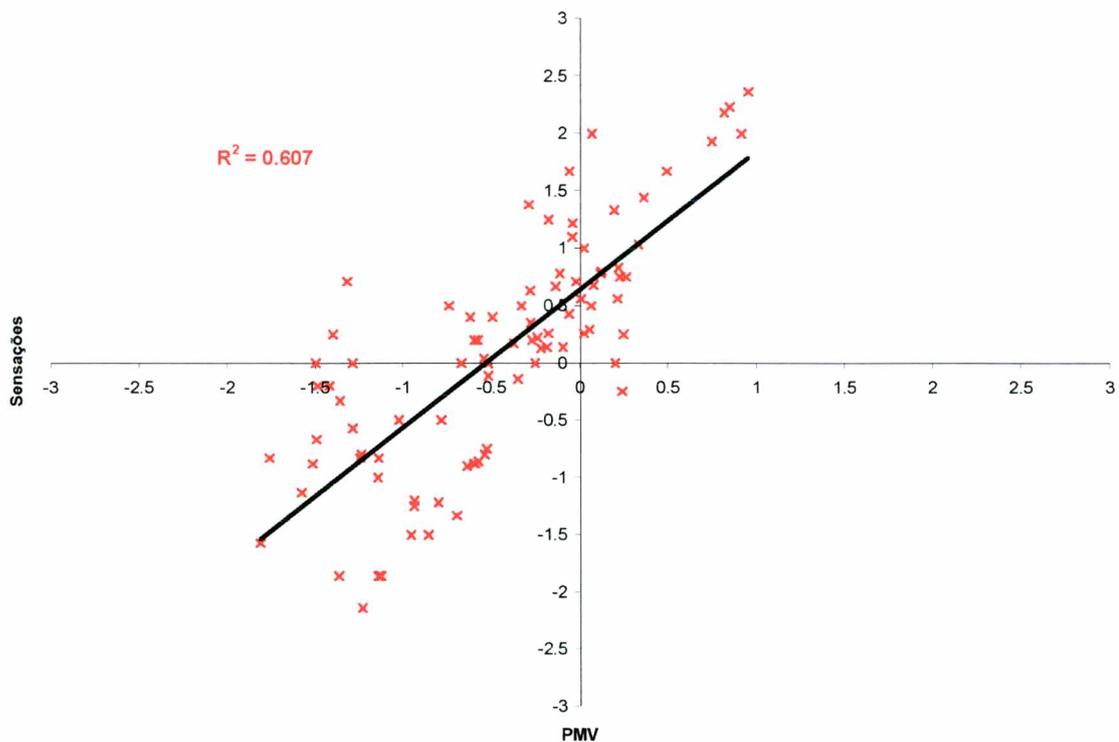


FIGURA 5.2: Ajuste entre o PMV e as sensações relatadas, para as 90 últimas medições onde a taxa metabólica foi determinada em função das características individuais das pessoas.

Essa pequena diferença no coeficiente de determinação indica que a consideração feita pelo modelo do PMV que mais está ocasionando a falta de um bom ajuste para a comparação é justamente a consideração do PMV como função da carga térmica.

Não deve-se desprezar porém, o fato de que é bastante complexa a obtenção de um modelo analítico que bem represente as sensações das pessoas haja visto as inúmeras possibilidades de influências subjetivas atuando sobre as sensações. De maneira geral, pode-se considerar, para um modelo de utilização genérica como é o caso do PMV, que um coeficiente de determinação $R^2 = 0,6$ indica que o mesmo é uma boa ferramenta de avaliações e predições expeditas, isto é, aquelas que sejam efetuadas onde não se requeiram grandes níveis de precisão nos resultados, e sim avaliações aproximadas e tendências de situações, quer sejam de calor ou de frio.

A figura 4.19, apresentada no capítulo referente aos resultados, mostra que existe uma clara similaridade de tendência entre o PMV e as sensações relatadas, quando a taxa metabólica é determinada em função das características individuais. Observa-se porém, pela figura, que não obstante a mesma tendência, as pessoas são

mais sensíveis em sua realidade do que prevê o modelo do PMV, pois tanto as situações de calor como as situações de frio, são mais extremas para as sensações relatadas como para os valores do PMV, ao se considerar que ambos representam a mesma escala sétima de sensações.

5.3 – Predição das sensações térmicas através de análise de regressão múltipla

No presente trabalho, foi efetuada uma análise de regressão múltipla entre as sensações reais relatadas e os mecanismos físicos de troca de calor.

Esta análise teve um caráter confirmatório de que no presente campo de estudo, não se verificou uma dependência das sensações térmicas com a carga térmica atuando sobre o corpo, conforme sugere o modelo do PMV. Essa dependência estaria verificada se após a análise de regressão obtivéssemos um algoritmo do tipo:

$$Sp = k.(a.M - b.Cres - c.Eres - d.Edsk - e.Eesk - f.R - g. C) +h$$

com todos os parâmetros e estimadores parciais de regressão válidos.

No estudo em questão, observou-se que os estimadores parciais de regressão relativos à taxa metabólica, à evaporação de suor pela pele à convecção pela pele e o próprio intercepto não mostraram-se significativos, e essas respectivas variáveis deveriam ser retiradas do modelo. Como o termo entre parênteses representa a carga térmica atuando sobre o corpo, pode-se afirmar que com a retirada das variáveis que não estavam conferindo significância ao modelo, as sensações térmicas deixam de ser função da carga térmica.

O modelo de regressão múltipla apresentou então uma expressão final de regressão apresentada pela equação 55, que encontra-se rescrita a seguir:

$$S_p = 1,38.Eres - 5,10.Cres - 0,29.Edsk + 0,06.R$$

Ao se apresentar esta expressão em função das variáveis ambientais e pessoais, obteve-se a equação 56, assim rescrita:

$$S_p = 0,0239.M.(5,87 - p_a) - 0,0071.M.(34 - t_a) - 0,885.(5,73 - 0,007.M - p_a) + 0,238.10^{-8}.fcl.[(tcl + 273)^4 - (tr + 273)^4]$$

Desta forma observa-se, de maneira similar ao que já encontrado em trabalho anterior (Xavier, 1999), que a velocidade do ar não é significativa na avaliação térmica de ambientes internos, quer sejam, ambientes condicionados ou não condicionados, onde são desempenhadas atividades sedentárias.

O ajuste fornecido pela expressão acima, ou seja, a aproximação entre os dados da sensação predita pela equação de regressão múltipla e as sensações reais relatadas, foi apresentado pela figura 4.34, sendo aqui rerepresentada pela figura 5.3.

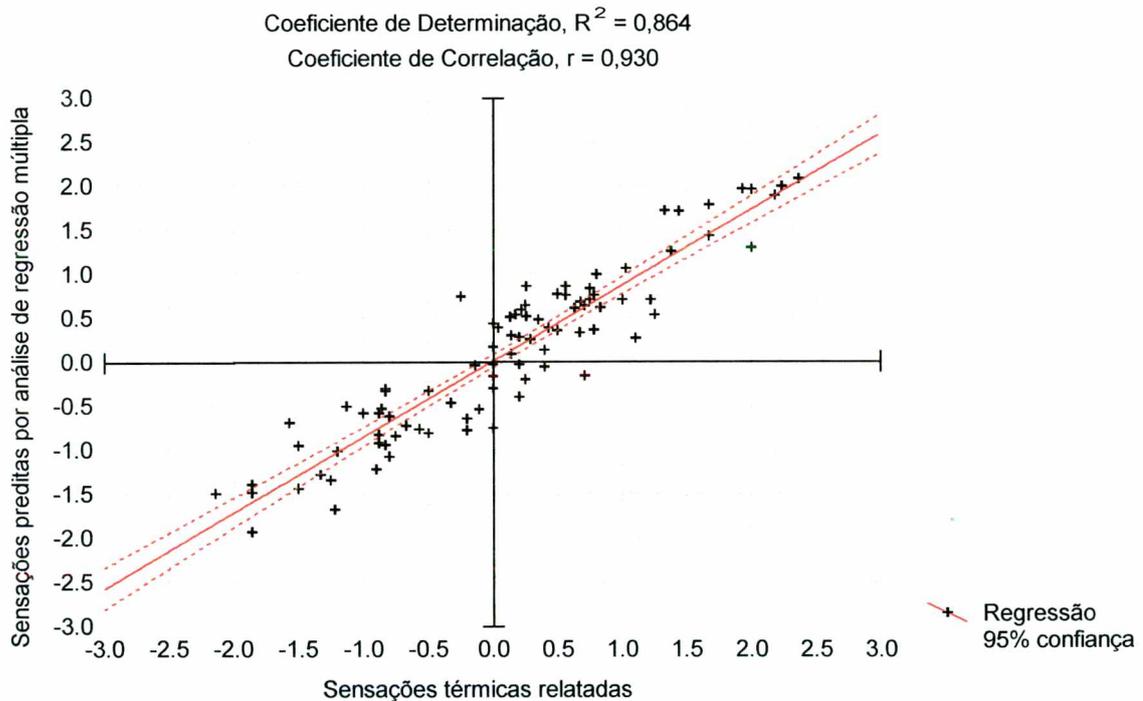


FIGURA 5.3: Ajuste entre as sensações preditas por análise de regressão múltipla e as sensações reais.

O coeficiente de determinação obtido por este ajuste, $R^2 = 0,864$, é bastante elevado e significativo para este tipo de análises e mostram que os valores obtidos pela expressão de predição estão bem ajustados com a situação real. Nota-se ainda que com relação ao posicionamento da reta de ajuste, a mesma passa pela origem e com apresenta inclinação próxima à 45° . Isto denota, diferentemente do caso apresentado pela figura 5.2 (ajuste pelo PMV), que a sensibilidade ao calor e ao frio considerada para as pessoas quando aplicada a expressão preditiva por regressão, é similar a sua sensibilidade real relatada.

Pelos fatos e resultados apresentados, conclui-se que para avaliações mais precisas de ambientes internos condicionados ou não onde se realizem atividades sedentárias, a equação de regressão apresentada anteriormente configura-se em uma boa ferramenta de predição, podendo ser utilizada para de situações similares às analisadas como campo de estudo.

5.4 – Predição das sensações térmicas através de modelo causal

A análise causal realizada com os dados constantes das 90 últimas medições, também objetivou a obtenção de uma ferramenta preditiva das sensações térmica de pessoas desempenhando atividades sedentárias, porém principalmente visou o conhecimento dos efeitos de cada um dos mecanismos físicos de troca de calor sobre as sensações térmicas humanas.

Poderia ter sido realizado aqui, neste trabalho, uma análise causal envolvendo as *sensações térmicas* como variável endógena, ou variável efeito, com os *parâmetros ambientais* (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e umidade do ar) e os *parâmetros pessoais* (taxa metabólica e isolamento térmico das vestimentas), como variáveis exógenas, ou variáveis causa. Os motivos que levaram a ser feita a análise causal envolvendo as sensações térmicas com os mecanismos de troca de calor, foram o fato de que os fenômenos físicos de troca de calor tanto pela respiração quanto pela pele, são bastante utilizados e consagrados

(ASHRAE Fundamentals, 1997), porém principalmente devido ao fato de que o modelo normalizado de previsão de conforto se utiliza da carga térmica sobre o corpo, ou seja, da diferença entre a produção de calor pelo organismo e os mecanismos físicos de troca de calor pela respiração e pela pele. Deste modo, com os resultados aqui encontrados, tem-se a possibilidade de confirmar se as sensações humanas, com seu forte apelo subjetivo, segue a lógica física do balanço térmico entre o homem e o ambiente.

No diagrama causal, apresentado pela figura 4.38 do capítulo de resultados, observa-se que a taxa metabólica aparece como causa das trocas de calor por evaporação da respiração, bem como da evaporação de suor pela pele. Os próprios algoritmos de determinação destes fenômenos físicos confirmam este relacionamento causal, tendo em vista que em ambientes com teor de umidade controlado, isto é praticamente sem variação, a única variável de influência sobre a variabilidade dos valores destas taxas de evaporação é realmente a taxa metabólica.

Com relação aos resultados obtidos da análise causal, especificamente sobre os efeitos dos mecanismos de troca de calor sobre as sensações térmicas, pode-se extrair algumas conclusões interessantes:

- A figura 4.39, mostra que mais de 60% dos efeitos sobre as sensações térmicas são indeterminados, ou seja, aqueles ocasionados pelo inter-relacionamento existente entre os mecanismos físicos de troca de calor. Deste resultado pode-se concluir sobre a importância da consideração destas trocas de calor de maneira conjunta, integrada, e não apenas se considerar uma ou outra variável isolada como parâmetro referencial de conforto térmico, como ocorre em vários estudos de campo convencionais sobre conforto térmico, no que diz respeito à temperatura;
- A mesma figura mostra também que a participação dos efeitos diretos dos mecanismos de troca de calor sobre as sensações, é da ordem de 30% do total, enquanto os efeitos espúrios, ou seja, efeitos devidos a outras causas que não estão contidas no modelo, representam praticamente 10% do total. Esta parcela significativa de efeitos espúrios conduz à conclusão de que a simples consideração da sensação como função da carga térmica pode conduzir à imprecisões;

- A figura 4.40 mostra que apenas os mecanismos de trocas de calor relativos à convecção da respiração, à radiação e à taxa metabólica tem influência direta significativa sobre as sensações, sendo que todos os outros são significativos quando devidamente interrelacionado com os demais;
- A figura 4.41 mostra que a taxa metabólica é totalmente responsável pelo efeitos indiretos sobre as sensações térmicas, através da evaporação da respiração e da evaporação de suor pela pele, porém ao serem computados os efeitos de maneira global, esta participação torna-se insignificante (figura 4.43).
- A figura 4.42 mostra que quando são considerados os inter-relacionamentos entre os mecanismos físicos, a participação de cada um deles é mais equitativa, à exceção da radiação que novamente apresenta influência mais acentuada;
- A figura 4.44 mostra que os mecanismos físicos de trocas de calor que mais apresentaram efeitos sobre as sensações térmicas, dentro da situação analisada, foram os relativos à convecção pela respiração, difusão do suor pela pele e radiação pela pele. Observa-se, a nível confirmatório, que esta conclusão já era sugerida quando da análise de regressão múltipla.

Com relação ao algoritmo de predição extraído desta análise, o mesmo é apresentado pela equação 61 do capítulo de resultados, sendo reapresentado abaixo:

$$Sp = 0,118M - 4,959Cres + 0,237Edsk - 0,010C + 0,056R - 5,935$$

As sensações térmicas preditas por essa equação, quando comparadas com as sensações reais relatadas, apresentaram um coeficiente de determinação da ordem de $R^2 = 0,86$, como no caso da análise de regressão múltipla. Este algoritmo, porém possibilita a avaliação térmica de ambientes internos levando-se em consideração todas as variáveis ambientais, inclusive a velocidade do ar, uma vez que está contido nele uma parcela referente à convecção pela pele.

A figura de correlacionamento, figura 4.45, é similar à figura 5.3 anterior, sendo que a tendência de sensibilidade ao calor e ao frio considerando-se as sensações relatadas e as previstas pelo modelo causal, foi apresentado através da figura 4.46, a qual encontra-se aqui reproduzida pela figura 5.4, a título de ilustração.

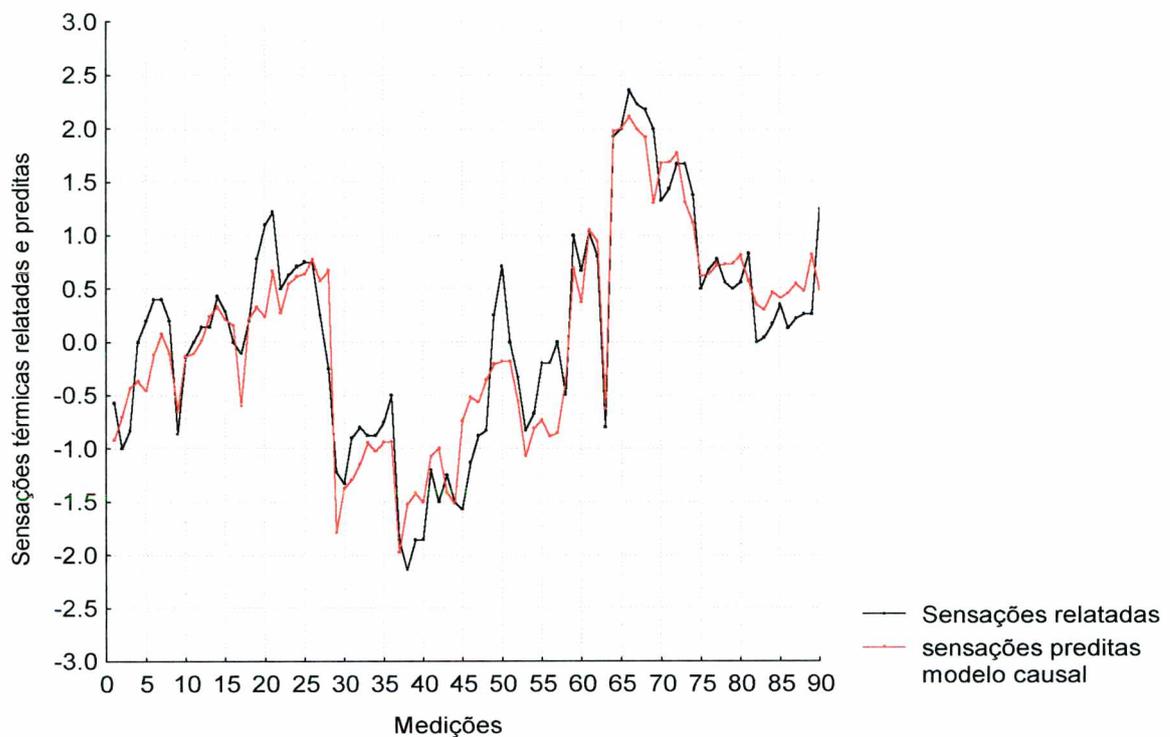


FIGURA 5.4: Tendências de sensibilidade de calor ao frio, relatadas e previstas.

Do exposto anteriormente, pode-se concluir que a análise causal configura-se numa boa ferramenta de avaliação, quer seja quantitativa no sentido que se determinar e quantificar as sensações térmicas através de um algoritmo preditivo, quer seja qualitativa, no sentido de se analisar qualitativamente o ambiente, no que diz respeito aos efeitos que as variáveis ou os mecanismos físicos de troca de calor estejam produzindo sobre as sensações térmicas humanas.

5.5 – Percentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente

O presente trabalho analisou a percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente, partindo de quatro suposições, sendo três já efetuadas anteriormente por outros pesquisadores (Fanger, 1970; Araújo, 1996; Xavier, 1999), e uma oriunda de comparação direta entre os votos de sensações térmicas relatados pelas pessoas e seus respectivos votos de preferências térmicas.

O pressuposto de Fanger, em seus estudos em câmaras climatizadas na Dinamarca, era o de que as pessoas que votassem +1 ou -1 na escala sétima de sensações (sensação de levemente quente e sensação de levemente frio) não se configuravam pessoas insatisfeitas, haja visto às suas faltas de convicção ao afirmarem se estavam com calor ou com frio.

Virgínia Araújo, ao analisar a situação térmica de estudantes no litoral nordestino brasileiro, partiu da pressuposição que as pessoas que manifestassem o voto +1 e -1 na escala sétima de sensações, eram pessoas insatisfeitas, sendo consideradas como satisfeitas apenas as que votassem 0 na mesma escala.

Em estudo realizado com estudantes de 2º grau na Região de Florianópolis, Xavier considerou a faixa de conforto prevista pela ISO 7730 (1994), que sugere como ambientes confortáveis termicamente aqueles que apresentem um PPD inferior a 10%, o que por sua vez representa uma variação do PMV ou da sensação de conforto de +0,5 a -0,5. Assim sendo, foram considerados por ele como insatisfeitas 50% das pessoas que votassem +1 e 50% das pessoas que votassem -1 na escala sétima de sensações.

O quarto pressuposto analisado neste trabalho, foi de que as pessoas que votassem +1 ou -1 na escala de sensações e mantivessem esses votos na escala de preferências seriam considerados insatisfeitos. Esta situação considera que ao manter os votos +1 e -1 na escala de preferências, as pessoas afirmam que desejam mudanças térmicas no ambiente, apresentando então a convicção de desconforto reclamada por Fanger. As pessoas que votassem +1 e -1 na escala de sensações e votassem 0 na escala de preferências, não eram considerados insatisfeitos, pois apesar de estarem sentido leve calor ou leve frio, não desejam alterações no ambiente.

Como pode-se observar, estas quatro situações configuram o entendimento individual e subjetivo dos pesquisadores, sendo dessa forma incorreta a postura de afirmar qual delas é a verdadeira, ou qual deva ser considerada. Em vista disso, buscou-se uma análise de relacionamento não linear entre os insatisfeitos verificados por cada uma das suposições e seus respectivos votos de sensações térmicas, e decidiu-se que o relacionamento que apresentasse o melhor ajuste, forneceria o algoritmo de predição do percentual de pessoas insatisfeitas adotado por esse trabalho.

Os resultados encontrados pelo relacionamento encontram-se apresentados pelas figuras 4.47 a 4.50. O relacionamento que forneceu o melhor ajuste, foi aquele que partiu da zona de aceitabilidade térmica sugerida pela ISO 7730, ou seja, aquele onde o entendimento foi de que 50% das pessoas que votassem +1 e 50% das pessoas que votassem -1 na escala de sensações encontravam-se insatisfeitas.

Este relacionamento gerou um algoritmo de predição apresentado pela equação 67, e encontra-se aqui rerepresentado:

$$I = 100 - 75,35 \cdot \exp(0,058 \cdot S^4 - 0,569 \cdot S^2)$$

Conclui-se que devido apenas a uma diferenciação no entendimento dos votos de sensações térmicas, o percentual de pessoas insatisfeitas aumenta significativamente, ao ser comparado com o modelo preconizado. No modelo do PMV/PPD, o percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente, que correspondem à situação plena de conforto é de 5%, enquanto por essa expressão preditiva anterior o mesmo é da ordem de 25%.

Conclui-se também que, no interior da faixa de conforto sugerida pela ISO no que diz respeito às sensações térmicas, ou seja $-0,5 < S < +0,5$, a variabilidade do percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente é muito grande. Isto mostra claramente que em ambientes aceitáveis térmicamente as características subjetivas individuais das pessoas, ou suas percepções ou sentimentos com relação ao ambiente térmico são muito significativas, ou seja, o percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente aceitável pode ser bastante distinto de uma situação para outra. A figura 5.5 apresenta essa grande variabilidade de insatisfeitos no interior da zona de conforto, considerando-se os quatro pressupostos analisados.

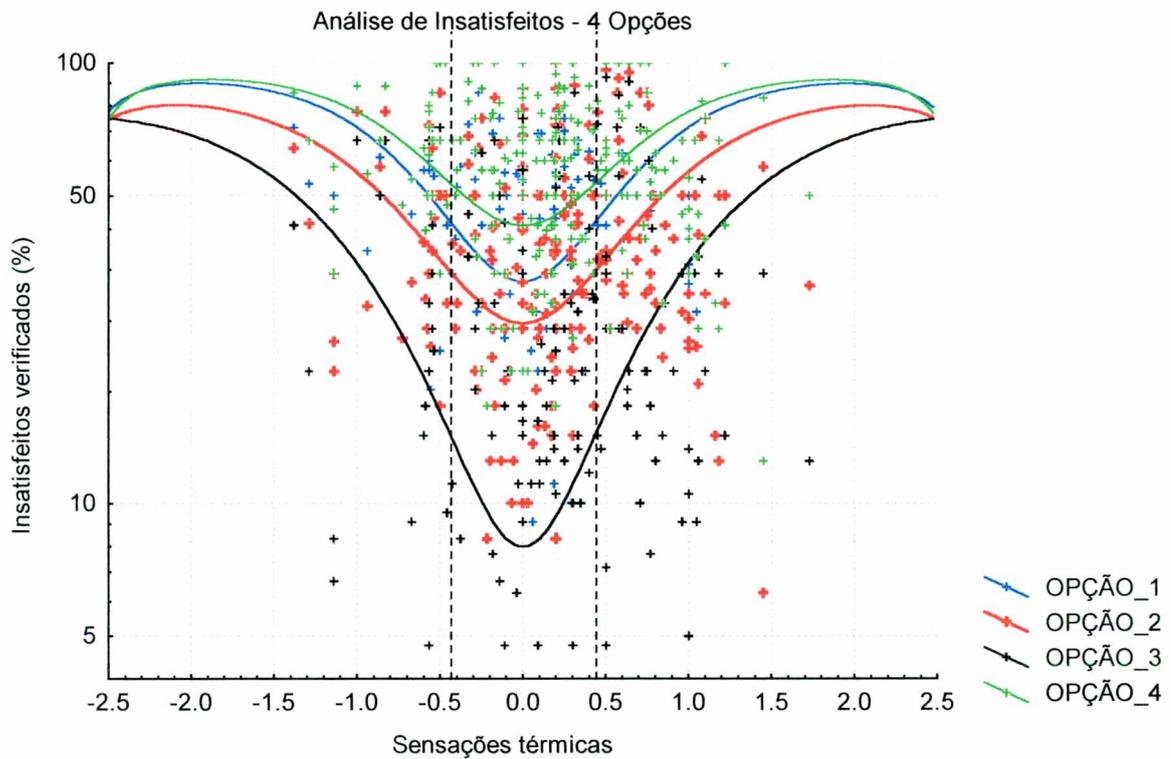


FIGURA 5.5: Variabilidade da porcentagem de pessoas insatisfeitas no interior da zona aceitável termicamente.

A figura 5.6 reinterpreta a comparação do percentual de insatisfeitos verificado neste trabalho, com a porcentagem predita de pessoas insatisfeitas, PPD.

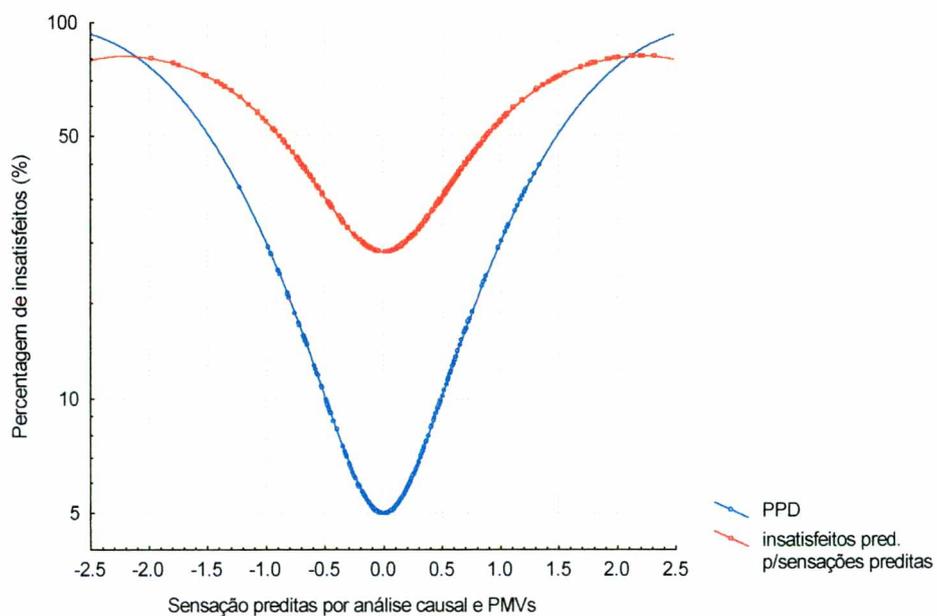


FIGURA 5.6: Comparação entre insatisfeitos determinados pelo trabalho e PPD

5.6 – Temperatura interna de conforto

O método não linear, proposto por este trabalho para a obtenção da temperatura interna de conforto, foi originado de um relacionamento não linear entre as percentagens preditas de pessoas insatisfeitas através da metodologia exposta, e as temperaturas operativas internas verificadas em cada medição. Deste modo, este relacionamento fornece uma análise de duplo sentido, ou seja, a possibilidade do encontro de uma temperatura interna de conforto para o caso da percentagem de pessoas insatisfeitas ser a mínima possível, como também a possibilidade da estimativa da percentagem de pessoas insatisfeitas que será verificada para determinada temperatura operativa interna.

A tabela 4.25 mostra que os resultados obtidos para a temperatura interna de conforto pelo método convencional (linear) e pelo método proposto (não linear) são iguais, como também são iguais os limites aceitáveis para as temperaturas internas determinadas pelos dois métodos. Este fato se verifica por terem sido utilizados, na metodologia proposta, os preceitos e os algoritmos preditivos da metodologia convencional de estudos de campo. Verifica-se também pela tabela, que a amplitude da faixa aceitável termicamente, obtida pela metodologia do PMV/PPD, é maior que a amplitude da faixa aceitável termicamente obtida pelos dois métodos provenientes de estudos de campo. Este fato mostra, que ao contrário do que se supunha anteriormente, as pessoas são mais sensíveis às variações de temperatura do que o previsto pelo método do PMV. Outra possibilidade para esta conclusão observada, é que o método do PMV, por não considerar as pessoas que votassem +1 e -1 como pessoas insatisfeitas, efetuou, com esta consideração um aumento natural da faixa confortável, ou seja, os limites de sensação aceitáveis foram +1 e -1, e não -0,5 e +0,5 como foi considerado neste estudo.

Pelos fatos apontados anteriormente, conclui-se que ao se trabalhar com dados gerais do território brasileiro com um todo, a temperatura de conforto, para pessoas desempenhando atividades sedentárias em ambientes internos, é da ordem de 22°C e a faixa aceitável termicamente é de aproximadamente 20°C a 24°C. A maior vantagem da utilização da metodologia não linear é o conhecimento simultâneo que para a temperatura interna de conforto, os insatisfeitos serão da ordem de 25%.

5.7 – Zonas de conforto térmico

O trabalho analisou zonas de conforto individualizadas para as distintas situações analisadas, quatro zonas, levando-se em consideração a posição geográfica dos locais analisados e a existência ou não de sistemas de condicionamento de ar nos ambientes internos.

O estudo mostrou, através da figura 4.55, que para ambientes internos não condicionados na região de Florianópolis, os limites inferiores e superiores da temperatura interna para zona de conforto são respectivamente de 19,61°C e 24,91°C. Em estudo anterior, realizado por Xavier (1999), com número de dados um pouco mais reduzidos, atingiu-se os limites de 19,90°C e 25,80°C respectivamente para calor e para frio. Observa-se que as diferenças encontradas são pequenas, menos de 1°C, sendo estatisticamente insignificantes e assim sendo, pode-se concluir que os valores limites encontrados neste trabalho são bastante compatíveis com a realidade.

A figura 4.56, mostra que para a faixa de umidades relativas que foram abrangidas pelo estudo, para prédios não condicionados na região de Florianópolis, de 40% a 90% aproximadamente, essa variável não se mostrou significativa para a ocorrência de calor, sendo que ao serem analisadas em conjunto com as amplitudes das temperaturas verificadas, umidades relativas de até 100% não causariam sensação de desconforto térmico. Já com relação ao limite mínimo da variável, o estudo mostra que umidades relativas inferiores a 45% são possíveis causas de desconforto por frio. Convém citar que pelo estudo anteriormente citado, efetuado em 1999, os teores de umidade relativa não se mostraram significativos nem para o desconforto por calor, nem por frio.

Para o caso de pessoas efetuando atividades em ambientes condicionados na região de Florianópolis, observa-se que as mesmas possuem um pouco mais de sensibilidade térmica, quer seja com relação às temperaturas, quer seja com os teores de umidade relativa. As figuras 4.57 e 4.58 mostram que são bem claros os limites inferiores e superiores para essas variáveis, quais sejam:

- *Temperatura interna: de 20,58°C a 24,50°C;*
- *Umidade Relativa: de 49,07% a 85,95%*

O limite superior da temperatura interna para que não haja desconforto por calor, é praticamente o mesmo para prédios condicionados e não condicionados, diferenças inferiores a 0,5°C. A diferença apresenta-se um pouco superior quando se tratam dos limites inferiores para que não haja situação de desconforto, em torno de 1°.

Para o caso dos valores ótimos verificados para cada variável, verifica-se que a temperatura gira na ordem de 22°C para ambos os casos, prédios condicionados e não condicionados e a umidade relativa ótima seria da ordem de 50% para ambientes não condicionados e da ordem de 60% para ambientes condicionados.

A figura 5.7 apresenta esquematicamente, a carta psicrométrica com a zona de conforto proposta para o Brasil (Givoni, 1992), e os limites obtidos e propostos por este trabalho para ambientes internos onde se realizem atividades sedentárias na região de Florianópolis.

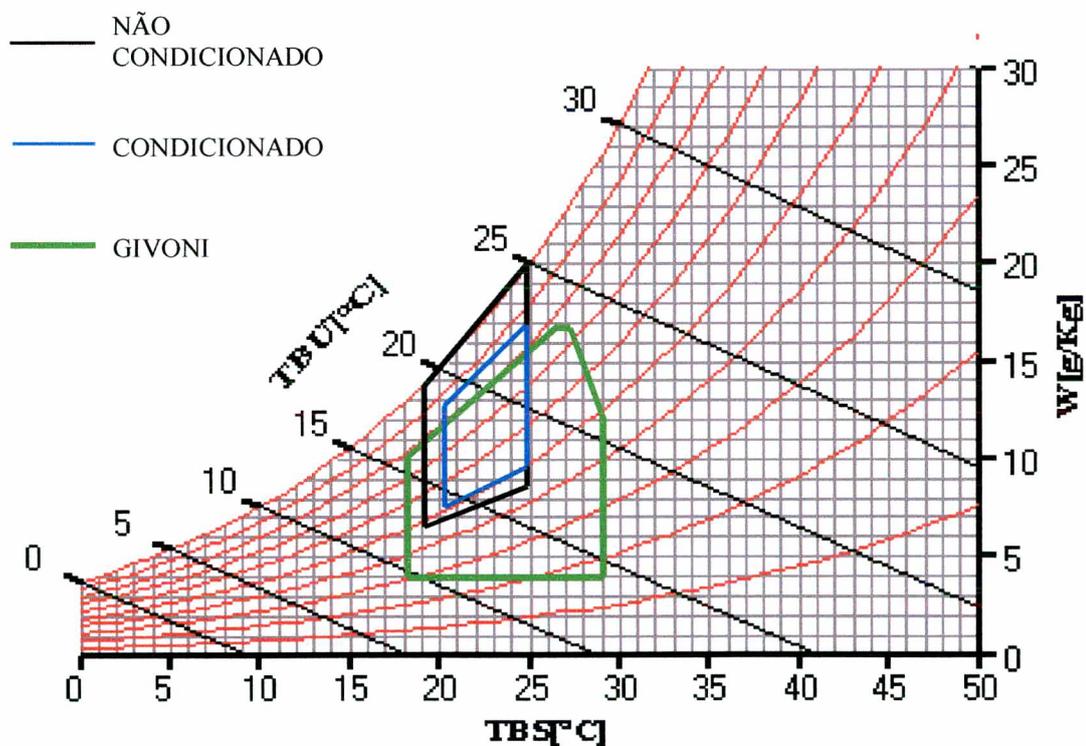


FIGURA 5.7: Desenho esquemático das zonas de conforto para ambientes em Florianópolis e a proposta de Givoni.

A figura 4.59, mostra os limites da temperatura interna para ambientes condicionados em Brasília, para que as pessoas não se sintam desconfortáveis nem por calor, nem por frio. A temperatura ótima para a zona de conforto, pela figura, é de 21,68°C, praticamente a mesma do que a encontrada para ambientes internos condicionados na região de Florianópolis. O que se verificou porém, é que as pessoas analisadas em Brasília mostraram-se muito mais sensíveis às variações de temperatura, tanto com relação ao frio como ao calor. Este fato é notado pelos limites de conforto bem mais estreitos verificados nos ambientes em Brasília do que em Florianópolis, 21,58°C a 22,87°C. A figura mostra também uma grande sensibilidade ao frio para os trabalhadores de escritório em Brasília, pois ao se comparar a temperatura ótima de conforto (21,68°C), com o limite mínimo de conforto (21,58°C), observa-se que os dois são praticamente coincidentes, ou seja, temperaturas logo abaixo da considerada como ótima para conforto, já causam desconforto por frio significativo. Não existe portanto uma faixa considerada como aceitável antes do início do desconforto por frio.

Quando da realização das medições nos locais analisados, verificou-se que o fator que mais diferenciava os trabalhadores de escritório de Florianópolis aos de Brasília, era a grande carga mental embutida nos trabalhadores do Banco Central do Brasil, em Brasília (trabalhadores envolvidos com as taxas de câmbio e as reservas internacionais do Brasil). Como já mencionado anteriormente, não foi objetivo desta pesquisa a análise da carga de trabalho sobre as sensações térmicas das pessoas, porém a comparação entre o encontrado em Florianópolis e em Brasília foi tão marcante, que a conclusão a ser retirada sobre a hipersensibilidade dos trabalhadores do Banco Central do Brasil com relação às variações da temperatura encontra-se intimamente ligada à carga mental propiciada pelo trabalho.

A figura 4.60, mostra que a umidade relativa a ser considerada como ótima para edifícios condicionados em Brasília é da ordem de 83%, sendo que umidades inferiores a esta causam primeiramente uma sensação de desconforto por calor (limite de 62%) e a seguir um desconforto por frio (limite de 51%). Desta forma observa-se que a faixa de umidades que propiciam conforto aos usuários, não sendo verificado desconforto nem por frio, nem por calor, está situada entre 62% e 100%

A figura 5.8 apresenta a carta psicrométrica com os limites encontrados para os dados de edifícios condicionados em Brasília.

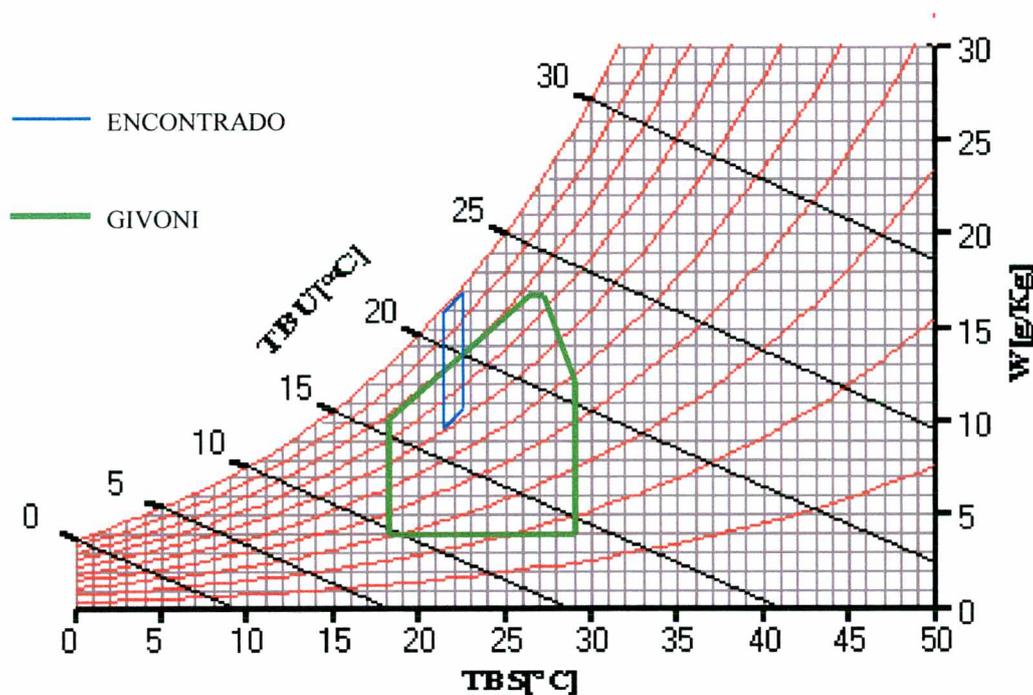


FIGURA 5.8: Zona de conforto encontrada para ambientes condicionados em Brasília.

As figuras numeradas de 4.61 a 4.62 apresentam os limites encontrados para ambientes condicionados em Recife. Com relação às temperaturas verificadas, observa-se que 22,75°C foi a que apresentou menor percentual de pessoas insatisfeitas por calor e por frio ao mesmo tempo, porém este percentual da ordem de 52% é bastante superior ao preconizado pelo presente estudo como limite para a aceitabilidade térmica de ambientes internos, 34%. Este fato sugere que ambientes internos em Recife, similares aos que aqui foram analisados (ambientes de digitação da Caixa Econômica), sempre contarão com mais de 34% de insatisfeitos, qualquer que seja a temperatura. O trabalho desenvolvido nestes ambientes era o de digitação por intermédio de empresa terceirizada, não de funcionários próprios da Caixa Econômica, com forte e marcante esquema de supervisão e produção anotada por toques do digitador. Novamente neste caso, a conclusão mais viável de ser retirada, é que da mesma maneira do que o ocorrido em Brasília, possivelmente a carga mental gerada pela realização do trabalho esteja influenciando decisivamente as sensações térmicas das pessoas.

A figura 4.61 apresentou os dados relativos aos limites aceitáveis para a umidade relativa, e aqui mais também ficou constatado (como no caso da

temperatura) que para qualquer que seja a faixa de umidades relativas o percentual de insatisfeitos é superior a 34%.

Como o estudo em questão não apresentou limites de zonas de conforto nem para a variável temperatura nem para a variável umidade relativa, fica prejudicada a inclusão dos mesmos na carta psicrométrica.

6 – SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

O presente trabalho de Tese de Doutorado, procurou enfocar vários aspectos relativos à situação de conforto térmico verificada em ambientes internos, condicionados ou não, onde sejam realizadas atividades sedentárias. Procurou também apresentar e sugerir uma metodologia de predição do conforto térmico, através de modelo estatístico de análise causal, baseada em fenômenos físicos de troca de calor e em estudo de campo. Alguns aspectos relacionados ao tema, que certamente serão muito significativos para cada vez mais aprimorar o assunto, não foram aqui focalizados, sendo que sugere-se a seguinte relação de temas a serem futuramente pesquisados:

- ✓ Pesquisas e medições indiretas de taxas metabólicas através do consumo de oxigênio, para amostra maior do que a que foi aqui analisada e principalmente para atividades diferenciadas, trabalhos domésticos, de escritório, industriais, prestação de serviços e outros. Estes estudos propiciarão um bom banco de dados a respeito dessa variável, que configura-se como fundamental nos estudos de conforto;
- ✓ Análises envolvendo outras variáveis que possam estar influenciando a variabilidade da taxa metabólica para pessoas desempenhando a mesma atividade, com maior ênfase a variáveis que envolvam a carga mental do trabalho sobre as pessoas pesquisadas;
- ✓ Estudos de conforto térmico em outras regiões do Brasil, a fim de se adquirir e se formar um banco de dados nacional a respeito do assunto;
- ✓ Análises físicas aprimoradas e individualizadas sobre cada um dos mecanismos físicos de troca de calor entre o homem e o ambiente, principalmente o que diz respeito às trocas de calor por evaporação;
- ✓ Pesquisas e desenvolvimento de metodologias práticas para a medição e obtenção dos valores relativos à temperatura média da pele e do isolamento térmico das vestimentas, pois estes fatores influenciam

diretamente a sensação de conforto e os mecanismos de aquisição dos valores, hoje disponíveis no Brasil, são muito incipientes.

- ✓ Pesquisas específicas a respeito do percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico, com o intuito da padronização de procedimentos;
- ✓ Estudos e pesquisas visando um mapeamento do território brasileiro, em zonas de conforto térmico, levando em consideração as características geográficas e de clima de cada local, características da população estudada, etnia, hábitos e costumes.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC. *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*, ASHRAE Standard 55 – 1992. Atlanta, 1992
2. _____. *ASHRAE Fundamentals*. Atlanta, 1997. Cap 8: Thermal Comfort
3. ARAÚJO, V. M. D. *Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro*. São Paulo, 1996. Tese de Doutorado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
4. ARBUCKLE, J. L. *Amos Users' Guide Version 3.6*: SmallWaters Corporation, 1997.
5. AULICIEMS, A. *Thermal environments and performance*. Review for Division of Health Effects Research NAPCA. Department of Health, Education and Welfare. Washington: 1973.
6. AULICIEMS, A. "Towards a psycho-physiological model of thermal perception". *Journal of Biometeorology*. v. 25, p. 109-122, 1981.
7. AULICIEMS, A., SZOKOLAY, S. V. *Thermal Comfort*. Kenmore: 1997. University of Queensland – Department of Architecture.
8. BAKER, N., STANDEVEN, M. *Comfort Group – Final Report*. Cambridge, 1995. Martin Centre for Architectural and Urban Studies – Department of Architecture, University of Cambridge.
9. BALDINI, M. D. A., TAVARES, A. C. "Conforto térmico em salas de aula e influência no aproveitamento escolar" *Revista Geografia*. São Paulo: v.10(19), p. 163-172, 1985.
10. BEDFORD, T. *Warmth factor in comfort at work*. Med. Res CI, Ind Health Res Board. Report n° 76, HSMO, 1936.
11. BEZINGER, T. H. "The Physiological Basis for Thermal Comfort". In *Indoor Climate*. Ed. P.O. Fanger & O. Valbjorn, Danish Building Research Institute, Copenhagen, 1979. p. 441-476.
12. BUSCH, J. F. "Thermal responses to the Thai office environment". *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 96, n.1, p. 859-872, 1990.
13. _____. "A Tale of two populations: Thermal in Air-Conditioned and Naturally Ventiled Offices in Thailand". *Rev. Energy and Buildings*. Lausanne: v. 18, p. 235- 249, 1992.

14. BUTTERFIELD, G. E. "Dietary requirements of the athlete" In: Shepard, R. ed. *Current Therapy in Sports Medicine*. Philadelphia: Mosby, 1995.
15. DEAR, R. J. "Global Database of Thermal Comfort – Field Experiments". *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 104, p. 1141-1151, 1998.
16. DEAR, R. J., BRAGER, G. S. "Developing an adaptive model of thermal comfort and preference" *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 104, p. 145-167, 1998.
17. DONATO, S. R., GRAZIANI, M., MAINETTI, S. "Evaluation of the Predictive Value of Fanger's PMV Index Study in a Population of School Children". *Rev. La Medicina del Lavoro*. Milão: v.87, n.1, p. 51-62, 1996.
18. FANGER, P. O. *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.
19. FIALA, D. *Dynamic Simulation of Human Heat Transfer and Thermal Comfort*. Leicester, 1998. Tese de Doutorado – Montfort University Leicester.
20. FRANK, S. M., RAJA, S. N., BULCAO, C. F., GOLDSTEIN, D. S. "Relative contribution of core and cutaneous temperatures to thermal comfort and autonomic responses in humans". *Journal of Applied Physiology*. v. 86(5), p. 1588-1593, 1999.
21. GAGGE, A. P., STOLWIJK, J., NISHI, Y. "An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response" *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 77, n.1, p. 247-262, 1971.
22. GAGGE, A. P. "The role of Humidity during warm discomfort". In: *Indoor Climate*. Ed. Fanger P.O. e O. Valbjorn – Danish Building Research Institute. Copenhagen: 1979, pp. 527-538.
23. GAN, G., CROOME, D. J. "Thermal Comfort Model based on Field Measurements". *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 100, n.1, p. 782-794, 1994.
24. GOULART, S., LAMBERTS, R., FIRMINO, S. *Dados Climáticos para projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras*. Florianópolis: UFSC, 1998.
25. GRIFFITHS, I. "Thermal Comfort Studies in Buildings with Passive Features". *Report to CEC EN35 090 UK*, 1990.
26. HAIR, J. F. et al. *Multivariate Data Analysis with Readings*. Prentice Hall: 4th Ed, 1984.
27. HASKELL, W. L. "Physical activity and health: The need to define the required stimulus. *American Journal of Cardiology*. v. 55, p. 4D-9D, 1984.

28. HAYWARD, J. S., ECKERSON, J. D., COLLIS, M. L. "Thermoregulatory heat production in man: prediction equation based on skin and core temperatures" *Journal of Applied Physiology*: v. 42, p. 377-384, 1977.
29. HOUGHTEN, F. C., YAGLOGLOU, C. P. "Determination of Comfort Zone". *Transactions ASHVE*. 29-361, 1923.
30. HOWELL, W., STRAMLER, C. S. "The Contribution of Psychological Variables to the Prediction of Thermal Comfort Judgments in Real World Settings". *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 87, n.1, p. 609-621, 1981.
31. HUIZENGA, C., HUI, Z., DUAN, T., ARENS, E. "An Improved Multinode Model of Human Physiology and Thermal Comfort". In Sixth International IBPSA Conference – Building Simulation 99. *Proceedings*. Kyoto, 1999, p. 353-359
32. HUMPHREYS, M. A. "Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied". *Building Services Engineer*. Watfort: v. 44, p. 5-27, 1976.
33. _____. *Energy Efficient Building*. Oxford, Editado por Roaf, S. e Hancock, M. – Blackwell Scientific Publications, 1992. Cap. 1: Thermal Comfort in the Context of Energy Conservation.
34. _____. *Standards for Thermal Comfort*. Londres, Editado por Nicol, F., Humphreys, M., Sykes, O., e Roaf, S. – Chapman & Hall, 1995. Cap. 1: Comfort Temperatures and Climate.
35. HUMPHREYS, M., A., NICOL, F. Conflicting Criteria for Thermal Sensation within the Fanger Predicted Mean Vote Equation. In: CIBSE/ASHRAE JOINT NATIONAL CONFERENCE, *Proceedings*. 1996, p.153-158
36. IIDA, I. *Ergonomia: Projeto e Produção*. Ed. Edgard Blücher Ltda: São Paulo, 1989.
37. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*, ISO 7933. Genebra, 1989.
38. _____. *Ergonomics – Determination of metabolic heat production*, ISO 8996. Genebra 1990.
39. _____. *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, ISO 7730. Genebra, 1994.
40. _____. *Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble*, ISO 9920. Genebra, 1995.

41. _____. *Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*, ISO 10551. Genebra, 1995.
42. _____. *Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities*, ISO/DIS 7726. Genebra, 1996.
43. JAMY, G. N. *Standards for Thermal Comfort*. Londres, Editado por Nicol, F., Humphreys, M., Sykes, O. e Roaf, S. – Chapman & Hall, 1995. Cap 2: Towards New Indoor Comfort Temperatures for Pakistani Buildings.
44. KARYONO, T. H. *Standards for Thermal Comfort*. Londres, Editado por Nicol, F., Humphreys, M., Sykes, O. e Roaf, S. – Chapman & Hall, 1995. Cap 22: Higher PMV Causes Higher Energy Consumption in Air-Conditioned Buildings a Case Study in Jakarta, Indonesia.
45. KWOK, A. G. “Thermal Acceptability in Tropical Schools”. *Journal of the Human Environment System*. Yokohama: v. 2, n. 1, p. 41-46, 1999.
46. LORSCH, H. G., ABDU, O. A. “The impact of the building indoor environment on occupant productivity – Part 2: Effects of Temperature”. In: Impact of Indoor Environment on Productivity. *ASHRAE Technical Data Bulletin*. Orlando: 1994. v. 10, n. 4, p. 16-22.
47. MAGALHÃES, C., SILVA, A. F., ANJOS, L. A. “A taxa metabólica basal é superestimada pelas equações preditivas em universitárias do Rio de Janeiro, Brasil”. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. v. 49, n 3, 1999.
48. MATTHEWS, J., NICOL, F. *Standards for Thermal Comfort*. Londres, Editado por Nicol, F., Humphreys, M., Sykes, O. e Roaf, S. – Chapman & Hall, 1995. Cap 23: Thermal Comfort of Factory Workers in Northern India.
49. MILNE, G. R. *Standards for Thermal Comfort*. Londres, Editado por Nicol, F., Humphreys, M., Sykes, O. e Roaf, S. – Chapman & Hall, 1995. Cap 19: The Energy Implications of a Climate-Based Indoor Air Temperatures Standard.
50. NAHAS, M. V. “Revisão de Métodos para Determinação de Níveis de Atividade Física Habitual em Diversos Grupos Populacionais”. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*. v. 1, n. 4, p. 27-37, 1996
51. _____. “Atividade Física como fator de qualidade de vida”. *Memórias do Congresso Mundial de Educação Física – AIESEP 1997*. Rio de Janeiro, 1998. p. 361-368
52. _____. Notas de aula da disciplina Atividade Física e Qualidade de Vida. *Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção*. Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

53. NAHAS, M. V., BARROS, M. V.G., FRANCALACCI, V. “O Pentágono do Bem Estar – Base Conceitual para a avaliação do estilo de vida de indivíduos ou grupos”. *Revista Brasileira Ciência e Saúde*, 2000.
54. NELSON, T. M., NILSSON, T.H., HOPKINS, G. W. “Thermal Comfort: Advantages and Deviations”. *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 93, n.1, p. 1039-1054, 1987.
55. NICOL, F. *A Handbook for Field Studies Toward an Adaptive Model*. Londres: University of East London, 1993.
56. NICOL, F., JAMY, G. N., et al. *A Survey of Thermal Comfort in Pakistan toward new indoor temperature standards*. Oxford: Oxford Brookes University, School of Architecture, 1994.
57. NICOL, F., KESSLER, M. R. B. “Perception of Comfort in Relation to Weather and Indoor Adaptive Opportunities” In: Symposium on Field Studies of Thermal Comfort and Adaptation: Part 1. *ASHRAE Transactions: Symposia*. Atlanta: 1998, p. 1005-1017.
58. NICOL, F., ROAF, S. “Pioneering new indoor temperature standards: the Pakistan project”. *Rev. Energy and Buildings*. Lausanne: v. 23, p. 169-174, 1996
59. NIEMAN, D. “Estresse - Como controlar as tensões da vida moderna”. *Revista Vida e Saúde*. Maio/1993, p. 4-9, 1993
60. OLGYAY, V. *Design with climate*. Princeton: Princeton Uni. Press, 1963.
61. ONG, B. L. *Standards for Thermal Comfort*. Londres, Editado por Nicol, F., Humphreys, M., Sykes, O. e Roaf, S. – Chapman & Hall, 1995. Cap 7: Designing for the individual: a radical reading of ISO 7730.
62. OSELAND, N. A. “A comparison of the predicted and reported thermal sensation vote in homes during winter and summer”. *Rev. Energy and Buildings*. Lausanne: v.21, p. 45-54, 1994.
63. _____. “Predicted and reported thermal sensation in climate chambers, offices and homes”. *Rev. Energy and Buildings*. Lausanne: v.23, p. 105-115, 1995.
64. _____. “Acceptable Temperature Ranges in Naturally Ventilated and Air-Conditioning Offices”. In: Symposium on Field Studies of Thermal Comfort and Adaptation: Part 1. *ASHRAE Transactions: Symposia*. Atlanta: 1998, p. 1018-1030.
65. PEDHAZUR, E. J. *Multiple Regression in Behavioral Research – Explanation and Prediction*. 2ª Edition – Harcourt Brace Jovanovich, Fort Worth, 1982. Cap 15: Path Analysis.

66. RAJA, I. A., NICOL, F. "A technique for recording and analysis of postural changes associated with thermal comfort". Elsevier Science Ltd.: *Applied Ergonomics*. v. 28, n. 3, p. 221-225, 1997.
67. ROHLES, F. H. "Temperature or Temperament: A Psychologist looks at Thermal Comfort". *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 86, n.1, p. 541-554, 1980.
68. ROHLES, F. H., NEVINS, R. G. "The Nature of Thermal Comfort for Sedentary Man". *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 77, n.1, p. 239, 1971.
69. RUAS, A. C. *Avaliação de conforto térmico – contribuição à aplicação prática das normas internacionais*. Campinas, 1999. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas.
70. SILVEIRA JÚNIOR, P., MACHADO, A. A., ZONTA, E. P., SILVA, J. B. *Curso de Estatística*. Pelotas: Editora Universitária – Universidade Federal de Pelotas. v. 2, 1992
71. SCHUMAKER, R. E., LOMAX, R. G. *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. Erlbaum: 1996.
72. SHEPHARD, R. J. *Aging, Physical Activity and Health*. Human Kinetics: Champaign, 1997. Cap. 8: Physical Activity, Function, and Well-Being.
73. SIME, W.E., BUELL, J. C., ELIOT, R. S. "Psychophysiological (emotional) stress testing for assessing coronary risk". *J Cardionvasc Pulmon Tech*. Aug-Sep: p. 27-31, 1980.
74. STOLWIJK, J. A. J., HARDY, J. D. "Partitional calorimetric studies of response of man to thermal transients" *Journal of Applied Physiology*. v. 21, p. 967, 1966.
75. TAFFÉ, P. "A Qualitative Response Model of Thermal Comfort". *Rev. Building and Environment*. Oxford: v. 32, n.2, p. 115-121, 1997.
76. TANABE, S. *Thermal Comfort Requirements in Japan*. Waseda, 1988. Tese de Doutorado – Waseda University.
77. THAM, K. W. "Conserving Energy Without Sacrificing Thermal Comfort" *Rev. Building and Environment*. Pergamon Press Ltd.: 1993, v.28, n.3, p. 287-299.
78. TUNES, S., OLIVEIRA, "Saúde – Muda o mapa de nossas doenças". *Rev. Globo Ciência*. Rio de Janeiro, março/1997, p.35-39, 1997.
79. UEDA, H., INOUE, Y. ARAKI, T. "Clothing microclimate temperatures during thermal comfort in boys, young and older men". *Int. Journal Biometeorological*. Springer-Verlag, 1996. v. 39, p. 127-132.

80. VERNON, H. M., WARNER, C. G. "The influence of humidity of the air on capacity of work at high temperatures". *Journal of Hygiene*. Cambridge, 1932. p. 32-431.
81. WOODS, J. E., WINAKOR, G., et al. "Relationships between measures of Thermal Environment and measures of Worker Productivity". *ASHRAE Transactions*. Atlanta: v. 87, n. 2, p. 117-144, 1981.
82. WOODS, J. E., DREWRY, G. M., MOREY, P. "Office worker perceptions of indoor air quality effects on discomfort and performance". In: Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate. *Proceedings*. Berlin: 1987, p.464-468.
83. XAVIER, A. A. P. *Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º grau na região de Florianópolis*. Florianópolis, 1999. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.
84. XAVIER, A. A. P., LAMBERTS, R. "Thermal Comfort in Free Running School Buildings, in South Brazil". In: 2nd European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings and 3rd International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings. *Proceedings*. Lyon: 1998, p. 213-218.
85. _____. "Proposta de Zona de Conforto Térmico obtida a partir de Estudos de Campo em Florianópolis", em II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, *Anais em CD ROM*. Fortaleza, 1999.
86. _____. "Indices of Thermal Comfort Developed from Field Survey in Brazil". *ASHRAE Transactions 2000*. Atlanta: v. 106, n. 1, p. 45-58, 2000.
87. YANG, K. H., SU, C. H. "An Approach to Building Energy Savings using the PMV Index". *Rev. Building and Environment*. Oxford: v. 32, n. 1, p. 25-30, 1997.

8 - ANEXOS

8.1 – Anexo A: Croquis e fotos dos locais das medições

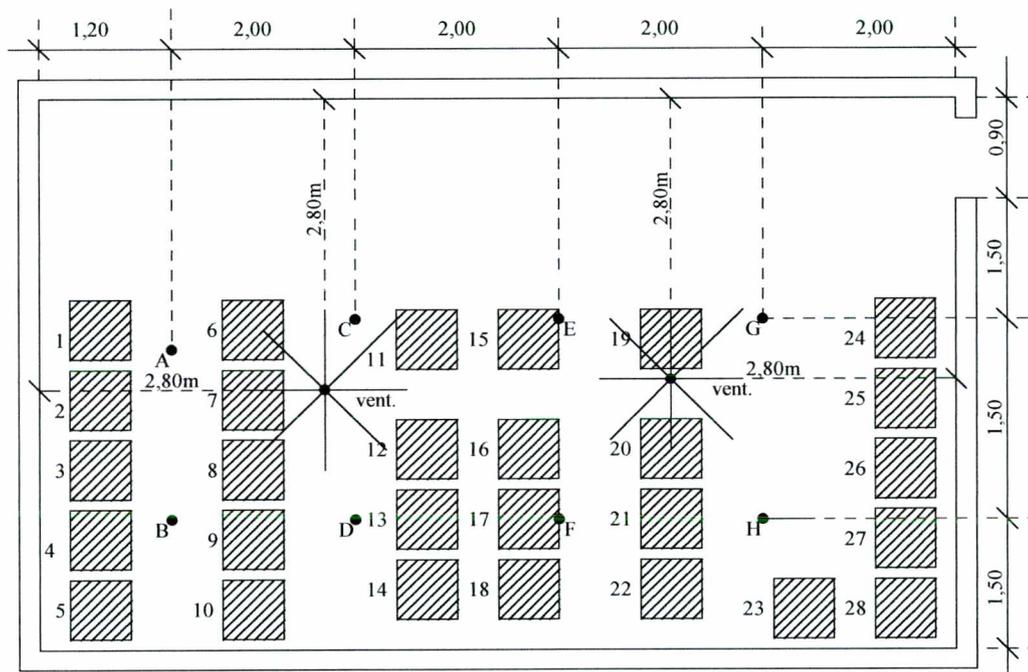


FIGURA A.1: Croquis das salas de aula da ETFSC, de Florianópolis, pesquisadas em 1997

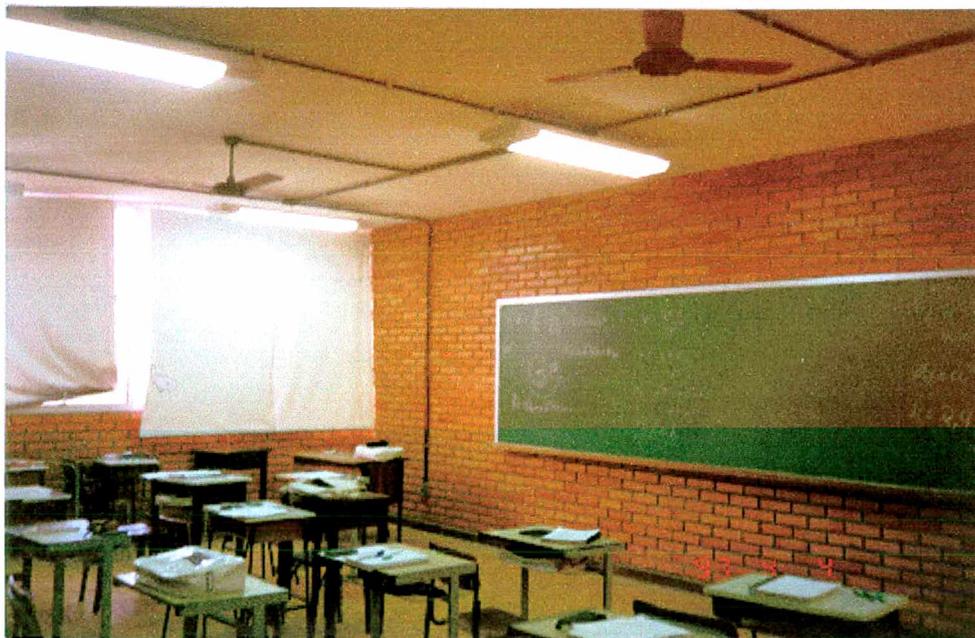


FIGURA A.2: Vista interna das salas de aula pesquisadas em 1997.

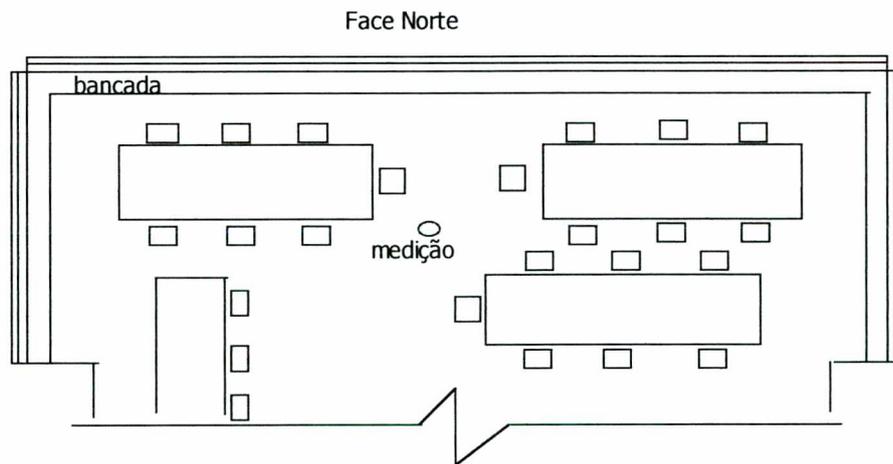


FIGURA A.3: Croquis de ambiente interno medido no Banco Central em Brasília, 1998

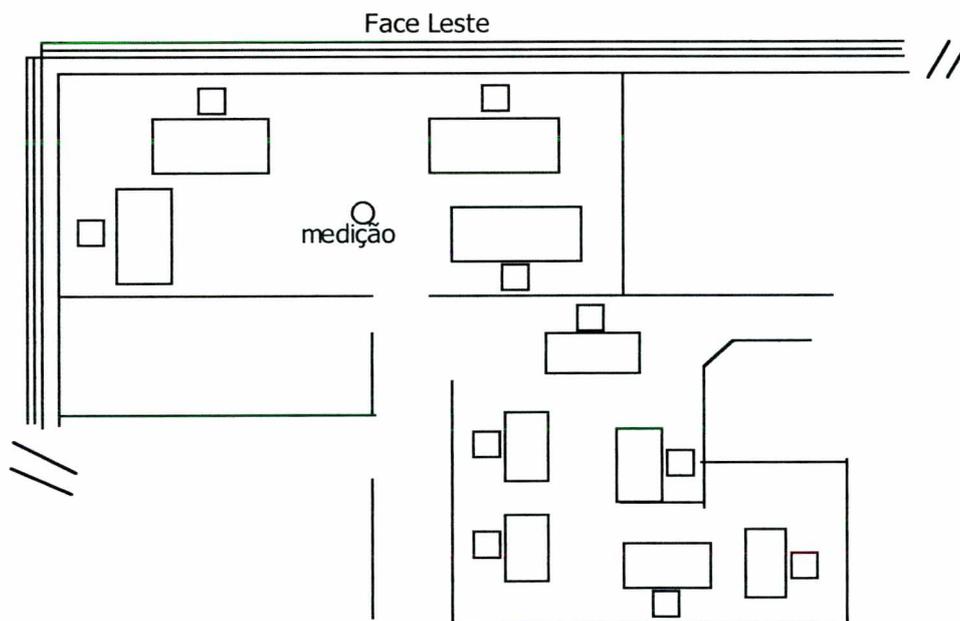


FIGURA A.4: Croquis de ambiente interno medido no Banco Central em Brasília, 1998

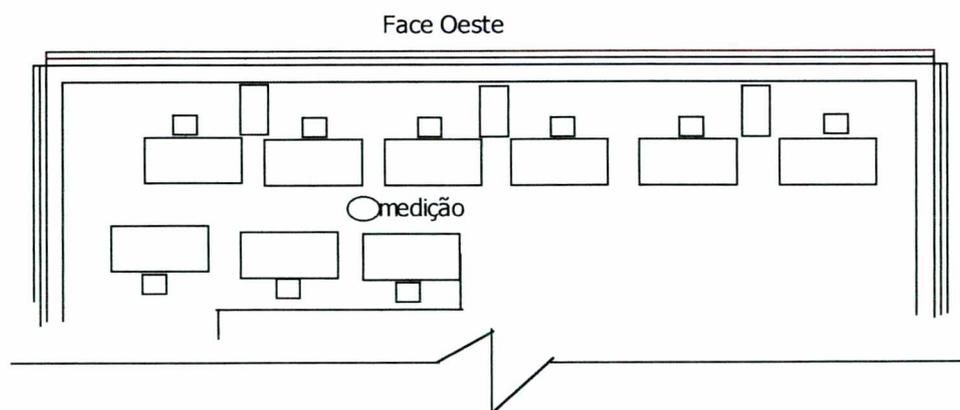


FIGURA A.5: Croquis de ambiente interno medido no Banco Central em Brasília, 1998



FIGURA A.6: Vista interna de ambiente medido na Caixa Econômica Federal, Recife – 1999



FIGURA A.7: Vista interna de ambiente medido na Caixa Econômica Federal, Recife - 1999

8.2 – Anexo B: Total das medições efetuadas

TABELA B.1: Medições efetuadas nos anos de 1997, 1998 e 1999.

Medição	Local	Data	Hora	Nº de Pessoas	Nº Pessoas	Nº de Pessoas
					sem dados de estilo de vida (1 a 189)	com dados de estilo de vida (190 a 279)
1	ETFSC - Florianópolis SC	23/04/97	11:20	29		
2	ETFSC - Florianópolis SC	23/04/97	14:50	24	2680	841
3	ETFSC - Florianópolis SC	24/04/97	11:20	29		
4	ETFSC - Florianópolis SC	24/04/97	14:50	16		
5	ETFSC - Florianópolis SC	25/04/97	14:50	15		
6	ETFSC - Florianópolis SC	25/04/97	15:40	23		
7	ETFSC - Florianópolis SC	30/04/97	10:40	32		
8	ETFSC - Florianópolis SC	30/04/97	11:20	32	279	
9	ETFSC - Florianópolis SC	21/05/97	11:20	28		
10	ETFSC - Florianópolis SC	22/05/97	11:20	32		
11	ETFSC - Florianópolis SC	22/05/97	14:50	15		
12	ETFSC - Florianópolis SC	27/05/97	14:50	21		
13	ETFSC - Florianópolis SC	28/05/97	11:20	29		
14	ETFSC - Florianópolis SC	28/05/97	14:50	23		
15	ETFSC - Florianópolis SC	29/05/97	11:20	24		
16	ETFSC - Florianópolis SC	29/05/97	14:50	16		
17	ETFSC - Florianópolis SC	18/06/97	11:20	10		
18	ETFSC - Florianópolis SC	18/06/97	14:50	21		
19	ETFSC - Florianópolis SC	25/06/97	11:20	33		
20	ETFSC - Florianópolis SC	25/06/97	14:50	24		
21	ETFSC - Florianópolis SC	03/07/97	10:40	27		
22	ETFSC - Florianópolis SC	03/07/97	11:20	22		
23	ETFSC - Florianópolis SC	03/07/97	14:50	14		
24	ETFSC - Florianópolis SC	04/07/97	14:50	10		
25	ETFSC - Florianópolis SC	17/07/97	11:10	24		
26	ETFSC - Florianópolis SC	20/08/97	11:25	30		
27	ETFSC - Florianópolis SC	20/08/97	14:45	23		
28	ETFSC - Florianópolis SC	21/08/97	11:20	23		
29	ETFSC - Florianópolis SC	21/08/97	14:50	14		
30	ETFSC - Florianópolis SC	27/08/97	11:20	30		
31	ETFSC - Florianópolis SC	27/08/97	14:45	20		
32	ETFSC - Florianópolis SC	28/08/97	11:15	22		
33	ETFSC - Florianópolis SC	28/08/97	14:20	16		
34	ETFSC - Florianópolis SC	17/09/97	11:20	23		
35	ETFSC - Florianópolis SC	17/09/97	14:50	17		
36	ETFSC - Florianópolis SC	18/09/97	11:25	25		
37	ETFSC - Florianópolis SC	18/09/97	14:40	14		
38	ETFSC - Florianópolis SC	24/09/97	11:20	31		
39	ETFSC - Florianópolis SC	24/09/97	14:45	18		
40	ETFSC - Florianópolis SC	25/09/97	11:20	22		
41	ETFSC - Florianópolis SC	25/09/97	15:10	16		
42	ETFSC - Florianópolis SC	08/10/97	11:20	15		
43	ETFSC - Florianópolis SC	08/10/97	14:45	21		

44	ETFSC - Florianópolis SC	15/10/97	10:30	25
45	ETFSC - Florianópolis SC	15/10/97	14:50	18
46	ETFSC - Florianópolis SC	16/10/97	11:55	21
47	ETFSC - Florianópolis SC	16/10/97	14:35	24
48	ETFSC - Florianópolis SC	17/10/97	11:10	21
49	ETFSC - Florianópolis SC	17/10/97	15:10	16
50	ETFSC - Florianópolis SC	11/11/97	11:40	30
51	ETFSC - Florianópolis SC	11/11/97	14:50	26
52	ETFSC - Florianópolis SC	12/11/97	11:25	23
53	ETFSC - Florianópolis SC	12/11/97	14:10	22
54	ETFSC - Florianópolis SC	13/11/97	11:20	21
55	ETFSC - Florianópolis SC	13/11/97	14:25	19
56	ETFSC - Florianópolis SC	19/11/97	11:20	21
57	ETFSC - Florianópolis SC	19/11/97	14:50	18
58	ETFSC - Florianópolis SC	03/12/97	10:50	25
59	ETFSC - Florianópolis SC	03/12/97	14:35	20
60	ETFSC - Florianópolis SC	04/12/97	10:40	18
61	ETFSC - Florianópolis SC	04/12/97	15:40	17
62	ETFSC - Florianópolis SC	11/12/97	11:20	27
63	ETFSC - Florianópolis SC	11/12/97	14:55	22
64	ETFSC - Florianópolis SC	12/12/97	10:40	22
65	ETFSC - Florianópolis SC	12/12/97	15:10	16
66	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	10:15	11
67	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	10:45	11
68	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	11:15	11
69	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	11:45	11
70	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	15:00	5
71	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	15:30	5
72	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	16:00	5
73	Banco Central - Brasília DF	28/04/98	16:30	5
74	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	10:00	9
75	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	10:30	9
76	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	11:00	9
77	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	11:30	9
78	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	15:00	10
79	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	15:30	10
80	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	16:00	10
81	Banco Central - Brasília DF	29/04/98	16:30	10
82	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	9:50	1
83	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	10:20	1
84	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	10:50	1
85	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	11:20	1
86	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	15:30	7
87	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	15:45	7
88	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	16:00	7
89	Banco Central - Brasília DF	30/04/98	16:15	7
90	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	9:00	21
91	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	10:00	21
92	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	11:00	21
93	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	12:00	21
94	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	14:00	21
95	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	15:00	21
96	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	16:00	21
97	Eletrosul - Florianópolis SC	29/07/98	17:00	21

98	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	9:00	16
99	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	10:00	16
100	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	11:00	15
101	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	12:00	14
102	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	14:00	15
103	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	15:00	13
104	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	16:00	15
105	Eletrosul - Florianópolis SC	30/07/98	17:00	12
106	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	9:00	11
107	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	10:00	11
108	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	11:00	12
109	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	12:00	11
110	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	14:00	11
111	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	15:00	9
112	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	16:00	6
113	Eletrosul - Florianópolis SC	31/07/98	17:00	6
114	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	9:00	3
115	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	10:00	3
116	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	11:00	3
117	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	12:00	2
118	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	14:00	4
119	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	15:00	5
120	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	16:00	5
121	Eletrosul - Florianópolis SC	03/08/98	17:00	4
122	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	9:00	8
123	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	10:00	7
124	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	11:00	7
125	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	12:00	7
126	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	14:00	10
127	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	15:00	11
128	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	16:00	11
129	Eletrosul - Florianópolis SC	04/08/98	17:00	4
130	SESI - Florianópolis SC	15/12/98	14:00	8
131	SESI - Florianópolis SC	15/12/98	15:00	8
132	SESI - Florianópolis SC	15/12/98	16:00	8
133	SESI - Florianópolis SC	15/12/98	17:00	7
134	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	9:00	7
135	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	10:00	7
136	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	11:00	6
137	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	12:00	5
138	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	14:00	6
139	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	15:00	6
140	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	16:00	6
141	SESI - Florianópolis SC	16/12/98	17:00	6
142	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	9:00	21
143	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	10:00	21
144	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	11:00	20
145	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	12:00	17
146	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	14:00	19
147	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	15:00	20
148	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	16:00	20
149	Eletrosul - Florianópolis SC	16/03/99	17:00	19
150	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	9:00	15
151	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	10:00	15

152	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	11:00	15
153	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	12:00	12
154	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	14:00	15
155	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	15:00	15
156	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	16:00	15
157	Eletrosul - Florianópolis SC	17/03/99	17:00	14
158	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	9:00	8
159	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	10:00	8
160	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	11:00	8
161	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	12:00	6
162	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	14:00	7
163	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	15:00	7
164	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	16:00	7
165	Eletrosul - Florianópolis SC	19/03/99	17:00	4
166	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	9:00	5
167	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	10:00	5
168	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	11:00	5
169	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	12:00	4
170	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	14:00	5
171	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	15:00	5
172	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	16:00	4
173	Eletrosul - Florianópolis SC	24/03/99	17:00	4
174	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	9:00	13
175	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	10:00	13
176	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	11:00	13
177	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	12:00	11
178	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	14:00	11
179	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	15:00	11
180	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	16:00	11
181	Eletrosul - Florianópolis SC	25/03/99	17:00	11
182	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	9:00	14
183	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	10:00	14
184	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	11:00	13
185	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	12:00	6
186	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	14:00	12
187	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	15:00	11
188	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	16:00	10
189	Eletrosul - Florianópolis SC	26/03/99	17:00	9
190	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	9:00	7
191	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	10:00	6
192	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	11:00	6
193	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	12:00	5
194	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	14:00	5
195	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	15:00	5
196	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	16:00	5
197	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	17:00	5
198	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	9:00	7
199	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	10:00	7
200	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	11:00	7
201	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	12:00	7
202	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	14:00	7
203	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	15:00	7
204	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	16:00	7
205	SESI - Florianópolis SC	10/08/99	17:00	6

206	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	9:00	9
207	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	10:00	10
208	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	11:00	9
209	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	12:00	10
210	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	14:00	9
211	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	15:00	8
212	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	16:00	8
213	SESI - Florianópolis SC	11/08/99	17:00	7
214	SESI - Florianópolis SC	13/08/99	14:00	4
215	SESI - Florianópolis SC	13/08/99	15:00	4
216	SESI - Florianópolis SC	13/08/99	16:00	4
217	SESI - Florianópolis SC	13/08/99	17:00	4
218	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	9:00	9
219	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	10:00	9
220	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	11:00	10
221	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	12:00	10
222	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	14:00	8
223	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	15:00	8
224	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	16:00	8
225	SESI - Florianópolis SC	16/08/99	17:00	6
226	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	9:00	7
227	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	10:00	7
228	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	11:00	7
229	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	12:00	7
230	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	14:00	5
231	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	15:00	4
232	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	16:00	4
233	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	17:00	4
234	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	9:00	7
235	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	10:00	8
236	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	11:00	8
237	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	12:00	6
238	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	14:00	8
239	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	15:00	7
240	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	16:00	8
241	SESI - Florianópolis SC	09/08/99	17:00	6
242	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	9:00	6
243	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	10:00	6
244	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	11:00	5
245	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	12:00	5
246	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	14:00	5
247	SESI - Florianópolis SC	17/08/99	15:00	4
248	UFSC - Florianópolis SC	21/09/99	15:00	4
249	UFSC - Florianópolis SC	23/09/99	14:30	3
250	UFSC - Florianópolis SC	25/09/99	15:00	33
251	UFSC - Florianópolis SC	01/10/99	9:45	10
252	UFSC - Florianópolis SC	01/10/99	10:30	10
253	CEF - Recife PE	17/11/99	21:00	14
254	CEF - Recife PE	17/11/99	22:00	14
255	CEF - Recife PE	17/11/99	23:00	14
256	CEF - Recife PE	17/11/99	0:00	11
257	CEF - Recife PE	18/11/99	1:00	11
258	CEF - Recife PE	18/11/99	2:00	1
259	CEF - Recife PE	18/11/99	14:00	9

260	CEF - Recife PE	18/11/99	15:00	9
261	CEF - Recife PE	18/11/99	16:00	9
262	CEF - Recife PE	18/11/99	17:00	9
263	CEF - Recife PE	18/11/99	18:00	8
264	CEF - Recife PE	18/11/99	19:00	2
265	CEF - Recife PE	18/11/99	20:00	19
266	CEF - Recife PE	18/11/99	21:00	18
267	CEF - Recife PE	18/11/99	22:00	18
268	CEF - Recife PE	18/11/99	23:00	18
269	CEF - Recife PE	19/11/99	0:00	16
270	CEF - Recife PE	19/11/99	1:00	6
271	CEF - Recife PE	19/11/99	9:00	24
272	CEF - Recife PE	19/11/99	10:00	24
273	CEF - Recife PE	19/11/99	11:00	24
274	CEF - Recife PE	19/11/99	12:00	23
275	CEF - Recife PE	19/11/99	14:00	24
276	CEF - Recife PE	19/11/99	15:00	23
277	CEF - Recife PE	19/11/99	16:00	23
278	CEF - Recife PE	19/11/99	17:00	19
279	CEF - Recife PE	19/11/99	18:00	4

8.3 – Anexo C: Questionário de obtenção das variáveis pessoais

AVALIAÇÃO DE CONFORTO E ACEITABILIDADE TÉRMICA

Avaliação das condições, sensações e aceitabilidade dos ambientes:

O preenchimento dessas tabelas, tem a função da avaliação da situação de conforto térmico através do julgamento subjetivo. As respectivas análises e comparações dessa avaliação com os dados ambientais coletados pelos equipamentos, servirão de valiosos subsídios para a análise térmica dos ambientes da edificação.

Os quesitos nº 3, 4 e 5 devem ser devidamente anotados a cada horário marcado. Os quesitos de nº 1, 2, 6 e 7 devem ser anotados apenas uma vez, quando do primeiro horário de anotação. No caso de terem havido mudanças nas vestimentas entre um horário de anotação e outro, favor apontar após a tabela do quesito 2.

Quesito 1) Dados do respondente:

Local de Trabalho:.....
 Idade:.... Altura:.... Peso:.... Sexo:.... Data:....

Quesito 2) Marque as vestimentas que está utilizando:

(Tabela conforme ISO 9920/95)

Roupas de baixo e Acessórios		Blusa leve fina, manga curta	
Sapato com sola fina		Camiseta	
Sapato com sola grossa		Calças	
Botinas		Calça curta (bermuda)	
Meia soquete fina		Calça tecido fino	
Meia soquete grossa		Calça jeans	
Meia até o joelho		Calça grossa, de lã ou flanela	
Meia de nylon longa fina		Vestidos e Saias	
Meia calça com pernas longas		Saia leve, de verão	
Meia calça com pernas curtas		Saia pesada, de inverno	
Cueca		Vestido de verão, mangas curtas	
Calcinha		Vestido de inverno, manga longa	
Soutien		Vestido completo, fechado	
Camiseta de baixo		Casacos e Suéteres	
Camiseta de baixo manga longa		Colete sem mangas fino	
Gravata		Colete sem mangas grosso	
Camisas e Blusas		Suéter manga longa fino	
Camisa de manga curta		Suéter manga longa grosso	
Camisa manga longa tecido fino		Jaqueta leve	
Camisa manga longa normal		Jaqueta/japona, normal	
Camisa de flanela ou moleton		Paletó	
Blusa leve fina, manga longa		Paletó de verão, blazer	

Houve alguma mudança de vestimentas entre um horário e outro? Qual?

Quesito 3) Tabela de percepção (ISO 10551/95)
“Com relação a sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento?”

	9:00h	10:00h	11:00h	12:00h	14:00h	15:00h	16:00h	17:00h
Com muito calor								
Com calor								
Levemente com calor								
Neutro								
Levemente com frio								
Com frio								
Com muito frio								

Quesito 4) Tabela de avaliação (ISO 10551/95)
“De que maneira você se encontra nesse momento?”

	9:00h	10:00h	11:00h	12:00h	14:00h	15:00h	16:00h	17:00h
Confortável								
Levem. inconfortável								
Inconfortável								
Muito inconfortável								

Quesito 5) Tabela de preferências térmicas (ISO 10551/95)
“Como você preferia estar se sentindo agora?”

	9:00h	10:00h	11:00h	12:00h	14:00h	15:00h	16:00h	17:00h
Bem mais aquecido								
Mais aquecido								
Um pouco mais aquecido								
Assim mesmo								
Um pouco mais refrescado								
Mais refrescado								
Bem mais refrescado								

Quesito 6) Tabela de aceitabilidade (ISO 10551/95)
“Em sua opinião, você aceitaria mais do que rejeitaria esse ambiente térmico?”

Sim
 Não

Quesito 7) Tabela de tolerância (ISO 10551/95)
“Este ambiente possui, em sua opinião:”

Tolerância perfeita	Leve dificuldade em tolerar	Dificuldade em tolerar	Muita dificuldade em tolerar	Intolerância

OBSERVAÇÃO: Este questionário foi utilizado para ambientes de escritório. No caso de ambientes escolares só houve a mudança na linguagem apresentada, conforme já apresentado na Metodologia.

8.4 - Anexo D: Questionários de características individuais

COLETA DE DADOS SOBRE ESTILO DE VIDA:

1º) ATIVIDADE FÍSICA HABITUAL: (A cada sim marque com um "X")

ATIVIDADES OCUPACIONAIS DIÁRIAS:

- 1) Eu geralmente vou e volto do trabalho (escola) caminhando ou de bicicleta (pelo menos 800 metros a cada percurso)
- 2) Eu geralmente uso as escadas ao invés do elevador
- 3) Minhas atividades físicas diárias podem ser descritas como:
 - a) Passo a maior parte do tempo sentado(a) e, quando muito, caminho de um lugar para outro (próximos)
 - b) Na maior parte do dia realizo atividades físicas moderadas, como caminhar rápido, executar tarefas que requerem movimentação
 - c) Diariamente executo atividades físicas intensas por várias horas (trabalho pesado, esportes)

ATIVIDADES DE LAZER:

- 4) Meu lazer inclui algumas horas por semana de atividades físicas leves (passeio de bicicleta, caminhada em ritmo lento, etc)
- 5) Ao menos uma vez por semana, participo de algum tipo de dança (moderada), por uma hora ou mais
- 6) Jogo tênis, voleibol, futebol ou outro esporte de caráter recreacional:
 - a) Uma vez por semana
 - b) Duas vezes por semana
 - c) Três vezes ou mais por semana
- 7) Quando me sinto sob tensão, costumo fazer algum tipo de exercício para relaxar
- 8) Duas ou mais vezes por semana faço ginástica (tipo flexões abdominais, exercícios para os braços, etc) durante pelo menos 10 minutos
- 9) Participo de sessões de ioga ou faço exercícios de alongamento muscular regularmente
- 10) Duas ou mais vezes por semana, participo de sessões de musculação
- 11) Participo de atividades aeróbicas vigorosas (correr, pedalar, nadar, remar) durante 20 minutos ou mais:
 - a) Uma vez por semana
 - b) Duas vezes por semana
 - c) Três ou mais vezes por semana

2º) NÍVEL DE STRESS:

As escalas de 10 a 0 estão representadas por palavras que representam seus extremos. Circule o número que mais se relaciona com o que você sentiu no último mês:

- 1) **Quão preocupado ou interessado acerca de sua saúde você tem estado?**
Nada, nada Muito preocupado
10 8 6 4 2 0
- 2) **Quão relaxado ou tenso você tem se sentido?**
Bastante relaxado Bastante tenso
10 8 6 4 2 0
- 3) **Quanta energia, animação e vitalidade você tem tido?**
Muita Nenhuma
10 8 6 4 2 0
- 4) **Quão deprimido ou alegre você tem estado?**
Muito alegre Muito deprimido
10 8 6 4 2 0

3º) HÁBITOS DE ALIMENTAÇÃO: Marque com um "X" o correspondente.

- 1) **Com que frequência, em sua opinião, você consome mais calorias do que precisa?**
 Todos os dias
 3 a 5 vezes por semana
 2 vezes por semana
 3 vezes por mês ou menos
- 2) **Com que frequência você consome frituras ou outros alimentos gordurosos?**
 Todos os dias
 3 a 5 vezes por semana
 2 vezes por semana
 3 vezes por mês ou menos
- 3) **Com que frequência você consome peito de frango, peixes, peito de peru ou refeições (sem carne) com feijão, lentilha, ervilha, grão de bico, soja?**
 Todos os dias
 3 a 5 vezes por semana
 2 vezes por semana
 3 vezes por mês ou menos
- 4) **Com que frequência você consome pelo menos duas porções de vegetais (legumes e verduras) e frutas, crus, assados ou cozidos (exceto fritos)?**
 Todos os dias
 3 a 5 vezes por semana
 2 vezes por semana
 3 vezes por mês ou menos

5) Com que frequência você consome pelo menos quatro porções de pães, cereais matinais (aveia, flocos, etc), macarrão, arroz?

- Todos os dias
- 3 a 5 vezes por semana
- 2 vezes por semana
- 3 vezes por mês ou menos

AVALIAÇÃO DO ESTILO DE VIDA:

1º) ATIVIDADE FÍSICA:

QUESTÕES	PONTOS
questão 1	1
questão 2	1
questão 3a	0
questão 3b	4
questão 3c	9
questão 4	1
questão 5	1
questão 6a	2
questão 6b	4
questão 6c	7
questão 7	1
questão 8	3
questão 9	2
questão 10	4
questão 11a	3
questão 11b	5
questão 11c	10

CLASSIFICAÇÃO:

0 a 5 pontos:	Inativo
6 a 11 pontos:	Moderadamente ativo
12 a 20 pontos:	Ativo
21 pontos ou mais:	Muito ativo

2º) NÍVEL DE STRESS:

31 a 40:	Ausência
27 a 30:	Leve
20 a 26:	Moderado
0 a 19:	Alto

3º) HÁBITOS DE ALIMENTAÇÃO:

Questão	Todo o dia	3 a 5 / semana	2 por semana	3 por mês
1	0	2	8	10
2	0	0	5	10
3	10	8	5	0
4	10	5	0	0
5	10	8	4	0

Avaliação

40 a 50: Saudável
25 a 40: Regular
0 a 25: Ruim

8.5 – Anexo E: Medições indiretas de metabolismo no LabEEE

TABELA 1: Dados da medição de taxa metabólica da amostra 1

Dados de metabolismo da amostra 1, cujas medições foram realizadas no dia 14/09/99, das 14:45 às 15:45 h no LabEEE
Sexo: Masculino; Idade:36 anos; Altura:1,68m; Peso: 86,6 kg; ASP: 1,959m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.42	0.29	0.69	5.46	70.25	
0.38	0.27	0.71	5.49	63.88	
0.39	0.26	0.67	5.43	64.85	
0.41	0.27	0.66	5.42	68.04	
0.40	0.27	0.68	5.44	66.65	
0.36	0.25	0.69	5.47	60.28	
0.45	0.32	0.71	5.49	75.66	
0.55	0.35	0.64	5.39	90.77	
0.59	0.38	0.64	5.40	97.56	
0.53	0.35	0.66	5.42	87.99	
Médias:	0.45	0.30	0.67	5.44	74.59

TABELA 2: Dados da medição de taxa metabólica da amostra 2

Dados de metabolismo da amostra 2, cujas medições foram realizadas no dia 14/09/99 das 15:00 às 16:00 h no LabEEE
Sexo: Masculino; Idade:42 anos; Altura:1,70m; Peso: 73,0 kg; ASP: 1,838m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.48	0.35	0.73	5.51	86.40	
0.41	0.31	0.76	5.55	74.28	
0.33	0.26	0.79	5.59	60.25	
0.33	0.26	0.79	5.59	60.25	
0.29	0.22	0.76	5.55	52.57	
0.31	0.24	0.77	5.57	56.41	
0.37	0.29	0.78	5.59	67.49	
0.44	0.33	0.75	5.54	79.60	
0.35	0.28	0.80	5.61	64.09	
0.31	0.26	0.84	5.66	57.30	
Médias:	0.36	0.28	0.78	5.58	65.86

TABELA 3: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 3

Dados de metabolismo da amostra 3, cujas medições foram realizadas no dia 13/10/99, das 14:00 às 14:30 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade: 19 anos; Altura: 1,80m; Peso: 81,0 kg; ASP: 2,002m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90
0.46	0.37	0.80	5.62	77.42
0.38	0.33	0.87	5.70	64.94
0.41	0.37	0.90	5.75	70.63
0.45	0.40	0.89	5.73	77.27
0.40	0.32	0.80	5.61	67.25
0.34	0.29	0.85	5.68	57.89
0.38	0.31	0.82	5.63	64.13
0.42	0.35	0.83	5.65	71.18
0.52	0.39	0.75	5.54	86.37
0.52	0.44	0.85	5.67	88.39
Médias: 0.43	0.36	0.84	5.66	72.55

TABELA 4: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 4.

Dados de metabolismo da amostra 4, cujas medições foram realizadas no dia 13/10/99 das 15:00 às 15:30 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade: 22 anos; Altura: 1,74m; Peso: 71,0 kg; ASP: 1,847m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90
0.29	0.26	0.90	5.74	54.08
0.26	0.22	0.85	5.67	47.91
0.28	0.23	0.82	5.64	51.29
0.29	0.26	0.90	5.74	54.08
0.26	0.23	0.88	5.72	48.35
0.36	0.30	0.83	5.65	66.13
0.27	0.24	0.89	5.73	50.26
0.38	0.34	0.89	5.74	70.83
0.33	0.30	0.91	5.76	61.72
0.34	0.30	0.88	5.72	63.19
Médias: 0.31	0.27	0.88	5.71	56.78

TABELA 5: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 5

Dados de metabolismo da amostra 5, cujas medições foram realizadas no dia 13/10/99, das 16:00 às 16:30 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:20 anos; Altura:1,78m; Peso: 78,0 kg; ASP: 1,960m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.40	0.29	0.73	5.51	67.45	
0.44	0.31	0.70	5.48	73.82	
0.44	0.31	0.70	5.48	73.82	
0.44	0.33	0.75	5.54	74.65	
0.39	0.29	0.74	5.53	66.06	
0.30	0.22	0.73	5.52	50.69	
0.31	0.22	0.71	5.49	52.07	
0.26	0.20	0.77	5.57	44.32	
0.31	0.21	0.68	5.44	51.66	
0.28	0.20	0.71	5.49	47.09	
Médias:	0.36	0.26	0.72	5.51	60.16

TABELA 6: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 6

Dados de metabolismo da amostra 6, medições foram realizadas no dia 16/02/2000, das 10:00 às 10:30 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:23 anos; Altura:1,80m; Peso: 67,0 kg; ASP: 1,847m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.30	0.29	0.97	5.83	56.86	
0.39	0.37	0.95	5.81	73.62	
0.32	0.29	0.91	5.75	59.81	
0.26	0.25	0.96	5.83	49.22	
0.22	0.22	1.00	5.88	42.02	
0.24	0.22	0.92	5.77	44.96	
0.28	0.24	0.86	5.69	51.73	
0.33	0.29	0.88	5.72	61.28	
0.37	0.33	0.89	5.73	68.92	
0.34	0.33	0.97	5.84	64.50	
Médias:	0.31	0.28	0.93	5.79	57.29

TABELA 7: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 7

Dados de metabolismo da amostra 7, medições foram realizadas no dia 21/02/2000, das 08:00 às 08:30 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:48 anos; Altura:1,70m; Peso: 60,0 kg; ASP: 1,691m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90
0.38	0.32	0.84	5.67	76.40
0.37	0.30	0.81	5.62	73.84
0.35	0.29	0.83	5.65	70.14
0.35	0.30	0.86	5.69	70.62
0.34	0.29	0.85	5.68	68.54
0.36	0.30	0.83	5.65	72.23
0.33	0.28	0.85	5.68	66.45
0.52	0.43	0.83	5.65	104.17
0.46	0.38	0.83	5.64	92.13
0.42	0.34	0.81	5.62	83.79
Médias: 0.39	0.32	0.83	5.65	77.83

TABELA 8: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 8

Dados de metabolismo da amostra 8, medições foram realizadas no dia 21/02/2000, das 09:15 às 09:45 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:22 anos; Altura:1,85m; Peso: 73,0 kg; ASP: 1,954m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90
0.43	0.41	0.95	5.82	76.81
0.36	0.32	0.89	5.73	63.34
0.42	0.40	0.95	5.82	75.00
0.33	0.33	1.00	5.88	59.58
0.34	0.34	1.00	5.88	61.39
0.30	0.29	0.97	5.83	53.75
0.25	0.22	0.88	5.72	43.89
0.46	0.42	0.91	5.76	81.39
0.34	0.34	1.00	5.88	61.39
0.48	0.47	0.98	5.85	86.25
Médias: 0.37	0.35	0.95	5.82	66.28

TABELA 9: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 9

Dados de metabolismo da amostra 9, medições foram realizadas no dia 21/02/2000, das 10:00 às 10:30h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:29 anos; Altura:1,65m; Peso: 60,50 kg; ASP: 1,661m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.24	0.19	0.79	5.60	48.53	
0.22	0.18	0.82	5.63	44.77	
0.24	0.20	0.83	5.65	49.02	
0.21	0.17	0.81	5.62	42.65	
0.25	0.18	0.72	5.50	49.68	
0.28	0.21	0.75	5.54	56.05	
0.22	0.17	0.77	5.57	44.29	
0.23	0.17	0.74	5.53	45.92	
0.21	0.15	0.71	5.49	41.67	
0.21	0.15	0.71	5.49	41.67	
Médias:	0.23	0.18	0.77	5.56	46.43

TABELA 10: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 10

Dados de metabolismo da amostra 10, medições foram realizadas no dia 21/02/2000, das 11:10 às 11:40 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:20 anos; Altura:1,78m; Peso: 78,00 kg; ASP: 1,960m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.30	0.24	0.80	5.61	51.52	
0.35	0.29	0.83	5.65	60.52	
0.48	0.37	0.77	5.57	81.85	
0.47	0.36	0.77	5.56	80.05	
0.34	0.26	0.76	5.56	57.89	
0.29	0.22	0.76	5.55	49.30	
0.26	0.21	0.81	5.62	44.73	
0.34	0.26	0.76	5.56	57.89	
0.31	0.23	0.74	5.53	52.49	
0.27	0.22	0.81	5.63	46.53	
Médias:	0.34	0.27	0.78	5.58	58.28

TABELA 11: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 11

Dados de metabolismo da amostra 11, medições foram realizadas no dia 05/06/2000, das 10:00 às 10:15 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:32 anos; Altura:1,75m; Peso: 71,00 kg; ASP: 1,850m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.24	0.18	0.75	5.54	43.14	
0.21	0.17	0.81	5.62	38.29	
0.23	0.18	0.78	5.59	41.67	
0.14	0.12	0.86	5.69	25.82	
0.49	0.40	0.82	5.63	89.50	
0.62	0.46	0.74	5.53	111.22	
0.63	0.50	0.79	5.60	114.44	
0.61	0.47	0.77	5.57	110.19	
0.50	0.38	0.76	5.56	90.09	
0.53	0.42	0.79	5.60	96.25	
Médias:	0.42	0.33	0.79	5.59	76.06

TABELA 12: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 12

Dados de metabolismo da amostra 12, medições foram realizadas no dia 05/06/2000, das 11:00 às 11:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:33 anos; Altura:1,51m; Peso: 46,00 kg; ASP: 1,390m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.28	0.26	0.93	5.78	69.90	
0.19	0.18	0.95	5.81	47.64	
0.23	0.21	0.91	5.76	57.21	
0.18	0.17	0.94	5.80	45.10	
0.25	0.21	0.84	5.66	61.12	
0.23	0.19	0.83	5.64	56.04	
0.39	0.3	0.77	5.57	93.73	
0.40	0.29	0.73	5.51	95.10	
0.40	0.31	0.78	5.58	96.27	
0.39	0.32	0.82	5.64	94.90	
Médias:	0.29	0.24	0.85	5.68	71.70

TABELA 13: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 13

Dados de metabolismo da amostra 13, medições foram realizadas no dia 05/06/2000, das 14:30 às 14:45 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:42 anos; Altura:1,77m; Peso: 56,00 kg; ASP: 1,690m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.28	0.32	1.14	6.07	60.37	
0.30	0.25	0.83	5.65	60.23	
0.28	0.25	0.89	5.74	57.01	
0.27	0.23	0.85	5.68	54.44	
0.26	0.21	0.81	5.62	51.88	
0.22	0.22	1.00	5.88	45.93	
0.29	0.21	0.72	5.51	56.70	
0.39	0.25	0.64	5.39	74.69	
0.44	0.32	0.73	5.51	86.09	
0.52	0.40	0.77	5.57	102.79	
Médias:	0.33	0.27	0.84	5.66	65.01

TABELA 14: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 14

Dados de metabolismo da amostra 14, medições foram realizadas no dia 05/06/2000, das 16:00 às 16:15 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:19 anos; Altura:1,68m; Peso: 62,00 kg; ASP: 1,700m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.28	0.25	0.89	5.74	56.68	
0.31	0.27	0.87	5.71	62.42	
0.26	0.22	0.85	5.67	52.05	
0.27	0.22	0.81	5.63	53.65	
0.23	0.19	0.83	5.64	45.82	
0.30	0.23	0.77	5.56	58.92	
0.44	0.34	0.77	5.57	86.54	
0.42	0.31	0.74	5.53	81.91	
0.35	0.27	0.77	5.57	68.82	
0.31	0.24	0.77	5.57	60.99	
Médias:	0.32	0.25	0.81	5.62	62.78

TABELA 15: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 15

Dados de metabolismo da amostra 15, medições foram realizadas no dia 06/06/2000, das 10:00 às 10:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:25 anos; Altura:1,63m; Peso: 61,00 kg; ASP: 1,650m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.27	0.20	0.74	5.53	54.29	
0.24	0.19	0.79	5.60	48.86	
0.26	0.21	0.81	5.62	53.13	
0.22	0.18	0.82	5.63	45.07	
0.23	0.19	0.83	5.64	47.21	
0.21	0.16	0.76	5.56	42.44	
0.24	0.19	0.79	5.60	48.86	
0.49	0.34	0.69	5.47	97.39	
0.47	0.32	0.68	5.45	93.12	
0.43	0.29	0.67	5.44	85.06	
Médias:	0.31	0.23	0.76	5.55	61.54

TABELA 16: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 16

Dados de metabolismo da amostra 16, medições foram realizadas no dia 06/06/2000, das 11:00 às 11:15 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:24 anos; Altura:1,85m; Peso: 70,00 kg; ASP: 1,920m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.27	0.24	0.89	5.73	48.34	
0.25	0.23	0.92	5.77	45.09	
0.32	0.32	1.00	5.88	58.80	
0.31	0.30	0.97	5.84	56.54	
0.35	0.34	0.97	5.84	63.89	
0.16	0.37	2.31	7.66	38.28	
0.18	0.38	2.11	7.38	41.53	
0.38	0.26	0.68	5.45	64.75	
0.42	0.26	0.62	5.36	70.41	
0.30	0.27	0.90	5.74	53.86	
Médias:	0.29	0.30	1.14	6.07	54.15

TABELA 17: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 17

Dados de metabolismo da amostra 17, medições foram realizadas no dia 06/06/2000, das 14:00 às 14:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:39 anos; Altura:1,59m; Peso: 64,00 kg; ASP: 1,660m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.30	0.23	0.77	5.56	60.34	
0.27	0.22	0.81	5.63	54.94	
0.26	0.20	0.77	5.57	52.32	
0.28	0.21	0.75	5.54	56.09	
0.29	0.25	0.86	5.69	59.68	
0.29	0.23	0.79	5.60	58.70	
0.45	0.36	0.80	5.61	91.24	
0.53	0.39	0.74	5.52	105.80	
0.37	0.26	0.70	5.48	73.26	
0.29	0.23	0.79	5.60	58.70	
Médias:	0.33	0.26	0.78	5.58	67.11

TABELA 18: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 18

Dados de metabolismo da amostra 18, medições foram realizadas no dia 06/06/2000, das 15:00 às 15:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:24 anos; Altura:1,52m; Peso: 50,00 kg; ASP: 1,440m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.22	0.21	0.95	5.82	53.34	
0.24	0.22	0.92	5.77	57.67	
0.24	0.22	0.92	5.77	57.67	
0.22	0.20	0.91	5.76	52.77	
0.23	0.20	0.87	5.70	54.66	
0.24	0.21	0.88	5.71	57.11	
0.24	0.22	0.92	5.77	57.67	
0.20	0.18	0.90	5.74	47.87	
0.34	0.27	0.79	5.60	79.36	
0.35	0.30	0.86	5.69	82.93	
Médias:	0.25	0.22	0.89	5.73	60.11

TABELA 19: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 19

Dados de metabolismo da amostra 19, medições foram realizadas no dia 06/06/2000, das 16:00 às 16:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:27 anos; Altura:1,63m; Peso: 50,00 kg; ASP: 1,520m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.17	0.16	0.94	5.80	38.92	
0.24	0.22	0.92	5.77	54.64	
0.24	0.24	1.00	5.88	55.71	
0.29	0.25	0.86	5.69	65.18	
0.24	0.23	0.96	5.82	55.17	
0.22	0.21	0.95	5.82	50.53	
0.21	0.20	0.95	5.82	48.21	
0.23	0.19	0.83	5.64	51.25	
0.40	0.32	0.80	5.61	88.57	
0.50	0.36	0.72	5.50	108.58	
Médias:	0.27	0.24	0.89	5.74	61.68

TABELA 20: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 20

Dados de metabolismo da amostra 20, medições foram realizadas no dia 06/06/2000, das 17:00 às 17:15 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:40 anos; Altura:1,80m; Peso: 90,00 kg; ASP: 2,090m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.38	0.33	0.87	5.70	62.20	
0.38	0.31	0.82	5.63	61.43	
0.35	0.28	0.80	5.61	56.36	
0.41	0.32	0.78	5.58	65.72	
0.35	0.31	0.89	5.73	57.53	
0.58	0.42	0.72	5.51	91.69	
0.49	0.41	0.84	5.66	79.61	
0.55	0.45	0.82	5.63	88.96	
0.41	0.33	0.80	5.62	66.10	
0.4	0.33	0.83	5.64	64.80	
Médias:	0.43	0.35	0.82	5.63	69.44

TABELA 21: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 21

Dados de metabolismo da amostra 21, medições foram realizadas no dia 07/06/2000, das 08:30 às 08:45 h no LabEEE
 Sexo: Masculino; Idade:45 anos; Altura:1,77m; Peso: 91,00 kg; ASP: 2,080m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.49	0.43	0.88	5.71	80.77	
0.49	0.44	0.90	5.74	81.16	
0.42	0.38	0.90	5.75	69.68	
0.43	0.39	0.91	5.75	71.37	
0.35	0.27	0.77	5.57	56.24	
0.70	0.50	0.71	5.49	110.93	
0.83	0.59	0.71	5.49	131.42	
0.51	0.38	0.75	5.54	81.43	
0.42	0.33	0.79	5.59	67.73	
0.36	0.30	0.83	5.65	58.72	
Médias:	0.50	0.40	0.81	5.63	80.95

TABELA 22: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 22

Dados de metabolismo da amostra 22, medições foram realizadas no dia 07/06/2000, das 10:30 às 10:45 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:32 anos; Altura:1,74m; Peso: 70,00 kg; ASP: 1,840m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.27	0.23	0.85	5.68	50.01	
0.28	0.25	0.89	5.74	52.36	
0.29	0.24	0.83	5.65	53.40	
0.33	0.29	0.88	5.72	61.51	
0.33	0.27	0.82	5.63	60.63	
0.29	0.26	0.90	5.74	54.28	
0.30	0.25	0.83	5.65	55.32	
0.25	0.21	0.84	5.66	46.17	
0.47	0.39	0.83	5.65	86.59	
0.51	0.43	0.84	5.67	94.26	
Médias:	0.33	0.28	0.85	5.68	61.45

TABELA 23: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 23

Dados de metabolismo da amostra 23, medições foram realizadas no dia 08/06/2000, das 09:00 às 09:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:23 anos; Altura:1,59m; Peso: 52,00 kg; ASP: 1,520m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.16	0.13	0.81	5.63	35.54	
0.18	0.15	0.83	5.65	40.18	
0.17	0.14	0.82	5.64	37.86	
0.18	0.15	0.83	5.65	40.18	
0.20	0.16	0.80	5.61	44.29	
0.19	0.15	0.79	5.60	41.96	
0.23	0.19	0.83	5.64	51.25	
0.34	0.25	0.74	5.52	74.11	
0.32	0.23	0.72	5.50	69.47	
0.38	0.29	0.76	5.56	83.40	
Médias:	0.24	0.18	0.79	5.60	51.82

TABELA 24: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 24

Dados de metabolismo da amostra 24, medições foram realizadas no dia 08/06/2000, das 09:45 às 10:00 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:29 anos; Altura:1,65m; Peso: 60,00 kg; ASP: 1,650m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.25	0.17	0.68	5.45	49.52	
0.22	0.18	0.82	5.63	45.07	
0.17	0.14	0.82	5.64	34.87	
0.21	0.14	0.67	5.43	41.46	
0.45	0.33	0.73	5.52	90.32	
0.40	0.30	0.75	5.54	80.61	
0.35	0.24	0.69	5.45	69.43	
0.39	0.26	0.67	5.43	77.00	
0.33	0.23	0.70	5.47	65.64	
0.26	0.17	0.65	5.41	51.17	
Médias:	0.30	0.22	0.72	5.50	60.51

TABELA 25: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 25

Dados de metabolismo da amostra 25, medições foram realizadas no dia 08/06/2000, das 11:00 às 11:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:30 anos; Altura:1,70m; Peso: 58,00 kg; ASP: 1,670m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.27	0.22	0.81	5.63	54.61	
0.25	0.20	0.80	5.61	50.38	
0.24	0.19	0.79	5.60	48.27	
0.27	0.21	0.78	5.58	54.12	
0.27	0.21	0.78	5.58	54.12	
0.41	0.33	0.80	5.62	82.73	
0.46	0.34	0.74	5.53	91.35	
0.53	0.38	0.72	5.50	104.68	
0.46	0.34	0.74	5.53	91.35	
0.34	0.25	0.74	5.52	67.45	
Médias:	0.35	0.27	0.77	5.57	69.91

TABELA 26: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 26

Dados de metabolismo da amostra 26, medições foram realizadas no dia 08/06/2000, das 15:00 às 15:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:28 anos; Altura:1,53m; Peso: 59,00 kg; ASP: 1,560m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.31	0.26	0.84	5.66	67.51	
0.33	0.29	0.88	5.72	72.55	
0.29	0.24	0.83	5.65	62.98	
0.31	0.26	0.84	5.66	67.51	
0.31	0.26	0.84	5.66	67.51	
0.31	0.27	0.87	5.71	68.03	
0.32	0.28	0.88	5.71	70.29	
0.41	0.38	0.93	5.78	91.16	
0.43	0.35	0.81	5.63	93.08	
0.33	0.26	0.79	5.59	70.99	
Médias:	0.34	0.29	0.85	5.68	73.16

TABELA 25: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 25

Dados de metabolismo da amostra 25, medições foram realizadas no dia 08/06/2000, das 11:00 às 11:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:30 anos; Altura:1,70m; Peso: 58,00 kg; ASP: 1,670m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.27	0.22	0.81	5.63	54.61	
0.25	0.20	0.80	5.61	50.38	
0.24	0.19	0.79	5.60	48.27	
0.27	0.21	0.78	5.58	54.12	
0.27	0.21	0.78	5.58	54.12	
0.41	0.33	0.80	5.62	82.73	
0.46	0.34	0.74	5.53	91.35	
0.53	0.38	0.72	5.50	104.68	
0.46	0.34	0.74	5.53	91.35	
0.34	0.25	0.74	5.52	67.45	
Médias:	0.35	0.27	0.77	5.57	69.91

TABELA 26: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 26

Dados de metabolismo da amostra 26, medições foram realizadas no dia 08/06/2000, das 15:00 às 15:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:28 anos; Altura:1,53m; Peso: 59,00 kg; ASP: 1,560m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.31	0.26	0.84	5.66	67.51	
0.33	0.29	0.88	5.72	72.55	
0.29	0.24	0.83	5.65	62.98	
0.31	0.26	0.84	5.66	67.51	
0.31	0.26	0.84	5.66	67.51	
0.31	0.27	0.87	5.71	68.03	
0.32	0.28	0.88	5.71	70.29	
0.41	0.38	0.93	5.78	91.16	
0.43	0.35	0.81	5.63	93.08	
0.33	0.26	0.79	5.59	70.99	
Médias:	0.34	0.29	0.85	5.68	73.16

TABELA 27: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 27

Dados de metabolismo da amostra 27, medições foram realizadas no dia 08/06/2000, das 16:00 às 16:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:26 anos; Altura:1,65m; Peso: 51,00 kg; ASP: 1,540m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.27	0.22	0.81	5.63	59.22	
0.28	0.22	0.79	5.59	60.98	
0.22	0.18	0.82	5.63	48.29	
0.25	0.19	0.76	5.56	54.11	
0.27	0.21	0.78	5.58	58.69	
0.27	0.22	0.81	5.63	59.22	
0.18	0.15	0.83	5.65	39.66	
0.27	0.21	0.78	5.58	58.69	
0.25	0.22	0.88	5.72	55.69	
0.22	0.18	0.82	5.63	48.29	
Médias:	0.25	0.20	0.81	5.62	54.29

TABELA 28: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 28

Dados de metabolismo da amostra 28, medições foram realizadas no dia 10/06/2000, das 09:00 às 09:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:42 anos; Altura:1,58m; Peso: 57,00 kg; ASP: 1,570m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.28	0.19	0.68	5.45	58.27	
0.34	0.22	0.65	5.40	70.20	
0.36	0.26	0.72	5.50	75.73	
0.32	0.22	0.69	5.46	66.74	
0.33	0.22	0.67	5.43	68.47	
0.37	0.26	0.70	5.48	77.46	
0.50	0.33	0.66	5.42	103.57	
0.52	0.35	0.67	5.44	108.06	
0.45	0.32	0.71	5.49	94.40	
0.40	0.28	0.70	5.47	83.68	
Médias:	0.39	0.27	0.68	5.45	80.66

TABELA 29: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 29

Dados de metabolismo da amostra 29, medições foram realizadas no dia 10/06/2000, das 09:45 às 10:00 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:18 anos; Altura:1,76m; Peso: 62,00 kg; ASP: 1,760m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.23	0.20	0.87	5.70	44.72	
0.23	0.18	0.78	5.59	43.80	
0.29	0.25	0.86	5.69	56.29	
0.22	0.20	0.91	5.76	43.18	
0.24	0.19	0.79	5.60	45.80	
0.26	0.20	0.77	5.57	49.35	
0.36	0.29	0.81	5.62	68.94	
0.36	0.28	0.78	5.58	68.48	
0.34	0.26	0.76	5.56	64.47	
0.23	0.18	0.78	5.59	43.80	
Médias:	0.28	0.22	0.81	5.63	52.88

TABELA 30: Dados da medição da taxa metabólica da amostra 30

Dados de metabolismo da amostra 30, medições foram realizadas no dia 10/06/2000, das 11:00 às 11:15 h no LabEEE
 Sexo: Feminino; Idade:20 anos; Altura:1,57m; Peso: 54,00 kg; ASP: 1,530m²

VO2	VCO2	RQ	EE	Metabolismo ISO 8996/90	
0.24	0.21	0.88	5.71	53.75	
0.23	0.19	0.83	5.64	50.91	
0.28	0.23	0.82	5.64	61.91	
0.23	0.17	0.74	5.53	49.85	
0.26	0.20	0.77	5.57	56.77	
0.23	0.18	0.78	5.59	50.38	
0.26	0.20	0.77	5.57	56.77	
0.32	0.23	0.72	5.50	69.02	
0.33	0.23	0.70	5.47	70.79	
0.44	0.30	0.68	5.45	94.03	
Médias:	0.28	0.21	0.77	5.57	61.42

8.6 – Anexo F: Total da Amostragem do Trabalho

TABELA 1: 189 Medições, considerando a taxa metabólica constante

Medições	M (W/m ²)	Icl (clo)	Ta (°C)	Trm (°C)	Var (m/s)	UR (%)
1	70.00	0.44	26.46	26.60	0.18	63.39
2	70.00	0.39	26.53	27.18	0.18	65.27
3	70.00	0.41	26.83	26.96	0.12	56.54
4	70.00	0.37	27.35	27.52	0.11	60.43
5	70.00	0.37	26.59	27.19	0.28	59.96
6	70.00	0.40	26.84	27.66	0.19	60.31
7	70.00	0.68	24.35	24.72	0.08	56.75
8	70.00	0.65	25.24	25.06	0.09	53.49
9	70.00	0.68	23.36	24.24	0.11	74.75
10	70.00	0.71	24.26	24.77	0.10	58.68
11	70.00	0.49	24.80	24.90	0.11	52.07
12	70.00	0.65	22.84	22.63	0.08	58.62
13	70.00	0.86	21.55	21.62	0.06	66.85
14	70.00	0.76	22.59	22.64	0.08	60.31
15	70.00	0.80	22.27	22.25	0.07	56.87
16	70.00	0.64	21.85	22.18	0.17	53.92
17	70.00	0.64	23.82	23.80	0.36	73.16
18	70.00	0.45	22.53	24.62	0.29	79.79
19	70.00	0.96	20.86	20.79	0.08	72.21
20	70.00	0.82	20.21	20.38	0.08	78.31
21	70.00	1.00	19.77	20.16	0.09	74.13
22	70.00	1.07	19.39	19.54	0.06	75.02
23	70.00	0.95	18.65	18.87	0.07	71.74
24	70.00	0.71	20.03	20.13	0.12	73.02
25	70.00	0.83	20.97	22.32	0.11	76.96
26	70.00	0.64	23.32	23.97	0.14	69.50
27	70.00	0.54	23.84	24.19	0.17	69.07
28	70.00	0.75	22.60	22.91	0.10	72.87
29	70.00	0.50	22.70	23.60	0.22	73.46
30	70.00	0.68	21.91	23.31	0.08	46.51
31	70.00	0.71	21.63	22.70	0.09	56.49
32	70.00	0.78	20.62	21.79	0.06	51.56
33	70.00	0.68	20.18	21.59	0.10	42.95
34	70.00	0.67	22.61	23.17	0.09	68.97
35	70.00	0.50	25.72	26.03	0.10	74.47
36	70.00	0.83	20.25	20.93	0.07	64.31
37	70.00	0.72	22.02	22.67	0.10	67.86
38	70.00	0.55	25.24	25.53	0.06	73.64
39	70.00	0.48	26.59	26.80	0.08	75.83
40	70.00	0.85	19.79	20.60	0.09	63.33
41	70.00	0.83	20.22	20.96	0.08	64.28
42	70.00	0.81	17.58	17.76	0.06	82.40
43	70.00	0.78	20.78	21.38	0.07	83.78
44	70.00	0.65	23.34	23.40	0.08	77.60
45	70.00	0.68	23.03	23.26	0.06	82.07
46	70.00	0.62	24.17	24.10	0.08	83.13
47	70.00	0.61	24.25	24.09	0.07	81.83
48	70.00	0.54	24.90	25.16	0.07	75.52

49	70.00	0.51	25.30	26.05	0.14	77.17
50	70.00	0.37	27.67	27.75	0.23	67.51
51	70.00	0.34	27.73	28.60	0.16	71.95
52	70.00	0.39	27.27	27.83	0.10	74.34
53	70.00	0.38	28.26	28.28	0.14	74.19
54	70.00	0.37	26.90	27.09	0.12	75.76
55	70.00	0.45	26.34	26.78	0.07	70.50
56	70.00	0.67	21.99	22.89	0.17	67.49
57	70.00	0.60	21.75	22.53	0.26	70.42
58	70.00	0.41	28.47	28.20	0.14	59.53
59	70.00	0.40	27.09	26.87	0.06	57.00
60	70.00	0.37	27.56	26.98	0.11	68.44
61	70.00	0.54	24.51	25.93	0.11	68.76
62	70.00	0.38	27.53	27.75	0.06	63.15
63	70.00	0.36	27.94	28.07	0.06	59.64
64	70.00	0.33	28.38	28.41	0.07	65.98
65	70.00	0.33	28.09	29.01	0.18	64.46
66	70.00	0.46	25.08	25.96	0.15	55.39
67	70.00	0.46	24.65	25.83	0.15	55.68
68	70.00	0.46	24.55	25.50	0.18	55.51
69	70.00	0.46	25.15	25.47	0.15	54.41
70	70.00	0.46	23.96	25.03	0.16	59.00
71	70.00	0.46	23.92	24.69	0.19	57.21
72	70.00	0.46	23.54	24.83	0.17	58.87
73	70.00	0.46	24.46	24.94	0.16	57.13
74	70.00	0.50	22.02	23.03	0.21	69.06
75	70.00	0.50	22.75	23.06	0.18	65.64
76	70.00	0.50	22.97	23.43	0.19	63.95
77	70.00	0.50	22.90	23.35	0.14	62.75
78	81.50	0.52	23.73	24.57	0.18	61.66
79	81.50	0.52	23.39	24.61	0.21	62.68
80	81.50	0.52	23.32	24.46	0.20	63.12
81	81.50	0.52	23.39	24.42	0.23	62.12
82	70.00	0.79	22.25	24.13	0.19	63.91
83	70.00	0.79	22.02	23.38	0.15	64.22
84	70.00	0.79	22.48	23.41	0.15	64.91
85	70.00	0.79	22.44	23.60	0.22	64.00
86	70.00	0.54	20.50	22.55	0.10	61.17
87	70.00	0.54	20.66	22.08	0.10	59.83
88	70.00	0.54	20.92	22.06	0.08	58.97
89	70.00	0.54	20.77	22.59	0.10	59.41
90	72.30	0.64	23.51	23.98	0.16	51.35
91	72.30	0.63	23.99	24.46	0.15	50.73
92	72.30	0.63	23.22	24.04	0.15	51.00
93	72.30	0.62	22.82	23.71	0.16	48.93
94	72.30	0.60	22.76	23.65	0.17	48.96
95	72.30	0.60	22.82	23.63	0.19	49.53
96	72.30	0.60	22.61	23.38	0.16	50.18
97	72.30	0.60	22.50	23.25	0.15	51.43
98	68.65	0.68	21.91	22.88	0.13	53.50
99	68.65	0.67	21.93	22.89	0.13	53.95
100	68.65	0.68	21.99	22.95	0.12	53.35
101	68.65	0.69	22.10	23.01	0.14	52.68
102	68.65	0.68	22.27	23.22	0.15	52.46

103	68.65	0.69	22.48	23.13	0.07	52.70
104	68.65	0.67	22.50	23.35	0.14	52.86
105	68.65	0.68	22.52	23.43	0.12	53.36
106	72.30	0.78	20.44	20.70	0.18	64.56
107	72.30	0.78	20.83	21.24	0.14	63.73
108	72.30	0.83	20.86	21.51	0.16	63.76
109	72.30	0.83	21.21	21.99	0.11	62.76
110	72.30	0.80	21.00	21.47	0.14	64.45
111	72.30	0.78	21.09	21.59	0.16	65.29
112	72.30	0.82	20.77	21.19	0.21	67.01
113	72.30	0.82	20.81	21.12	0.17	67.19
114	73.95	0.55	21.89	22.74	0.24	61.18
115	73.95	0.55	22.08	22.92	0.27	61.36
116	73.95	0.55	22.39	23.19	0.30	60.68
117	73.95	0.59	22.46	23.07	0.23	61.32
118	73.95	0.64	22.83	23.37	0.21	62.15
119	73.95	0.61	22.39	23.34	0.19	64.25
120	73.95	0.61	22.12	22.96	0.30	65.27
121	73.95	0.64	22.21	22.82	0.30	64.68
122	73.95	0.61	22.10	22.18	0.16	65.40
123	73.95	0.61	22.15	22.49	0.16	65.19
124	73.95	0.65	21.99	22.40	0.20	65.75
125	73.95	0.65	22.33	22.69	0.16	63.76
126	73.95	0.66	22.31	22.64	0.18	63.38
127	73.95	0.68	22.29	22.59	0.19	63.87
128	73.95	0.66	22.39	22.57	0.19	64.14
129	73.95	0.63	22.29	22.46	0.09	64.97
130	75.00	0.48	25.06	25.98	0.25	62.79
131	75.00	0.48	24.76	25.39	0.14	62.74
132	75.00	0.48	24.57	25.31	0.18	61.30
133	75.00	0.47	24.34	25.30	0.26	63.48
134	75.00	0.45	25.63	25.74	0.14	69.36
135	75.00	0.45	23.92	24.95	0.17	66.07
136	75.00	0.46	23.73	24.89	0.22	66.20
137	75.00	0.46	23.39	24.74	0.22	66.44
138	75.00	0.46	23.54	24.55	0.19	67.91
139	75.00	0.46	23.51	24.78	0.28	68.39
140	75.00	0.46	23.47	24.42	0.17	68.36
141	75.00	0.46	23.51	24.36	0.15	67.60
142	73.40	0.44	23.61	24.55	0.13	70.58
143	73.40	0.44	23.78	24.66	0.11	70.24
144	73.40	0.44	23.78	24.69	0.12	68.63
145	73.40	0.44	23.76	24.72	0.11	68.11
146	73.40	0.44	23.66	24.62	0.12	67.81
147	73.40	0.44	23.72	24.68	0.12	68.56
148	73.40	0.44	23.83	25.03	0.19	69.00
149	73.40	0.44	23.97	25.06	0.14	68.66
150	70.00	0.45	23.57	24.64	0.14	65.66
151	70.00	0.45	23.65	24.63	0.16	65.04
152	70.00	0.45	23.76	24.78	0.16	64.61
153	70.00	0.44	23.53	24.60	0.15	65.19
154	70.00	0.45	23.89	24.91	0.16	66.55
155	70.00	0.45	23.86	24.82	0.15	66.66
156	70.00	0.45	23.78	24.71	0.16	66.32

157	70.00	0.45	23.77	24.74	0.14	66.54
158	70.00	0.41	23.35	24.38	0.12	70.51
159	70.00	0.40	23.57	24.42	0.14	70.17
160	70.00	0.39	23.74	24.63	0.15	70.07
161	70.00	0.40	23.89	24.96	0.15	69.25
162	70.00	0.40	24.05	24.78	0.12	69.66
163	70.00	0.41	24.30	25.18	0.13	69.10
164	70.00	0.41	24.23	25.00	0.12	68.30
165	70.00	0.43	24.16	25.07	0.11	69.24
166	70.00	0.40	23.39	24.26	0.13	69.96
167	70.00	0.40	23.54	24.17	0.13	68.89
168	70.00	0.40	23.67	24.60	0.21	67.10
169	70.00	0.41	23.80	24.67	0.16	66.58
170	70.00	0.40	24.33	25.02	0.18	66.46
171	70.00	0.40	24.55	25.27	0.18	65.82
172	70.00	0.41	24.62	25.30	0.17	65.47
173	70.00	0.38	24.53	25.27	0.18	66.08
174	70.00	0.44	24.47	25.96	0.16	70.06
175	70.00	0.44	24.88	26.06	0.19	63.68
176	70.00	0.44	25.19	26.56	0.20	61.53
177	70.00	0.44	25.54	27.01	0.20	59.79
178	70.00	0.43	25.76	27.46	0.23	57.61
179	70.00	0.43	25.29	26.67	0.20	58.69
180	70.00	0.43	24.68	25.95	0.17	60.81
181	70.00	0.43	25.09	26.73	0.23	59.67
182	70.00	0.46	24.15	25.41	0.17	80.85
183	70.00	0.46	23.95	24.75	0.16	75.86
184	70.00	0.47	24.00	24.71	0.11	74.93
185	70.00	0.51	23.96	24.70	0.12	75.89
186	70.00	0.45	24.20	25.06	0.12	74.92
187	70.00	0.45	24.01	24.77	0.14	73.66
188	70.00	0.45	23.74	24.57	0.15	73.54
189	70.00	0.45	23.61	24.58	0.19	73.75

TABELA 2: 90 Medições, onde foi determinada a taxa metabólica, por análise de regressão

Medições	M (W/m ²)	lcl (clo)	Ta (°C)	T _m (°C)	Var (m/s)	UR (%)	HA	Id	peso	altura
190	68.16	0.69	18.80	19.67	0.09	55.15	35	36	65.02	1.70
191	66.96	0.70	19.48	20.31	0.10	55.43	35	34	64.27	1.70
192	66.96	0.70	20.12	20.41	0.13	53.34	35	34	64.27	1.70
193	67.01	0.81	20.47	21.02	0.10	51.50	38	36	61.47	1.67
194	67.01	0.81	20.69	21.76	0.11	52.64	38	36	61.47	1.67
195	67.01	0.75	21.11	21.63	0.09	53.14	38	36	61.47	1.67
196	67.01	0.75	21.64	21.99	0.09	53.48	38	36	61.47	1.67
197	67.01	0.75	21.45	21.89	0.12	55.18	38	36	61.47	1.67
198	71.52	0.75	20.12	21.08	0.08	62.25	27	38	72.48	1.70
199	71.52	0.75	21.23	21.76	0.08	59.81	27	38	72.48	1.70
200	71.52	0.75	21.49	22.24	0.08	60.73	27	38	72.48	1.70
201	71.52	0.75	21.80	22.46	0.08	60.66	27	38	72.48	1.70
202	71.52	0.75	22.29	22.63	0.09	61.13	27	38	72.48	1.70
203	71.52	0.75	22.56	22.82	0.10	60.59	27	38	72.48	1.70
204	71.53	0.79	22.48	23.07	0.08	61.30	27	38	72.49	1.70
205	70.24	0.86	22.71	23.44	0.09	62.08	26	37	69.98	1.69
206	67.62	0.82	20.54	21.06	0.08	66.74	32	35	64.84	1.68
207	69.26	0.76	22.18	22.03	0.10	61.31	33	37	66.97	1.68
208	67.56	0.82	22.90	22.60	0.12	61.12	32	35	64.66	1.69
209	69.23	0.77	22.63	22.92	0.08	63.95	33	37	66.86	1.70
210	69.34	0.72	23.32	23.51	0.10	55.25	33	38	65.74	1.68
211	67.51	0.72	23.09	23.59	0.19	55.28	32	36	63.02	1.66
212	67.51	0.72	23.32	23.37	0.16	52.97	32	36	63.02	1.66
213	67.03	0.78	23.58	23.64	0.12	54.32	32	35	63.00	1.65
214	75.15	0.74	23.39	24.11	0.12	56.95	35	39	82.20	1.75
215	75.15	0.74	23.35	23.88	0.08	55.62	35	39	82.20	1.75
216	75.15	0.74	23.16	24.15	0.10	55.90	35	39	82.20	1.75
217	75.15	0.74	23.16	23.94	0.06	54.88	35	39	82.20	1.75
218	70.42	1.04	17.51	17.83	0.13	60.08	28	35	73.49	1.75
219	70.42	1.04	17.96	17.77	0.10	56.59	28	35	73.49	1.75
220	69.60	1.04	18.42	18.51	0.11	56.82	29	34	72.42	1.75
221	69.60	1.04	18.72	18.81	0.09	57.17	29	34	72.42	1.75
222	71.02	0.98	19.14	18.84	0.12	56.72	26	34	76.81	1.77
223	71.02	0.98	18.76	18.63	0.07	56.04	26	34	76.81	1.77
224	71.02	0.98	19.06	19.01	0.09	56.39	26	34	76.81	1.77
225	70.77	0.86	18.91	19.00	0.09	57.71	26	33	77.49	1.77
226	63.51	0.98	16.67	17.03	0.10	69.02	29	25	66.84	1.71
227	63.51	0.98	17.54	17.31	0.08	65.24	29	25	66.84	1.71
228	63.51	0.98	17.88	17.85	0.06	62.47	29	25	66.84	1.71
229	63.51	0.98	17.81	18.02	0.07	63.90	29	25	66.84	1.71
230	66.04	0.93	18.68	18.51	0.07	60.79	32	26	73.17	1.76
231	66.36	0.94	18.87	18.74	0.08	59.16	35	27	72.71	1.75
232	66.36	0.94	18.23	18.32	0.09	69.33	35	27	72.71	1.75
233	66.36	0.94	18.30	18.52	0.12	71.67	35	27	72.71	1.75
234	60.28	0.74	19.30	19.30	0.15	51.98	29	21	62.75	1.67
235	59.27	0.75	20.00	20.00	0.13	52.87	29	20	61.09	1.66
236	58.31	0.80	20.10	20.10	0.14	52.19	30	18	61.09	1.66
237	61.30	0.77	20.50	20.50	0.13	51.26	29	22	64.44	1.68
238	59.27	0.72	20.90	20.90	0.13	51.03	29	20	61.09	1.66
239	60.28	0.71	21.00	21.00	0.13	52.43	29	21	62.75	1.67
240	59.27	0.72	21.20	21.20	0.13	53.90	29	20	61.09	1.66
241	61.30	0.77	20.90	20.90	0.24	55.63	29	22	64.44	1.68

242	63.28	0.80	18.80	18.05	0.21	60.02	28	27	63.19	1.66
243	63.28	0.80	18.90	18.10	0.12	60.42	28	27	63.19	1.66
244	63.49	0.83	19.30	18.30	0.15	58.12	28	27	63.84	1.66
245	63.49	0.83	19.30	18.50	0.19	59.32	28	27	63.84	1.66
246	63.49	0.83	19.30	18.50	0.19	57.43	28	27	63.84	1.66
247	63.80	0.87	19.90	18.70	0.09	56.34	26	27	64.80	1.66
248	61.70	0.67	24.56	24.87	0.02	60.08	23	22	65.65	1.73
249	58.22	0.67	24.25	25.72	0.10	52.18	27	21	56.38	1.66
250	64.78	0.66	25.37	25.21	0.07	63.51	27	23	73.71	1.78
251	67.73	0.43	24.94	26.71	0.08	58.10	34	32	69.59	1.74
252	56.62	0.81	20.56	20.84	0.01	65.61	24	18	55.87	1.66
253	65.42	0.48	27.99	28.23	0.14	50.58	23	29	66.85	1.69
254	65.42	0.48	27.92	28.34	0.07	51.38	23	29	66.85	1.69
255	65.42	0.48	28.37	28.72	0.11	49.26	23	29	66.85	1.69
256	66.20	0.49	28.34	28.88	0.21	48.95	23	30	67.80	1.69
257	65.78	0.48	27.54	28.21	0.07	49.43	22	30	66.50	1.70
258	57.58	0.42	26.66	27.30	0.08	51.23	19	24	50.01	1.60
259	66.46	0.45	26.39	26.86	0.13	48.49	27	33	64.18	1.66
260	66.46	0.45	26.74	27.05	0.12	54.08	27	33	64.18	1.66
261	66.46	0.45	26.89	27.11	0.09	91.61	27	33	64.18	1.66
262	66.46	0.45	26.59	26.88	0.34	98.75	27	33	64.18	1.66
263	64.86	0.44	26.17	26.54	0.32	99.05	26	31	62.19	1.65
264	57.46	0.47	25.86	26.32	0.32	99.68	18	20	55.50	1.66
265	65.06	0.46	24.72	26.87	0.06	59.23	27	29	65.75	1.68
266	65.48	0.46	24.80	27.08	0.07	55.51	28	28	68.50	1.68
267	65.48	0.46	24.99	27.37	0.08	56.21	28	28	68.50	1.68
268	65.48	0.46	24.68	26.98	0.07	53.45	28	28	68.50	1.68
269	66.68	0.47	24.49	26.49	0.06	52.54	27	29	70.76	1.69
270	69.14	0.52	24.23	26.92	0.10	54.21	26	30	76.88	1.72
271	63.53	0.45	23.58	25.59	0.11	58.16	27	27	63.96	1.66
272	63.53	0.45	23.58	25.72	0.12	57.62	27	27	63.96	1.66
273	63.53	0.45	23.89	25.81	0.02	58.39	27	27	63.96	1.66
274	63.85	0.45	24.04	26.40	0.11	56.79	26	27	64.94	1.66
275	63.53	0.45	24.11	26.49	0.09	56.13	27	27	63.96	1.66
276	63.85	0.45	24.11	26.43	0.08	53.10	26	27	64.94	1.66
277	63.85	0.45	24.11	26.80	0.10	52.13	26	27	64.94	1.66
278	63.85	0.45	24.99	26.81	0.07	55.69	28	27	64.95	1.66
279	64.71	0.48	23.96	26.30	0.06	53.93	27	27	67.62	1.69

TABELA 3: Valores determinados para PMV e PPD pelo método de Fanger bem como Sensações, Preferências e Percentual de Insatisfeitos coletados

Medições	M	PMV (Fanger)	PPD (Fanger)	Sensações	Preferências	Insatisfeitos	Pessoas
1	70	0.32	8.27	0.45	0.59	28.60	29
2	70	0.32	7.83	1.08	0.83	54.20	24
3	70	0.47	10.12	0.50	0.46	32.10	29
4	70	0.64	13.87	1.06	0.75	53.10	16
5	70	0.06	5.90	0.64	0.36	32.10	15
6	70	0.42	9.39	0.61	0.57	34.80	23
7	70	0.28	8.43	-0.09	-0.13	20.30	32
8	70	0.38	9.39	0.03	0.03	12.90	32
9	70	0.12	7.81	-0.54	-0.29	30.40	28
10	70	0.29	8.30	-0.03	-0.25	23.40	32
11	70	-0.05	6.44	0.20	0.20	16.70	15
12	70	-0.26	8.44	0.05	0.10	12.50	21
13	70	-0.13	6.77	-0.41	-0.55	34.50	29
14	70	-0.08	7.27	0.09	-0.04	17.40	23
15	70	-0.12	7.25	-0.08	-0.08	16.70	24
16	70	-0.74	19.97	0.13	-0.06	18.80	16
17	70	-0.38	10.41	0.30	0.20	35.00	10
18	70	-0.95	25.49	-0.47	-0.42	29.00	21
19	70	-0.15	7.62	-0.52	-0.67	37.90	33
20	70	-0.46	10.23	-0.30	-0.13	22.70	24
21	70	-0.28	9.11	-0.27	-0.54	32.70	27
22	70	-0.32	12.17	-0.55	-0.41	26.20	22
23	70	-0.66	16.97	-1.38	-1.00	69.20	14
24	70	-0.85	22.98	-0.50	-0.60	25.00	10
25	70	-0.16	6.94	-0.46	-0.42	22.90	24
26	70	-0.12	7.98	0.31	0.00	22.40	30
27	70	-0.28	9.82	0.18	0.09	22.70	23
28	70	0.00	6.36	0.09	0.14	21.40	23
29	70	-0.75	18.80	0.50	0.21	25.00	14
30	70	-0.35	10.75	-0.57	-0.82	35.70	30
31	70	-0.34	9.52	-0.40	-0.35	25.00	20
32	70	-0.49	12.81	-0.73	-0.55	45.20	22
33	70	-0.83	22.77	-0.94	-0.75	46.90	16
34	70	-0.14	7.68	-0.04	-0.26	28.30	23
35	70	0.47	10.61	0.47	0.18	29.40	17
36	70	-0.47	11.78	-0.60	-0.84	38.00	25
37	70	-0.20	7.88	-0.14	-0.64	23.10	14
38	70	0.44	10.35	0.77	0.45	40.30	31
39	70	0.76	18.02	1.00	0.50	44.10	18
40	70	-0.55	13.83	-0.59	-0.55	38.60	22
41	70	-0.46	12.06	-0.56	-0.50	40.60	16
42	70	-1.14	33.73	-0.28	-0.47	28.60	15
43	70	-0.31	8.20	-0.38	-0.29	25.00	21
44	70	0.05	6.57	0.08	0.08	28.00	25
45	70	0.07	6.51	0.06	-0.17	19.40	18
46	70	0.25	7.81	0.19	0.05	23.80	21
47	70	0.24	7.47	0.17	-0.17	25.00	24
48	70	0.34	8.29	0.43	0.00	31.00	21
49	70	0.34	7.82	0.50	0.31	30.00	16
50	70	0.54	11.89	0.96	0.79	48.30	30
51	70	0.80	18.88	1.04	0.76	50.00	26

52	70	0.85	20.81	0.83	0.52	36.40	23
53	70	1.00	26.61	2.14	1.27	88.60	22
54	70	0.59	12.86	1.10	0.71	59.50	21
55	70	0.64	14.12	0.74	0.47	30.00	19
56	70	-0.50	14.68	-0.55	-0.60	32.50	21
57	70	-0.96	27.89	-0.06	-0.22	10.70	18
58	70	0.95	24.41	1.16	0.76	58.30	25
59	70	0.61	13.11	0.84	0.47	47.40	20
60	70	0.66	14.65	1.22	1.06	58.90	18
61	70	0.25	7.03	0.35	0.00	26.70	17
62	70	0.84	20.32	0.96	0.63	42.30	27
63	70	0.92	22.91	1.05	0.73	50.00	22
64	70	1.07	29.36	1.18	0.82	54.60	22
65	70	0.84	26.26	1.06	0.69	53.10	16
66	70	-0.02	6.24	1.73	2.18	77.27	11
67	70	-0.10	6.50	1.45	1.82	68.18	11
68	70	-0.26	8.02	0.91	1.36	50.00	11
69	70	-0.06	6.35	0.73	1.09	40.91	11
70	70	-0.34	7.66	0.80	0.80	40.00	5
71	70	-0.47	10.01	0.60	0.40	30.00	5
72	70	-0.46	9.74	0.20	0.40	20.00	5
73	70	-0.28	6.85	0.20	0.20	10.00	5
74	70	-0.95	24.32	-0.22	-0.11	44.44	9
75	70	-0.72	16.43	0.00	0.00	44.44	9
76	70	-0.67	14.90	-0.11	0.00	38.89	9
77	70	-0.57	12.20	-0.11	0.11	27.78	9
78	70	0.06	5.30	0.30	0.30	25.00	10
79	70	-0.05	5.32	0.30	0.10	15.00	10
80	70	-0.05	5.32	0.40	0.00	20.00	10
81	70	-0.10	5.49	0.20	0.30	15.00	10
82	70	-0.09	5.18	1.00	1.00	50.00	1
83	70	-0.13	5.34	1.00	1.00	50.00	1
84	70	-0.05	5.04	1.00	1.00	50.00	1
85	70	-0.18	5.64	1.00	1.00	50.00	1
86	70	-0.90	24.02	-1.14	-1.14	64.29	7
87	70	-0.94	25.52	-1.14	-0.86	64.29	7
88	70	-0.90	23.94	-1.14	-0.86	64.29	7
89	70	-0.86	22.36	-1.29	-1.00	85.71	7
90	70	-0.09	6.30	0.19	0.14	28.57	21
91	70	0.03	5.91	0.33	0.33	42.86	21
92	70	-0.14	6.42	0.33	0.19	42.86	21
93	70	-0.29	7.65	0.10	0.14	23.81	21
94	70	-0.35	8.29	0.19	0.10	33.33	21
95	70	-0.38	8.88	0.19	0.10	33.33	21
96	70	-0.39	8.95	-0.10	0.00	28.57	21
97	70	-0.38	8.82	-0.19	-0.19	23.81	21
98	70	-0.49	11.75	-0.19	-0.25	28.13	16
99	70	-0.49	11.36	-0.25	-0.44	34.38	16
100	70	-0.43	9.74	-0.20	-0.33	36.67	15
101	70	-0.45	10.18	-0.29	-0.57	39.29	14
102	70	-0.45	10.12	-0.07	-0.07	30.00	15
103	70	-0.24	7.03	0.00	0.00	30.77	13
104	70	-0.38	9.31	0.29	0.07	30.00	15
105	70	-0.32	8.38	0.08	-0.08	29.17	12

106	70	-0.67	15.52	-0.09	-0.27	22.73	11
107	70	-0.46	10.43	-0.18	-0.18	18.18	11
108	70	-0.39	8.92	-0.58	-0.58	37.50	12
109	70	-0.17	6.25	-0.18	-0.27	18.18	11
110	70	-0.37	8.86	0.09	-0.18	13.64	11
111	70	-0.44	11.13	0.11	-0.22	16.67	9
112	70	-0.51	11.54	-0.33	-0.50	16.67	6
113	70	-0.44	10.05	-0.33	-0.67	16.67	6
114	70	-0.79	18.46	0.33	0.00	33.33	3
115	70	-0.79	18.68	-0.67	0.33	50.00	3
116	70	-0.76	17.58	0.00	0.67	50.00	3
117	70	-0.53	10.83	0.50	0.50	25.00	2
118	70	-0.31	8.79	0.50	0.25	0.00	4
119	70	-0.41	10.27	0.00	0.40	30.00	5
120	70	-0.69	17.46	0.00	0.40	30.00	5
121	70	-0.61	15.27	0.25	0.00	37.50	4
122	70	-0.49	11.19	-0.29	-0.29	12.50	8
123	70	-0.44	10.15	-0.57	-0.71	14.29	7
124	70	-0.48	11.23	-0.43	-0.43	21.43	7
125	70	-0.31	8.10	-0.57	-0.57	28.57	7
126	70	-0.34	8.41	-0.50	-0.50	25.00	10
127	70	-0.33	8.34	-0.55	-0.45	27.27	11
128	70	-0.35	8.41	-0.45	-0.45	22.73	11
129	70	-0.20	6.58	-0.25	0.00	12.50	4
130	70	0.09	5.31	0.38	0.50	18.75	8
131	70	0.19	5.83	0.63	0.63	31.25	8
132	70	0.04	5.15	0.13	0.25	6.25	8
133	70	-0.17	5.72	0.00	0.00	0.00	7
134	70	0.36	7.94	0.86	0.14	42.86	7
135	70	-0.13	5.72	0.29	0.00	28.57	7
136	70	-0.30	7.26	-0.17	-0.17	25.00	6
137	70	-0.36	8.29	0.00	0.00	20.00	5
138	70	-0.29	7.09	0.17	0.17	8.33	6
139	70	-0.46	9.92	0.17	0.17	8.33	6
140	70	-0.25	6.66	-0.17	-0.17	25.00	6
141	70	-0.21	6.31	-0.50	-0.50	25.00	6
142	70	-0.22	6.30	0.29	0.19	19.05	21
143	70	-0.09	5.42	0.10	0.19	14.29	21
144	70	-0.12	5.55	0.25	0.25	22.50	20
145	70	-0.10	5.42	0.22	0.22	23.53	17
146	70	-0.16	5.75	0.58	0.53	39.47	19
147	70	-0.13	5.55	0.60	0.50	30.00	20
148	70	-0.27	6.89	0.45	0.40	22.50	20
149	70	-0.11	5.51	0.53	0.37	26.32	19
150	70	-0.37	8.44	0.20	0.07	23.33	15
151	70	-0.44	9.73	-0.13	0.00	23.33	15
152	70	-0.40	8.92	-0.20	-0.07	20.00	15
153	70	-0.46	10.14	-0.17	0.00	33.33	12
154	70	-0.32	7.81	0.58	0.33	43.33	15
155	70	-0.34	8.00	0.42	0.33	36.67	15
156	70	-0.38	8.59	0.25	0.40	43.33	15
157	70	-0.31	7.63	0.25	0.54	32.14	14
158	70	-0.44	9.82	-0.25	-0.13	25.00	8
159	70	-0.51	11.38	-0.29	0.00	28.57	8

160	70	-0.49	10.85	0.00	0.13	37.50	8
161	70	-0.41	9.57	0.00	0.00	33.33	6
162	70	-0.29	7.66	0.71	0.86	35.71	7
163	70	-0.22	6.81	0.57	0.57	21.43	7
164	70	-0.20	6.55	0.57	0.57	28.57	7
165	70	-0.12	5.71	0.76	0.93	37.50	4
166	70	-0.54	12.06	0.00	-0.20	20.00	5
167	70	-0.52	11.63	0.20	0.20	10.00	5
168	70	-0.72	17.19	0.20	0.20	10.00	5
169	70	-0.50	11.44	0.75	0.75	37.50	4
170	70	-0.45	10.30	0.60	0.60	30.00	5
171	70	-0.37	8.89	0.80	0.60	40.00	5
172	70	-0.27	7.50	0.50	0.50	25.00	4
173	70	-0.42	10.27	0.50	0.25	25.00	4
174	70	-0.06	5.72	0.69	0.54	42.31	13
175	70	-0.11	5.96	0.69	0.69	50.00	13
176	70	-0.01	5.67	0.77	0.85	50.00	13
177	70	0.11	5.90	1.18	1.18	59.09	11
178	70	0.14	6.03	1.45	1.36	68.18	11
179	70	-0.01	5.67	0.91	0.82	45.45	11
180	70	-0.13	6.07	0.36	0.36	31.82	11
181	70	-0.10	5.96	0.64	0.45	31.82	11
182	70	-0.12	5.90	0.29	0.21	35.71	14
183	70	-0.25	6.93	0.21	0.07	32.14	14
184	70	-0.07	5.55	0.31	0.15	42.31	13
185	70	-0.03	5.38	0.50	0.67	58.33	6
186	70	-0.10	6.06	0.58	0.33	45.83	12
187	70	-0.23	6.70	0.64	0.73	40.91	11
188	70	-0.34	8.10	0.20	0.60	50.00	10
189	70	-0.50	11.27	0.22	0.33	38.89	9
190	54.58	-0.80	18.63	-0.57	-1.00	50.00	7
191	52.45	-0.66	14.01	-1.00	-1.16	50.00	6
192	52.46	-0.65	13.90	-0.83	-0.83	50.00	6
193	51.89	-0.17	5.61	0.00	-1.00	0.00	5
194	51.89	-0.08	5.14	0.20	-0.60	20.00	5
195	51.89	-0.14	5.39	0.40	-0.20	30.00	5
196	51.89	-0.02	5.01	0.40	-0.40	33.33	5
197	51.89	-0.13	5.34	0.20	-0.80	40.00	5
198	57.64	-0.16	5.50	-0.86	-1.14	57.14	7
199	57.64	0.06	5.08	-0.14	-0.71	42.86	7
200	57.64	0.15	5.48	0.00	-0.43	35.71	7
201	57.64	0.22	5.97	0.14	-0.43	42.86	7
202	57.64	0.30	6.87	0.14	-0.43	28.57	7
203	57.64	0.33	7.28	0.43	-0.29	21.43	7
204	57.64	0.45	9.22	0.29	-0.29	14.29	7
205	53.36	0.61	12.71	0.00	-0.33	16.67	6
206	50.30	-0.08	5.12	-0.11	-0.22	16.67	9
207	54.11	0.15	5.44	0.20	-0.10	20.00	10
208	51.58	0.31	7.06	0.78	0.44	38.89	9
209	55.33	0.36	7.70	1.10	1.00	55.00	10
210	53.33	0.38	8.01	1.22	0.89	72.22	9
211	48.61	0.11	5.24	0.50	0.25	43.75	8
212	48.61	0.16	5.56	0.63	0.38	31.25	8
213	45.96	0.43	8.79	0.71	0.29	35.71	7

214	76.82	0.59	12.42	0.75	0.50	25.00	4
215	76.82	0.63	13.42	0.75	0.75	37.50	4
216	76.82	0.62	13.03	0.25	0.50	12.50	4
217	76.82	0.62	12.96	-0.25	0.25	12.50	4
218	61.12	-0.31	7.06	-1.22	-1.22	83.33	9
219	61.12	-0.20	5.87	-1.33	-1.78	66.67	9
220	59.81	-0.14	5.42	-0.90	-0.90	50.00	10
221	59.81	-0.05	5.05	-0.80	-0.80	45.00	10
222	63.86	-0.12	5.32	-0.88	-0.88	50.00	8
223	63.86	-0.13	5.33	-0.88	-0.88	75.00	8
224	63.86	-0.06	5.07	-0.75	-0.75	50.00	8
225	64.33	-0.32	7.15	-0.50	-0.67	41.67	6
226	45.69	-0.82	19.14	-1.86	-1.86	78.57	7
227	45.69	-0.68	14.82	-2.14	-2.14	85.71	7
228	45.69	-0.59	12.28	-1.86	-2.14	85.71	7
229	45.69	-0.58	12.01	-1.86	-2.00	85.71	7
230	58.08	-0.42	8.77	-1.20	-1.60	80.00	5
231	59.04	-0.35	7.49	-1.50	-1.75	87.50	4
232	59.04	-0.45	9.23	-1.25	-1.50	75.00	4
233	59.04	-0.48	9.73	-1.50	-2.00	87.50	4
234	35.71	-1.22	36.46	-1.57	-1.43	85.71	7
235	32.62	-0.98	25.39	-1.13	-0.75	56.25	8
236	32.23	-0.90	22.00	-0.88	-0.88	37.50	8
237	38.46	-0.68	14.59	-0.83	-0.33	50.00	6
238	32.62	-0.81	18.91	0.25	0.00	37.50	8
239	35.71	-0.75	16.94	0.71	0.14	35.71	7
240	32.62	-0.72	15.77	0.00	-0.25	25.00	8
241	38.46	-0.82	19.03	-0.33	0.00	33.33	6
242	38.21	-1.23	36.56	-0.83	-0.83	50.00	6
243	38.21	-0.96	24.52	-0.67	-0.67	58.33	6
244	39.51	-0.88	21.51	-0.20	-0.80	40.00	5
245	39.51	-0.95	24.26	-0.20	-0.40	30.00	5
246	39.51	-0.96	24.41	0.00	-0.20	40.00	5
247	38.68	-0.49	10.01	-0.50	-0.50	25.00	4
248	39.78	0.48	9.77	1.00	1.00	78.57	4
249	28.04	0.40	8.40	0.67	1.00	89.29	3
250	54.49	0.72	16.04	1.03	1.00	96.43	33
251	58.60	0.48	9.75	0.80	0.90	92.31	10
252	23.24	-0.66	14.04	-0.80	-0.90	95.45	10
253	42.56	1.12	31.59	1.93	1.79	100.00	14
254	42.56	1.29	39.78	2.00	1.86	72.22	14
255	42.56	1.33	41.91	2.36	1.93	72.22	14
256	44.44	1.22	36.12	2.23	2.08	77.78	11
257	43.15	1.20	35.48	2.18	2.45	77.78	11
258	14.03	0.53	10.95	2.00	2.00	68.75	1
259	43.43	0.59	12.24	1.33	1.44	25.00	9
260	43.43	0.73	16.06	1.44	1.44	60.53	9
261	43.43	0.98	25.26	1.67	1.78	72.22	9
262	43.43	0.43	8.91	1.67	1.78	72.22	9
263	38.37	0.22	5.98	1.38	1.50	58.33	8
264	20.17	-0.14	5.43	0.50	0.50	65.63	2
265	43.60	0.46	9.47	0.68	1.00	75.00	19
266	45.82	0.52	10.56	0.78	1.17	27.08	18
267	45.82	0.60	12.64	0.56	1.17	33.33	18

268	45.82	0.47	9.62	0.50	1.22	50.00	18
269	48.42	0.41	8.47	0.56	1.31	47.83	16
270	56.07	0.61	12.71	0.83	1.67	50.00	6
271	38.05	-0.10	5.21	0.00	0.29	52.17	24
272	38.05	-0.12	5.32	0.04	0.38	60.87	24
273	38.05	0.04	5.03	0.17	0.38	50.00	24
274	38.87	0.13	5.37	0.35	0.70	75.00	23
275	38.05	0.20	5.81	0.13	0.71	50.00	24
276	38.87	0.19	5.74	0.22	0.65	50.00	23
277	38.87	0.25	6.32	0.26	0.78	25.76	23
278	40.22	0.43	8.81	0.26	0.95	40.00	19
279	44.69	0.25	6.29	1.25	1.25	45.00	4

8.7 – Anexo G: Equipamentos de medições de variáveis ambientais e metabolismo.

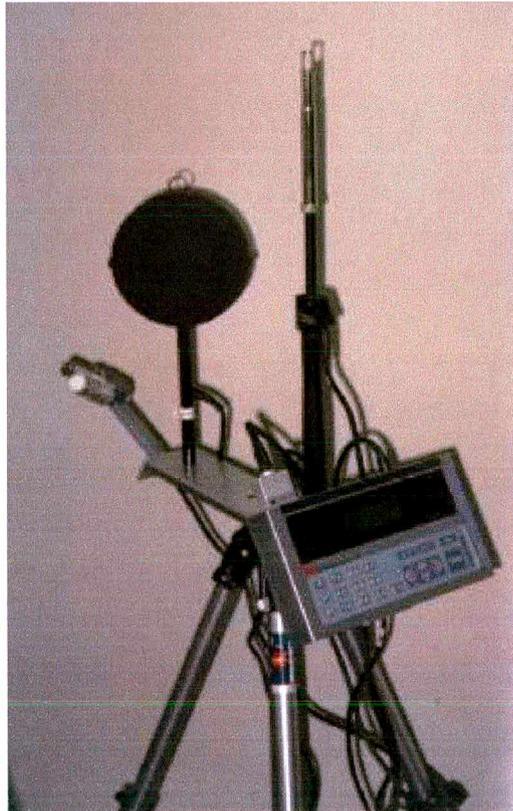


FIGURA G.1: Estação Microclimática BABUC-A

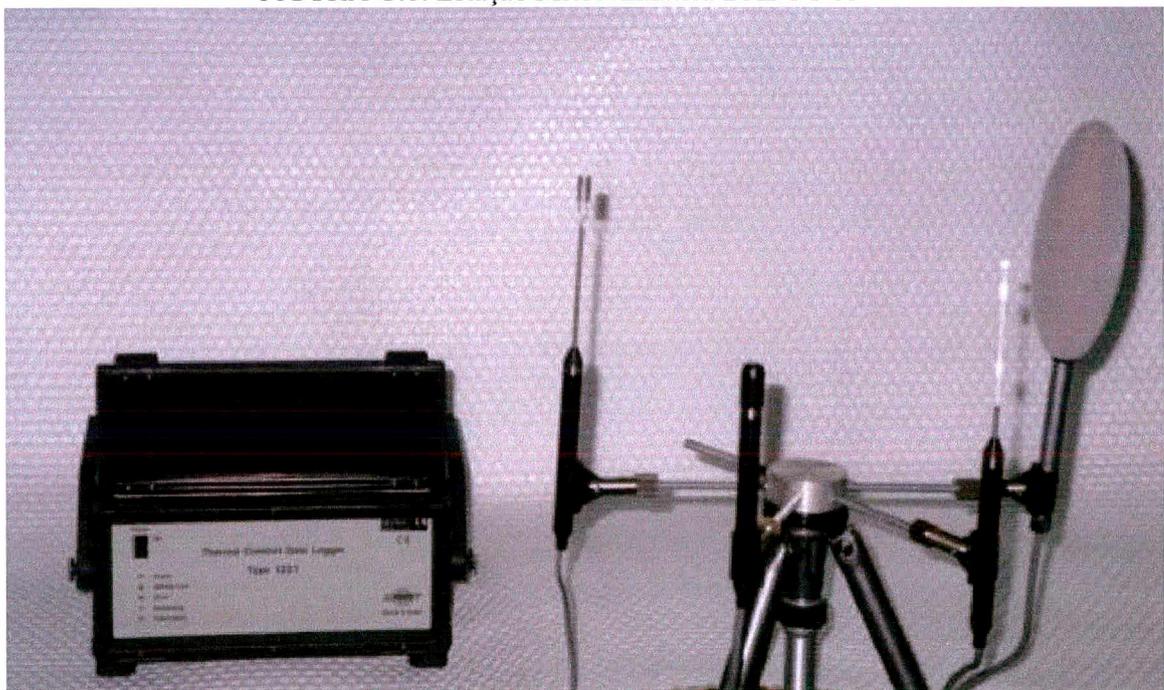


FIGURA G.2: Equipamento THERMAL COMFORT DATA LOGGER – TYPE 1221

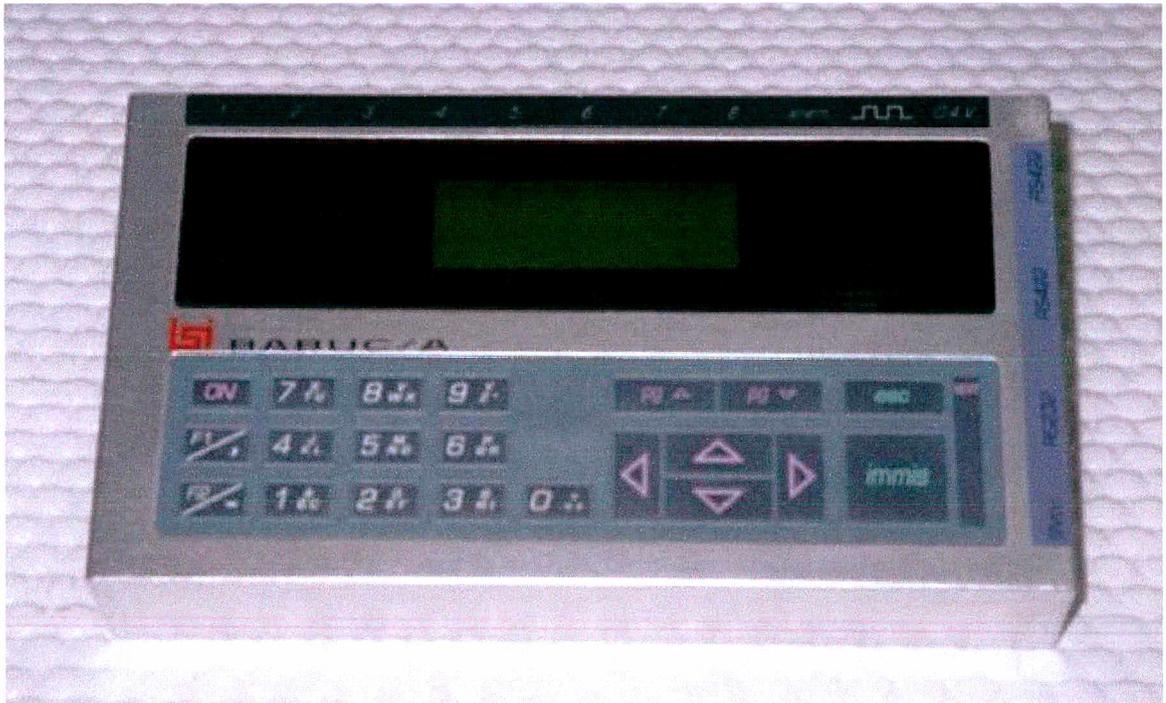


FIGURA G.3: Dispositivo registrador de dados do equipamento BABUC-A

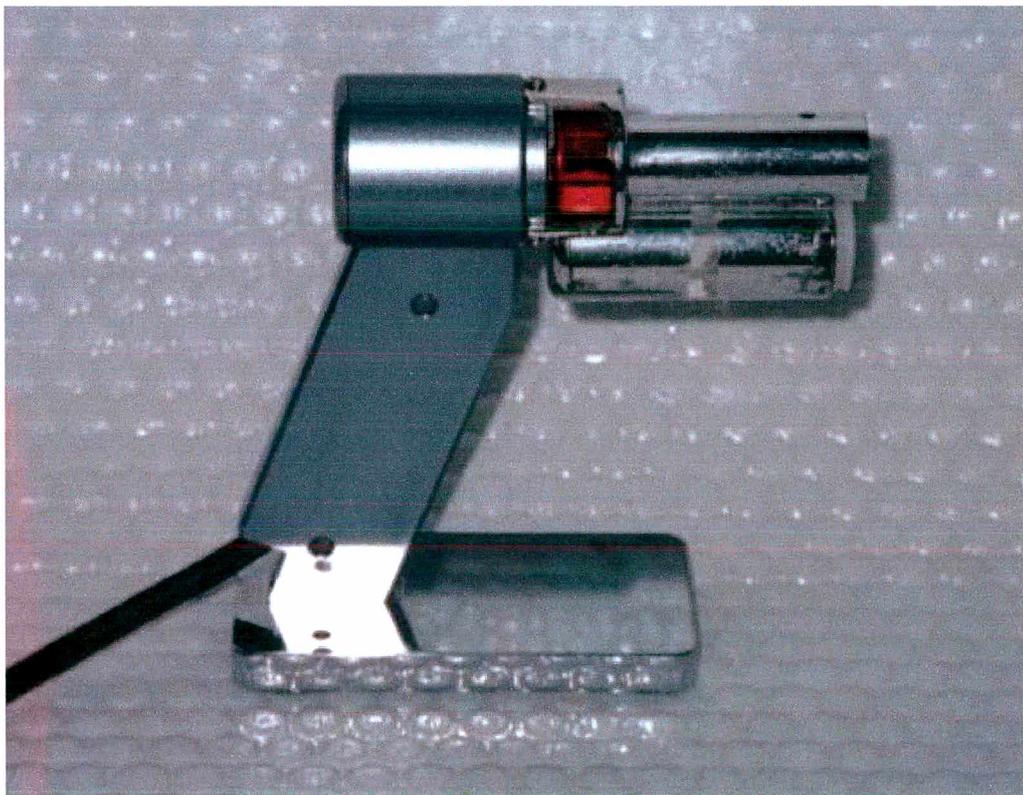


FIGURA G.4: Psicrômetro de aspiração forçada BABUC-A



FIGURA G.5: Termômetro de globo BABUC-A



FIGURA G.6: Anemômetro de fio quente BABUC-A

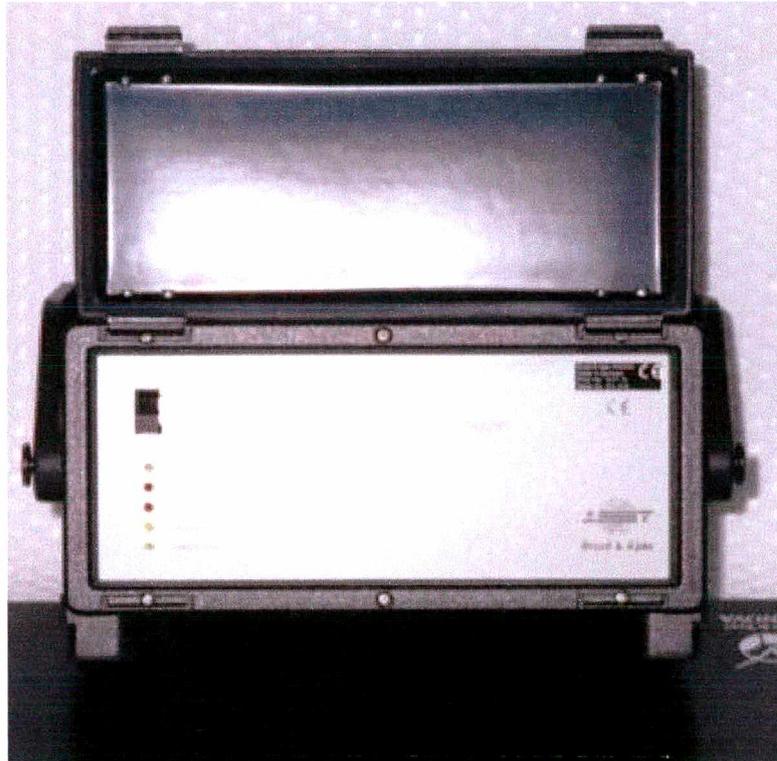


FIGURA G.7: Dispositivo registrador de dados do equipamento TYPE 1221

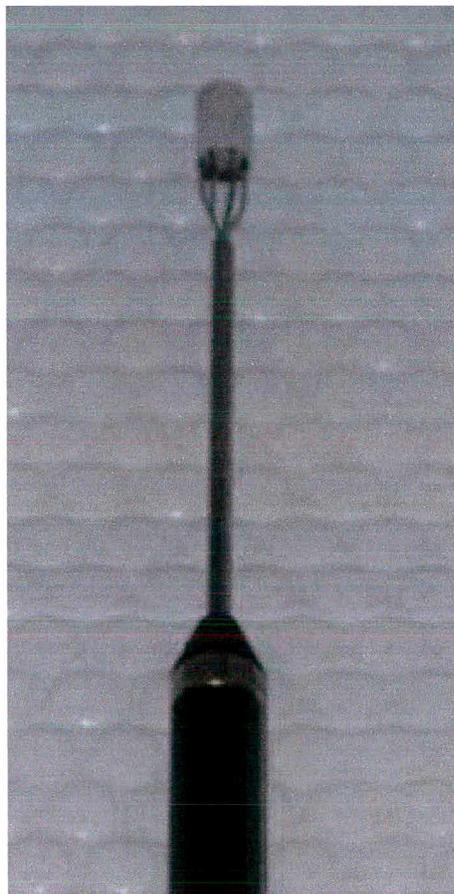


FIGURA G.8: Transdutor para medição de temperatura do ar, do equipamento TYPE 1221



FIGURA G.9: Transdutor para medição de temperatura operativa, equipamento TYPE 1221

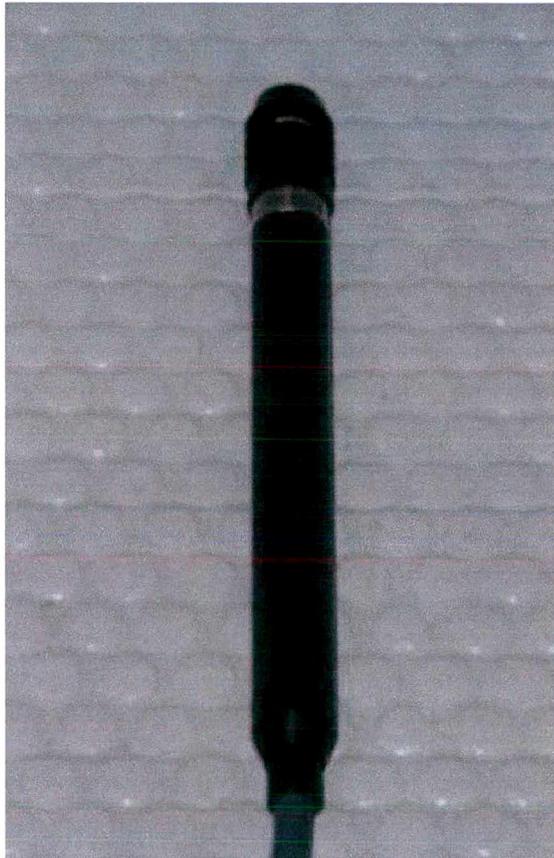


FIGURA G.10: Psicrômetro a espelho do equipamento TYPE 1221



FIGURA G.11: Anemômetro a esfera aquecida do equipamento TYPE 1221.

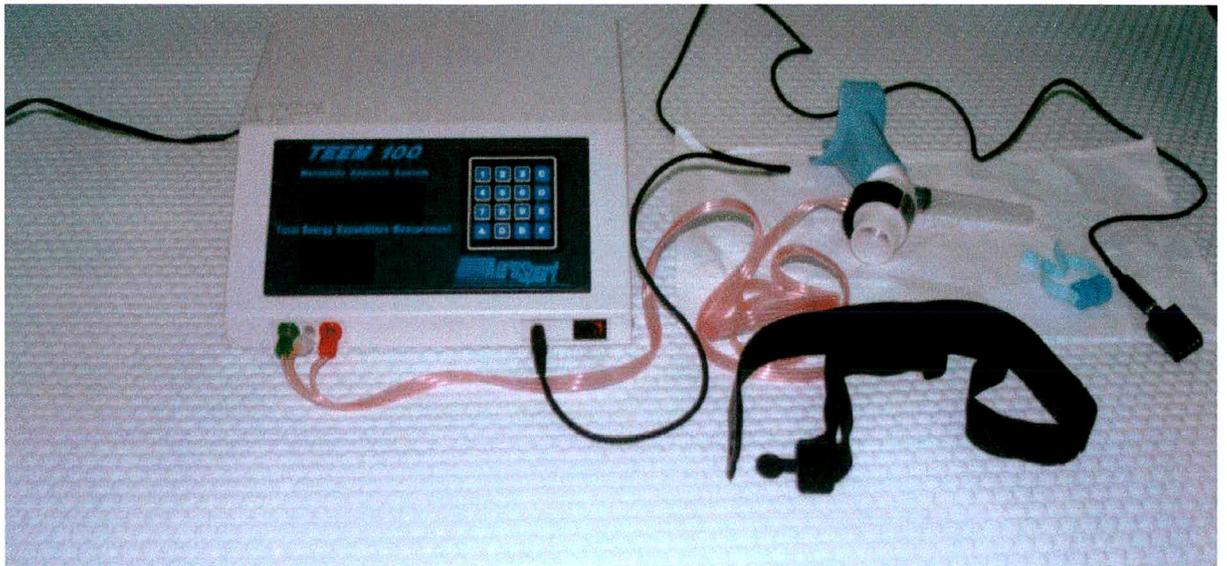


FIGURA G.12: Equipamento TEEM 100 utilizado nas medições de consumo de oxigênio



FIGURA G.13: Detalhes do equipamento de medição de V_{O_2}

8.8 – Anexo H: Dados utilizados na Análise Causal

Medição	M (W/m ²)	Eres (W/m ²)	Cres (W/m ²)	Eesk (W/m ²)	Edsk (W/m ²)	C (W/m ²)	R (W/m ²)	Sensação
1	70	4.48	0.74	4.98	9.37	24.13	19.78	0.45
2	70	4.40	0.73	4.98	7.49	25.39	21.45	1.08
3	70	4.72	0.70	4.98	8.30	19.94	23.30	0.50
4	70	4.47	0.65	4.98	7.69	18.38	22.40	1.06
5	70	4.61	0.73	4.98	8.02	30.37	20.69	0.64
6	70	4.56	0.70	4.98	7.89	24.82	19.41	0.61
7	70	5.03	0.95	4.98	9.10	19.88	25.06	-0.09
8	70	5.05	0.86	4.98	9.13	18.09	25.29	0.03
9	70	4.53	1.04	4.98	7.84	24.67	24.77	-0.54
10	70	4.98	0.95	4.98	8.95	20.99	23.77	-0.03
11	70	5.15	0.90	4.98	9.40	23.45	28.04	0.20
12	70	5.15	1.09	4.98	9.39	23.58	31.24	0.05
13	70	5.04	1.22	4.98	9.12	23.36	28.93	-0.41
14	70	5.13	1.12	4.98	9.33	22.53	28.71	0.09
15	70	5.27	1.15	4.98	9.70	22.54	28.90	-0.08
16	70	5.41	1.19	4.98	10.05	33.32	29.36	0.13
17	70	4.52	1.00	4.98	7.80	35.43	23.26	0.30
18	70	4.49	1.12	4.98	7.74	46.53	23.47	-0.47
19	70	4.97	1.29	4.98	8.94	23.12	29.00	-0.52
20	70	4.88	1.35	4.98	8.71	27.37	31.77	-0.30
21	70	5.06	1.39	4.98	9.15	25.52	28.62	-0.27
22	70	5.08	1.43	4.98	9.21	24.88	28.92	-0.55
23	70	5.26	1.50	4.98	9.65	28.62	31.81	-1.38
24	70	5.05	1.37	4.98	9.15	31.99	33.92	-0.50
25	70	4.81	1.28	4.98	8.54	28.24	25.48	-0.46
26	70	4.72	1.05	4.98	8.31	27.55	25.63	0.31
27	70	4.66	1.00	4.98	8.15	29.91	27.00	0.18
28	70	4.71	1.12	4.98	8.28	23.81	27.60	0.09
29	70	4.68	1.11	4.98	8.20	38.56	27.68	0.50
30	70	5.64	1.18	4.98	10.62	27.39	26.75	-0.57
31	70	5.36	1.21	4.98	9.91	27.13	27.96	-0.40
32	70	5.60	1.31	4.98	10.53	28.48	28.29	-0.73
33	70	5.89	1.35	4.98	11.25	32.02	30.43	-0.94
34	70	4.84	1.12	4.98	8.60	24.72	28.51	-0.04
35	70	4.16	0.81	4.98	6.89	20.28	24.63	0.47
36	70	5.27	1.35	4.98	9.70	27.78	29.75	-0.60
37	70	4.95	1.17	4.98	8.89	25.89	28.28	-0.14
38	70	4.27	0.86	4.98	7.18	19.51	25.47	0.77
39	70	3.95	0.73	4.98	6.36	16.78	23.28	1.00
40	70	5.35	1.39	4.98	9.90	28.68	29.76	-0.59
41	70	5.28	1.35	4.98	9.71	27.93	29.59	-0.56
42	70	5.12	1.61	4.98	9.31	34.13	36.50	-0.28
43	70	4.64	1.30	4.98	8.10	27.33	29.99	-0.38
44	70	4.44	1.04	4.98	7.60	22.59	29.11	0.08
45	70	4.34	1.08	4.98	7.34	23.05	28.60	0.06
46	70	4.10	0.96	4.98	6.75	20.80	28.24	0.19
47	70	4.14	0.96	4.98	6.83	20.66	28.58	0.17
48	70	4.26	0.89	4.98	7.14	20.59	26.69	0.43
49	70	4.13	0.85	4.98	6.81	24.65	22.88	0.50
50	70	4.11	0.62	4.98	6.77	23.46	20.17	0.96
51	70	3.90	0.61	4.98	6.24	21.28	17.90	1.04

52	70	3.88	0.66	4.98	6.20	17.90	20.83	0.83
53	70	3.70	0.56	4.98	5.73	17.17	19.39	2.14
54	70	3.89	0.70	4.98	6.22	20.41	23.63	1.10
55	70	4.21	0.75	4.98	7.02	18.15	23.59	0.74
56	70	4.97	1.18	4.98	8.93	32.96	26.26	-0.55
57	70	4.91	1.20	4.98	8.78	40.90	26.87	-0.06
58	70	4.34	0.54	4.98	7.35	15.85	19.47	1.16
59	70	4.66	0.68	4.98	8.16	16.14	24.93	0.84
60	70	4.09	0.63	4.98	6.71	17.22	24.89	1.22
61	70	4.57	0.93	4.98	7.93	24.61	22.54	0.35
62	70	4.33	0.63	4.98	7.31	15.48	22.00	0.96
63	70	4.42	0.59	4.98	7.54	14.46	21.36	1.05
64	70	4.06	0.55	4.98	6.63	13.45	20.76	1.18
65	70	4.18	0.58	4.98	6.93	21.25	16.39	1.06
66	70	4.99	0.87	4.98	9.00	27.04	23.83	1.73
67	70	5.04	0.92	4.98	9.10	28.64	23.84	1.45
68	70	5.06	0.93	4.98	9.15	30.83	24.43	0.91
69	70	5.02	0.87	4.98	9.07	26.27	25.90	0.73
70	70	5.00	0.98	4.98	9.02	31.42	26.01	0.80
71	70	5.07	0.99	4.98	9.19	33.39	26.68	0.60
72	70	5.06	1.03	4.98	9.16	33.74	26.06	0.20
73	70	5.01	0.93	4.98	9.03	29.26	26.98	0.20
74	70	4.91	1.17	4.98	8.80	40.32	29.14	-0.22
75	70	4.93	1.10	4.98	8.83	34.97	30.70	0.00
76	70	4.96	1.08	4.98	8.90	35.14	29.35	-0.11
77	70	5.01	1.09	4.98	9.03	31.45	30.79	-0.11
78	81.5	5.75	1.17	9.81	8.33	30.97	24.67	0.30
79	81.5	5.76	1.21	9.81	8.35	34.38	23.42	0.30
80	81.5	5.75	1.22	9.81	8.34	33.90	24.12	0.40
81	81.5	5.78	1.21	9.81	8.40	35.31	23.80	0.20
82	70	5.05	1.15	4.98	9.14	32.49	19.12	1.00
83	70	5.07	1.17	4.98	9.18	29.76	22.63	1.00
84	70	4.99	1.13	4.98	8.98	28.07	23.25	1.00
85	70	5.02	1.13	4.98	9.07	32.51	20.78	1.00
86	70	5.34	1.32	4.98	9.86	35.35	30.87	-1.14
87	70	5.36	1.31	4.98	9.91	34.16	32.85	-1.14
88	70	5.36	1.28	4.98	9.91	33.07	33.28	-1.14
89	70	5.36	1.30	4.98	9.92	34.27	31.09	-1.29
90	72.3	5.50	1.06	5.94	9.72	28.04	25.18	0.19
91	72.3	5.47	1.01	5.94	9.65	26.28	24.49	0.33
92	72.3	5.54	1.09	5.94	9.83	28.76	24.99	0.33
93	72.3	5.66	1.13	5.94	10.11	30.85	25.62	0.10
94	72.3	5.66	1.14	5.94	10.12	32.16	25.96	0.19
95	72.3	5.64	1.13	5.94	10.06	33.22	25.65	0.19
96	72.3	5.64	1.15	5.94	10.06	31.73	27.03	-0.10
97	72.3	5.60	1.16	5.94	9.98	31.26	27.63	-0.19
98	68.65	5.32	1.16	4.41	10.13	30.04	27.24	-0.19
99	68.65	5.30	1.16	4.41	10.09	30.17	27.46	-0.25
100	68.65	5.31	1.15	4.41	10.12	28.95	27.44	-0.20
101	68.65	5.32	1.14	4.41	10.15	30.13	26.50	-0.29
102	68.65	5.31	1.13	4.41	10.12	30.71	25.89	-0.07
103	68.65	5.28	1.11	4.41	10.05	24.89	28.17	0.00
104	68.65	5.28	1.11	4.41	10.03	29.43	26.25	0.29
105	68.65	5.26	1.10	4.41	9.98	27.63	26.41	0.08
106	72.3	5.42	1.37	5.94	9.52	34.33	28.87	-0.09

107	72.3	5.40	1.33	5.94	9.47	30.67	28.79	-0.18
108	72.3	5.39	1.33	5.94	9.46	31.43	26.27	-0.58
109	72.3	5.38	1.29	5.94	9.44	26.90	26.83	-0.18
110	72.3	5.35	1.32	5.94	9.37	29.97	27.84	0.09
111	72.3	5.32	1.31	5.94	9.28	31.63	27.35	0.11
112	72.3	5.30	1.34	5.94	9.25	34.60	26.13	-0.33
113	72.3	5.29	1.34	5.94	9.22	31.94	27.47	-0.33
114	73.95	5.47	1.25	6.64	9.28	40.59	27.71	0.33
115	73.95	5.44	1.23	6.64	9.21	41.63	26.74	-0.67
116	73.95	5.43	1.20	6.64	9.18	42.00	25.70	0.00
117	73.95	5.40	1.19	6.64	9.10	36.60	26.51	0.50
118	73.95	5.32	1.16	6.64	8.92	32.94	25.21	0.50
119	73.95	5.30	1.20	6.64	8.88	34.31	25.75	0.00
120	73.95	5.31	1.23	6.64	8.89	41.04	24.62	0.00
121	73.95	5.31	1.22	6.64	8.91	39.46	24.62	0.25
122	73.95	5.30	1.23	6.64	8.88	32.00	30.41	-0.29
123	73.95	5.30	1.23	6.64	8.88	32.17	29.34	-0.57
124	73.95	5.31	1.24	6.64	8.89	34.45	27.51	-0.43
125	73.95	5.33	1.21	6.64	8.94	30.80	27.93	-0.57
126	73.95	5.34	1.21	6.64	8.98	31.93	27.36	-0.50
127	73.95	5.33	1.21	6.64	8.95	32.11	26.84	-0.55
128	73.95	5.31	1.20	6.64	8.89	32.13	27.51	-0.45
129	73.95	5.29	1.21	6.64	8.86	25.61	31.20	-0.25
130	75	5.05	0.94	7.08	8.07	31.99	21.10	0.38
131	75	5.10	0.97	7.08	8.18	26.24	25.08	0.63
132	75	5.18	0.99	7.08	8.38	29.66	24.32	0.13
133	75	5.13	1.01	7.08	8.26	35.43	22.91	0.00
134	75	4.69	0.88	7.08	7.21	23.73	25.34	0.86
135	75	5.10	1.06	7.08	8.17	32.05	25.87	0.29
136	75	5.12	1.08	7.08	8.22	35.93	24.62	-0.17
137	75	5.16	1.11	7.08	8.32	37.35	24.76	0.00
138	75	5.08	1.10	7.08	8.14	34.46	26.31	0.17
139	75	5.07	1.10	7.08	8.11	40.27	23.75	0.17
140	75	5.08	1.11	7.08	8.12	33.18	27.17	-0.17
141	75	5.10	1.10	7.08	8.18	31.38	27.92	-0.50
142	73.4	4.87	1.07	6.41	7.95	29.98	28.46	0.29
143	73.4	4.85	1.05	6.41	7.92	27.50	28.76	0.10
144	73.4	4.91	1.05	6.41	8.06	28.52	28.36	0.25
145	73.4	4.93	1.05	6.41	8.11	27.63	28.50	0.22
146	73.4	4.96	1.06	6.41	8.18	28.90	28.50	0.58
147	73.4	4.92	1.06	6.41	8.09	28.74	28.33	0.60
148	73.4	4.89	1.05	6.41	8.01	34.34	25.42	0.45
149	73.4	4.88	1.03	6.41	7.99	29.94	26.57	0.53
150	70	4.82	1.02	4.98	8.55	31.18	27.84	0.20
151	70	4.83	1.01	4.98	8.58	32.53	27.49	-0.13
152	70	4.83	1.00	4.98	8.58	32.22	27.02	-0.20
153	70	4.84	1.03	4.98	8.61	32.40	27.97	-0.17
154	70	4.74	0.99	4.98	8.36	31.82	26.66	0.58
155	70	4.74	0.99	4.98	8.36	31.05	27.22	0.42
156	70	4.77	1.00	4.98	8.42	32.07	27.33	0.25
157	70	4.76	1.00	4.98	8.41	30.49	27.68	0.25
158	70	4.68	1.04	4.98	8.21	30.74	30.26	-0.25
159	70	4.66	1.02	4.98	8.16	32.13	30.08	-0.29
160	70	4.64	1.01	4.98	8.10	32.77	29.46	0.00
161	70	4.65	0.99	4.98	8.12	32.21	28.01	0.00

162	70	4.61	0.98	4.98	8.02	28.67	29.64	0.71
163	70	4.59	0.95	4.98	7.98	28.79	27.77	0.57
164	70	4.63	0.96	4.98	8.08	27.98	28.68	0.57
165	70	4.61	0.96	4.98	8.02	26.93	28.09	0.76
166	70	4.69	1.04	4.98	8.24	31.73	30.78	0.00
167	70	4.71	1.03	4.98	8.28	31.08	31.29	0.20
168	70	4.75	1.01	4.98	8.39	37.46	27.99	0.20
169	70	4.75	1.00	4.98	8.39	32.91	28.58	0.75
170	70	4.68	0.95	4.98	8.21	32.76	27.64	0.60
171	70	4.67	0.93	4.98	8.19	32.04	26.87	0.80
172	70	4.68	0.92	4.98	8.20	30.81	26.76	0.50
173	70	4.67	0.93	4.98	8.17	32.64	27.39	0.50
174	70	4.53	0.93	4.98	7.83	30.66	23.34	0.69
175	70	4.71	0.89	4.98	8.27	31.08	22.84	0.69
176	70	4.75	0.86	4.98	8.37	30.83	20.98	0.77
177	70	4.76	0.83	4.98	8.42	29.73	19.55	1.18
178	70	4.82	0.81	4.98	8.56	31.05	17.68	1.45
179	70	4.84	0.85	4.98	8.61	30.72	20.88	0.91
180	70	4.84	0.91	4.98	8.61	30.72	23.67	0.36
181	70	4.83	0.87	4.98	8.58	33.43	19.88	0.64
182	70	4.19	0.97	4.98	6.97	31.76	24.49	0.29
183	70	4.40	0.98	4.98	7.50	31.18	27.12	0.21
184	70	4.43	0.98	4.98	7.57	26.46	28.37	0.31
185	70	4.40	0.98	4.98	7.50	26.80	27.13	0.50
186	70	4.40	0.96	4.98	7.49	27.36	27.40	0.58
187	70	4.47	0.98	4.98	7.68	29.58	27.83	0.64
188	70	4.52	1.01	4.98	7.79	31.29	28.07	0.20
189	70	4.53	1.02	4.98	7.83	34.90	26.98	0.22
190	68.16	5.52	1.45	4.20	10.78	34.98	34.99	-0.57
191	66.96	5.36	1.36	3.70	10.66	32.92	33.65	-1.00
192	66.96	5.36	1.30	3.70	10.66	33.37	33.17	-0.83
193	67.01	5.38	1.27	3.72	10.71	27.83	30.29	0.00
194	67.01	5.33	1.25	3.72	10.57	28.98	27.63	0.20
195	67.01	5.28	1.21	3.72	10.43	27.18	30.42	0.40
196	67.01	5.22	1.16	3.72	10.28	25.63	29.97	0.40
197	67.01	5.18	1.18	3.72	10.19	28.47	29.11	0.20
198	71.52	5.46	1.39	5.62	9.82	29.96	30.51	-0.86
199	71.52	5.41	1.28	5.62	9.69	26.59	29.84	-0.14
200	71.52	5.35	1.25	5.62	9.55	26.22	28.52	0.00
201	71.52	5.32	1.22	5.62	9.46	25.33	28.21	0.14
202	71.52	5.25	1.17	5.62	9.28	23.71	28.36	0.14
203	71.52	5.23	1.15	5.62	9.24	23.75	27.76	0.43
204	71.53	5.22	1.15	5.62	9.21	22.91	26.36	0.29
205	70.24	5.07	1.11	5.08	9.13	21.71	24.30	0.00
206	67.62	5.00	1.27	3.98	9.55	27.20	30.11	-0.11
207	69.26	5.09	1.15	4.67	9.40	24.08	30.00	0.20
208	67.56	4.88	1.05	3.95	9.27	23.13	27.35	0.78
209	69.23	4.95	1.10	4.65	9.05	22.63	27.64	1.10
210	69.34	5.16	1.04	4.70	9.57	22.59	27.03	1.22
211	67.51	5.05	1.03	3.93	9.72	29.77	24.06	0.50
212	67.51	5.10	1.01	3.93	9.85	26.83	25.94	0.63
213	67.03	4.99	0.98	3.73	9.68	22.68	25.36	0.71
214	75.15	5.52	1.12	7.14	9.14	24.00	23.47	0.75
215	75.15	5.58	1.12	7.14	9.27	21.29	25.33	0.75
216	75.15	5.59	1.14	7.14	9.30	23.21	23.67	0.25

217	75.15	5.63	1.14	7.14	9.38	22.07	24.82	-0.25
218	70.42	5.70	1.63	5.15	10.66	32.44	30.24	-1.22
219	70.42	5.74	1.58	5.15	10.78	28.10	32.47	-1.33
220	69.6	5.63	1.52	4.81	10.69	28.59	30.45	-0.90
221	69.6	5.59	1.49	4.81	10.60	26.70	30.61	-0.80
222	71.02	5.68	1.48	5.41	10.47	28.39	31.12	-0.88
223	71.02	5.73	1.52	5.41	10.60	27.25	32.19	-0.88
224	71.02	5.70	1.49	5.41	10.51	26.71	31.47	-0.75
225	70.77	5.65	1.50	5.30	10.47	29.55	33.47	-0.50
226	63.51	5.02	1.54	2.25	10.65	33.13	34.14	-1.86
227	63.51	5.02	1.46	2.25	10.66	30.28	34.76	-2.14
228	63.51	5.05	1.43	2.25	10.74	29.81	33.62	-1.86
229	63.51	5.03	1.44	2.25	10.67	30.31	32.96	-1.86
230	66.04	5.22	1.42	3.31	10.54	28.61	33.64	-1.20
231	66.36	5.27	1.41	3.45	10.58	28.02	33.00	-1.50
232	66.36	5.08	1.47	3.45	10.09	29.80	33.29	-1.25
233	66.36	5.02	1.46	3.45	9.92	31.75	31.88	-1.50
234	60.28	4.92	1.24	0.89	11.24	36.41	34.54	-1.57
235	59.27	4.76	1.16	0.47	11.07	32.73	33.74	-1.13
236	58.31	4.69	1.13	0.07	11.14	32.38	32.12	-0.88
237	61.3	4.93	1.16	1.32	10.98	31.00	32.17	-0.83
238	59.27	4.74	1.09	0.47	11.00	31.20	32.66	0.25
239	60.28	4.77	1.10	0.89	10.82	31.10	32.61	0.71
240	59.27	4.64	1.06	0.47	10.71	30.47	32.04	0.00
241	61.3	4.78	1.12	1.32	10.56	37.22	28.44	-0.33
242	63.28	5.01	1.35	2.15	10.69	39.38	34.50	-0.83
243	63.28	4.99	1.34	2.15	10.63	32.08	37.37	-0.67
244	63.49	5.03	1.31	2.24	10.68	32.82	35.54	-0.20
245	63.49	5.00	1.31	2.24	10.60	35.89	33.69	-0.20
246	63.49	5.05	1.31	2.24	10.73	35.89	33.69	0.00
247	63.8	5.05	1.26	2.37	10.64	25.67	36.32	-0.50
248	61.7	4.31	0.82	1.49	9.10	19.99	25.60	1.00
249	58.22	4.34	0.79	0.03	10.08	23.27	21.80	0.67
250	64.78	4.30	0.78	2.78	8.35	17.36	25.39	1.03
251	67.73	4.75	0.86	4.02	8.89	24.11	22.88	0.80
252	56.62	4.21	1.07	0.00	10.13	27.73	31.82	-0.80
253	65.42	4.50	0.55	3.05	8.77	17.22	18.14	1.93
254	65.42	4.48	0.56	3.05	8.70	13.67	18.83	2.00
255	65.42	4.51	0.52	3.05	8.79	14.75	16.98	2.36
256	66.2	4.59	0.52	3.38	8.80	19.09	14.69	2.23
257	65.78	4.63	0.59	3.20	9.03	14.91	18.91	2.18
258	57.58	4.08	0.59	0.00	9.48	18.85	23.52	2.00
259	66.46	4.85	0.71	3.49	9.45	21.84	22.60	1.33
260	66.46	4.59	0.68	3.49	8.75	20.03	22.41	1.44
261	66.46	4.53	0.66	3.49	8.59	17.36	22.97	1.67
262	66.46	4.49	0.69	3.49	8.48	30.39	19.99	1.67
263	64.86	4.41	0.71	2.82	8.65	32.01	21.32	1.38
264	57.46	3.92	0.65	0.00	9.02	33.34	21.71	0.50
265	65.06	4.55	0.85	2.90	8.97	24.84	21.58	0.68
266	65.48	4.70	0.84	3.08	9.28	24.69	20.76	0.78
267	65.48	4.65	0.83	3.08	9.15	24.22	19.78	0.56
268	65.48	4.79	0.85	3.08	9.51	25.08	21.04	0.50
269	66.68	4.93	0.89	3.58	9.60	25.08	22.52	0.56
270	69.14	5.08	0.95	4.62	9.41	25.91	19.05	0.83
271	63.53	4.61	0.93	2.26	9.50	29.55	25.52	0.00

272	63.53	4.63	0.93	2.26	9.55	30.72	24.68	0.04
273	63.53	4.57	0.90	2.26	9.39	27.47	25.30	0.17
274	63.85	4.63	0.89	2.39	9.47	28.58	22.68	0.35
275	63.53	4.62	0.88	2.26	9.52	27.25	22.77	0.13
276	63.85	4.74	0.88	2.39	9.78	27.16	22.99	0.22
277	63.85	4.77	0.88	2.39	9.87	27.58	21.44	0.26
278	63.85	4.56	0.81	2.39	9.28	23.97	22.47	0.26
279	64.71	4.79	0.91	2.76	9.71	27.00	22.61	1.25

77	9	-0.11	1	2	5	1	1	1	1	22.22	27.78	11.11	44.44
78	10	0.30	1		5	1	3			40.00	25.00	0.00	50.00
79	10	0.30			7	1	2			20.00	15.00	0.00	30.00
80	10	0.40			6	1	3			30.00	20.00	0.00	40.00
81	10	0.20			7		3			30.00	15.00	0.00	30.00
82	1	1.00					1			100.00	50.00	0.00	100.00
83	1	1.00					1			100.00	50.00	0.00	100.00
84	1	1.00					1			100.00	50.00	0.00	100.00
85	1	1.00					1			100.00	50.00	0.00	100.00
86	7	-1.14	2	1		4	1			85.71	64.29	28.57	100.00
87	7	-1.14	3	1	1	2	1			71.43	64.29	42.86	85.71
88	7	-1.14	3	1	1	2	1			71.43	64.29	42.86	85.71
89	7	-1.29	5	1	1	1	1			85.71	85.71	71.43	100.00
90	21	0.19	1	1	11	1	6	1		42.86	28.57	9.52	47.62
91	21	0.33	1	1	7	2	7	3		61.90	42.86	19.05	66.67
92	21	0.33	1	0	7	3	6	3		61.90	42.86	19.05	66.67
93	21	0.10	4	0	12	4	4	1		42.86	23.81	4.76	42.86
94	21	0.19	5	0	8	5	6	1		57.14	33.33	4.76	61.90
95	21	0.19	6	0	8	6	5	1		57.14	33.33	4.76	61.90
96	21	-0.10	7	0	9	7	4	4		52.38	28.57	0.00	57.14
97	21	-0.19	7	0	11	7	3	3		47.62	23.81	0.00	47.62
98	16	-0.19	5	1	7	2	1	1		37.50	28.13	0.00	56.25
99	16	-0.25	6		6	1	2	2		56.25	34.38	6.25	62.50
100	15	-0.20	1	0	6	1	2	1		53.33	36.67	13.33	60.00
101	14	-0.29	2	4	5	1	2	2		57.14	39.29	14.29	64.29
102	15	-0.07	1	3	7	1	3	3		46.67	30.00	6.67	53.33
103	13	0.00	3	1	6	2	2	2	1	46.15	30.77	7.69	53.85
104	15	0.29	2		8	2	1	1	2	33.33	30.00	13.33	46.67
105	12	0.08	3		7				2	41.67	29.17	16.67	41.67
106	11	-0.09	2	1	6	2			2	18.18	22.73	0.00	45.45
107	11	-0.18	2	1	7	7	1	1		27.27	18.18	0.00	36.36
108	12	-0.58	1	6	4	4	1	1		58.33	37.50	8.33	66.67

109	11	-0.18	3	7	1	27.27	18.18	0.00	36.36
110	11	0.09	1	8	2	9.09	13.64	0.00	27.27
111	9	0.11	1	6	2	11.11	16.67	0.00	33.33
112	6	-0.33	2	4		33.33	16.67	0.00	33.33
113	6	-0.33	2	4		33.33	16.67	0.00	33.33
114	3	0.33		1	2	0.00	33.33	0.00	66.67
115	3	-0.67	1	1		66.67	50.00	33.33	66.67
116	3	0.00	1	1	1	33.33	50.00	33.33	66.67
117	2	0.50		1	1	50.00	25.00	0.00	50.00
118	4	0.50		4		0.00	0.00	0.00	0.00
119	5	0.00	1	3		40.00	30.00	20.00	40.00
120	5	0.00		3	1	20.00	30.00	20.00	40.00
121	4	0.25		3	1	25.00	37.50	25.00	50.00
122	8	-0.29	2	6		25.00	12.50	0.00	25.00
123	7	-0.57	2	5		28.57	14.29	0.00	28.57
124	7	-0.43	1	5		28.57	21.43	14.29	28.57
125	7	-0.57	2	4		42.86	28.57	14.29	42.86
126	10	-0.50	1	6		40.00	25.00	10.00	40.00
127	11	-0.55	1	6	2	27.27	27.27	9.09	45.45
128	11	-0.45	1	7	1	27.27	22.73	9.09	36.36
129	4	-0.25		3		0.00	12.50	0.00	25.00
130	8	0.38		6	1	25.00	18.75	12.50	25.00
131	8	0.63		4	3	50.00	31.25	12.50	50.00
132	8	0.13		7	1	12.50	6.25	0.00	12.50
133	7	0.00		7		0.00	0.00	0.00	0.00
134	7	0.86		4	3	42.86	42.86	42.86	42.86
135	7	0.29	2	1	2	28.57	28.57	0.00	57.14
136	6	-0.17	2	3	1	50.00	25.00	0.00	50.00
137	5	0.00	1	3	1	40.00	20.00	0.00	40.00
138	6	0.17		5	1	16.67	8.33	0.00	16.67
139	6	0.17		5	1	16.67	8.33	0.00	16.67
140	6	-0.17	2	3	1	50.00	25.00	0.00	50.00

141	6	-0.50	1	1	4	2	3	1	33.33	25.00	16.67	33.33
142	21	0.29	1	1	14	1	1	1	23.81	19.05	4.76	33.33
143	21	0.10	1	1	16	1	1	1	14.29	14.29	4.76	23.81
144	20	0.25	1	1	13	1	4	1	30.00	22.50	10.00	35.00
145	17	0.22	1	1	11	1	3	1	29.41	23.53	11.76	35.29
146	19	0.58	1	1	6	3	7	2	52.63	39.47	10.53	68.42
147	20	0.60			9	1	9	1	50.00	30.00	5.00	55.00
148	20	0.45			12	1	6	1	35.00	22.50	5.00	40.00
149	19	0.53			11	2	4	2	31.58	26.32	10.53	42.11
150	15	0.20		1	10	1	1	2	26.67	23.33	13.33	33.33
151	15	-0.13		5	8	2	2	2	46.67	23.33	0.00	46.67
152	15	-0.20	1	3	10	1	1	1	33.33	20.00	6.67	33.33
153	12	-0.17	1	2	5	1	3	3	50.00	33.33	8.33	58.33
154	15	0.58	1	2	5	2	3	3	53.33	43.33	20.00	66.67
155	15	0.42	1	2	6	2	3	2	46.67	36.67	13.33	60.00
156	15	0.25	1	3	4	1	5	2	66.67	43.33	13.33	73.33
157	14	0.25	1	2	7	1	3	2	50.00	32.14	14.29	50.00
158	8	-0.25	1	1	5	1	2	1	25.00	25.00	12.50	37.50
159	7	-0.29	1	1	4	1	1	1	28.57	28.57	14.29	42.86
160	8	0.00	1	1	4	1	1	1	37.50	37.50	25.00	50.00
161	6	0.00	1	2	2	1	1	1	50.00	33.33	0.00	66.67
162	7	0.71	1	2	3	1	3	1	57.14	35.71	14.29	57.14
163	7	0.57	1	3	4	1	3	3	42.86	21.43	0.00	42.86
164	7	0.57	1	3	3	1	3	3	42.86	28.57	0.00	57.14
165	4	0.76	1	1	1	1	3	3	75.00	37.50	0.00	75.00
166	5	0.00	1	1	3	1	3	3	20.00	20.00	0.00	40.00
167	5	0.20			4	1	1	1	20.00	10.00	0.00	20.00
168	5	0.20			4	1	1	1	20.00	10.00	0.00	20.00
169	4	0.75			1	3	3	3	75.00	37.50	0.00	75.00
170	5	0.60			2	3	3	3	60.00	30.00	0.00	60.00
171	5	0.80			2	1	1	1	40.00	40.00	20.00	60.00
172	4	0.50			2	2	2	2	50.00	25.00	0.00	50.00

173	4	0.50	1	2	1	1	1	1	1	25.00	25.00	0.00	50.00
174	13	0.69	1	3	1	7	1	1	1	69.23	42.31	7.69	76.92
175	13	0.69	1	2	1	6	2	2	2	69.23	50.00	15.38	84.62
176	13	0.77	1	3	1	5	2	2	2	69.23	50.00	23.08	76.92
177	11	1.18	1	2	1	3	2	2	2	72.73	59.09	36.36	81.82
178	11	1.45	1	1	1	4	4	4	1	81.82	68.18	45.45	90.91
179	11	0.91		4	1	3	3	3	3	54.55	45.45	27.27	63.64
180	11	0.36		5	1	4	1	4	1	45.45	31.82	9.09	54.55
181	11	0.64		5	1	4	1	4	1	45.45	31.82	9.09	54.55
182	14	0.29	2	5	2	3	1	3	1	42.86	35.71	7.14	64.29
183	14	0.21	2	6	1	3	1	3	1	42.86	32.14	7.14	57.14
184	13	0.31	2	4	2	3	1	3	1	53.85	42.31	15.38	69.23
185	6	0.50	1	1	1	1	2	1	1	66.67	58.33	33.33	83.33
186	12	0.58	2	4	1	2	3	2	3	58.33	45.83	25.00	66.67
187	11	0.64	1	4	1	3	2	2	2	54.55	48.91	18.18	63.64
188	10	0.20	3	2	1	1	2	1	2	60.00	50.00	20.00	80.00
189	9	0.22	2	4	2	2	1	2	1	33.33	38.89	11.11	66.67
190	7	-0.57	1	2	2	1	2	1	1	57.14	50.00	28.57	71.43
191	6	-1.00	1	2	2	2	2	2	1	66.67	50.00	33.33	66.67
192	6	-0.83	2	1	2	1	1	2	1	50.00	50.00	33.33	66.67
193	5	0.00		5	1					0.00	0.00	0.00	0.00
194	5	0.20		4	1				1	20.00	20.00	20.00	20.00
195	5	0.40	1	3	1					20.00	30.00	20.00	40.00
196	6	0.40	1	3	2					16.67	33.33	16.67	50.00
197	5	0.20	1	2	2					20.00	40.00	20.00	60.00
198	7	-0.86	1	2	1	1			1	57.14	57.14	42.86	71.43
199	7	-0.14	2	3	1					28.57	42.86	28.57	57.14
200	7	0.00	2	4	1					28.57	36.71	28.57	42.86
201	7	0.14	2	3	1					42.86	42.86	28.57	57.14
202	7	0.14	1	4	1					28.57	28.57	14.29	42.86
203	7	0.43	2	4	1					28.57	21.43	0.00	42.86
204	7	0.29	1	5	1					14.29	14.29	0.00	28.57

205	6	0.00	1	4	1	0.00	16.67	0.00	33.33
206	9	-0.11	2	6	1	22.22	16.67	0.00	33.33
207	10	0.20	1	6	3	10.00	20.00	0.00	40.00
208	9	0.78		3	2	44.44	38.89	11.11	68.67
209	10	1.10		2	1	70.00	55.00	30.00	80.00
210	9	1.22	1	1		77.78	72.22	55.56	88.89
211	8	0.50		3		62.50	43.75	25.00	62.50
212	8	0.63		5	2	37.50	31.25	25.00	37.50
213	7	0.71		3	1	42.86	35.71	14.29	57.14
214	4	0.75		3		25.00	25.00	25.00	25.00
215	4	0.75		1	3	75.00	37.50	0.00	75.00
216	4	0.25		3	1	25.00	12.50	0.00	25.00
217	4	-0.25		3		0.00	12.50	0.00	25.00
218	9	-1.22	1	0		100.00	83.33	66.67	100.00
219	9	-1.33		2		77.78	66.67	55.56	77.78
220	10	-0.90		3	1	60.00	50.00	30.00	70.00
221	10	-0.80		4		60.00	45.00	30.00	60.00
222	8	-0.88		1		75.00	50.00	12.50	87.50
223	8	-0.88		1		87.50	75.00	62.50	87.50
224	8	-0.75		2	1	62.50	50.00	25.00	75.00
225	6	-0.50		2	1	50.00	41.67	16.67	66.67
226	7	-1.86		0		100.00	78.57	57.14	100.00
227	7	-2.14		0		100.00	85.71	71.43	100.00
228	7	-1.86		0		100.00	85.71	71.43	100.00
229	7	-1.86		0		100.00	85.71	71.43	100.00
230	5	-1.20		0		100.00	80.00	60.00	100.00
231	4	-1.50		0		100.00	87.50	75.00	100.00
232	4	-1.25		0		100.00	75.00	50.00	100.00
233	4	-1.50		0		100.00	87.50	75.00	100.00
234	7	-1.57		1	6	85.71	85.71	85.71	85.71
235	8	-1.13		2	1	62.50	56.25	37.50	75.00
236	8	-0.88		3	1	50.00	37.50	12.50	62.50

237	6	-0.83	2	1	2	1	1	2	1	33.33	50.00	33.33	66.67
238	8	0.25	1	4	4	2	2	4	2	25.00	37.50	25.00	50.00
239	7	0.71		3	3	3		3	1	14.29	35.71	14.29	57.14
240	8	0.00		4	4	2		4		25.00	25.00	0.00	50.00
241	6	-0.33	1	2	3			3		50.00	33.33	16.67	50.00
242	6	-0.83	2	1	2		1	2	1	66.67	50.00	33.33	66.67
243	6	-0.67	2	3	1			1		83.33	58.33	33.33	83.33
244	5	-0.20	1	1	2		1	2	1	60.00	40.00	20.00	60.00
245	5	-0.20	1	1	3			3		40.00	30.00	20.00	40.00
246	5	0.00		2	2		2	2	1	60.00	40.00	20.00	60.00
247	4	-0.50	2	2	2			2		50.00	25.00	0.00	50.00
248	14	1.93		2	2		2	2	5	85.71	78.57	71.43	85.71
249	14	2.00		1	1		1	1	7	92.86	89.29	85.71	92.86
250	14	2.36		0	0	1		0	6	92.86	96.43	92.86	100.00
251	13	2.23		0	0			0	4	100.00	92.31	84.62	100.00
252	11	2.18		0	0			0	5	100.00	95.45	90.91	100.00
253	1	2.00		0	0			0	1	100.00	100.00	100.00	100.00
254	9	1.33		2	2		2	2	4	77.78	72.22	66.67	77.78
255	9	1.44		2	2		2	2	4	77.78	72.22	66.67	77.78
256	9	1.67		1	1		1	1	3	88.89	77.78	66.67	88.89
257	9	1.67		1	1		1	1	3	88.89	77.78	66.67	88.89
258	8	1.38		1	1		1	1	2	87.50	68.75	50.00	87.50
259	2	0.50		1	1		1	1	2	50.00	25.00	0.00	50.00
260	19	0.68		4	4	1		4	4	63.16	60.53	42.11	78.95
261	18	0.78		2	2	2		2	8	72.22	72.22	55.56	88.89
262	18	0.56		1	1	2		1	5	77.78	72.22	50.00	94.44
263	18	0.50		1	1	0		6	4	61.11	58.33	50.00	66.67
264	16	0.56		2	2	3		3	4	75.00	65.63	50.00	81.25
265	6	0.83	1	1	1		1	1	3	83.33	75.00	66.67	83.33
266	24	0.00		3	2	2		14	3	25.00	27.08	12.50	41.67
267	24	0.04		5	1	1		12	1	41.67	33.33	16.67	50.00
268	24	0.17	1	4	3	7		7	2	54.17	50.00	29.17	70.83

269	23	0.35	1	2	1	9	1	2	6	1	52.17	47.83	34.78	60.87
270	24	0.13	2	2		9		4	6	1	62.50	50.00	37.50	62.50
271	23	0.22	3	1		9	1	2	7		56.52	52.17	43.48	60.87
272	23	0.26	1	1	1	7	2	1	9	1	56.52	60.87	52.17	69.57
273	19	0.26	1	2		8		1	6	1	57.89	50.00	42.11	57.89
274	4	1.25				2		4	2	1	75.00	75.00	75.00	75.00
275	4	1.00					1	2			100.00	50.00	0.00	100.00
276	3	0.67						2			66.67	50.00	0.00	100.00
277	33	1.03				22		5	6		33.33	25.76	18.18	33.33
278	10	0.80				3		6	1		70.00	40.00	10.00	70.00
279	10	-0.80	2	5	3	3					70.00	45.00	20.00	70.00

8.10 – Anexo J: Dados utilizados na Análise Probit

Medições	Pessoas	T ar (°C)	UR (%)	% com calor	% sem frio
1	28	26.46	63.39	25.00	96.43
2	24	26.53	65.27	54.17	100.00
3	28	26.83	56.54	28.57	96.43
4	16	27.35	60.43	53.13	100.00
5	14	26.59	59.96	32.14	100.00
6	23	26.84	60.31	32.61	97.83
7	32	24.35	56.75	7.81	87.50
8	31	25.24	53.49	6.45	93.55
9	28	23.36	74.75	1.79	71.43
10	32	24.26	58.68	10.94	87.50
11	15	24.8	52.07	13.33	96.67
12	20	22.84	58.62	7.50	95.00
13	29	21.55	66.85	6.90	72.41
14	23	22.59	60.31	10.87	93.48
15	24	22.27	56.87	6.25	89.58
16	16	21.85	53.92	12.50	93.75
17	10	23.82	73.16	25.00	90.00
18	19	22.53	79.79	2.63	73.68
19	33	20.86	72.21	6.06	68.18
20	22	20.21	78.31	2.27	79.55
21	26	19.77	74.13	9.62	76.92
22	21	19.39	75.02	0.00	73.81
23	13	18.65	71.74	0.00	30.77
24	10	20.03	73.02	0.00	75.00
25	24	20.97	76.96	0.00	77.08
26	29	23.32	69.5	18.97	96.55
27	22	23.84	69.07	15.91	93.18
28	21	22.6	72.87	11.90	90.48
29	14	22.7	73.46	25.00	100.00
30	28	21.91	46.51	3.57	67.86
31	20	21.63	56.49	2.50	77.50
32	21	20.62	51.56	4.76	59.52
33	16	20.18	42.95	0.00	53.13
34	23	22.61	68.97	13.04	84.78
35	17	25.72	74.47	26.47	97.06
36	25	20.25	64.31	4.00	66.00
37	13	22.02	67.86	11.54	88.46
38	31	25.24	73.64	38.71	98.39
39	17	26.59	75.83	44.12	100.00
40	22	19.79	63.33	4.55	65.91
41	16	20.22	64.28	6.25	65.63
42	14	17.58	82.4	7.14	78.57
43	20	20.78	83.78	5.00	80.00
44	25	23.34	77.6	16.00	88.00
45	18	23.03	82.07	11.11	91.67
46	21	24.17	83.13	16.67	92.86
47	24	24.25	81.83	16.67	91.67
48	21	24.9	75.52	26.19	95.24
49	15	25.3	77.17	26.67	96.67
50	29	27.67	67.51	48.28	100.00
51	25	27.73	71.95	50.00	100.00
52	22	27.27	74.34	36.36	100.00
53	22	28.26	74.19	88.64	100.00

54	21	26.9	75.76	57.14	97.62
55	15	26.34	70.5	30.00	100.00
56	20	21.99	67.49	2.50	70.00
57	14	21.75	70.42	3.57	92.86
58	24	28.47	59.53	58.33	100.00
59	19	27.09	57	44.74	97.37
60	17	27.56	68.44	58.82	100.00
61	15	24.51	68.76	23.33	96.67
62	26	27.53	63.15	42.31	100.00
63	22	27.94	59.64	50.00	100.00
64	22	28.38	65.98	54.55	100.00
65	16	28.09	64.46	53.13	100.00
66	14	24.56	60.08	78.57	100
67	14	24.25	52.18	89.29	100
68	14	25.37	63.51	96.43	100
69	13	24.94	58.1	92.31	100
70	11	20.56	65.61	95.45	100
71	21	23.51	51.35	19.05	90.48
72	21	23.99	50.73	30.95	88.10
73	21	23.22	51	30.95	88.10
74	21	22.82	48.93	14.29	90.48
75	21	22.76	48.96	21.43	88.10
76	21	22.82	49.53	19.05	85.71
77	21	22.61	50.18	11.90	83.33
78	21	22.5	51.43	7.14	83.33
79	16	21.91	53.5	9.38	81.25
80	16	21.93	53.95	9.38	75.00
81	15	21.99	53.35	16.67	80.00
82	14	22.1	52.68	10.71	71.43
83	15	22.27	52.46	13.33	83.33
84	13	22.48	52.7	15.38	84.62
85	15	22.5	52.86	23.33	93.33
86	12	22.52	53.36	16.67	87.50
87	11	20.44	64.56	9.09	86.36
88	11	20.83	63.73	4.55	86.36
89	12	20.86	63.76	4.17	66.67
90	11	21.21	62.76	4.55	86.36
91	11	21	64.45	9.09	95.45
92	9	21.09	65.29	11.11	94.44
93	6	20.77	67.01	0.00	83.33
94	6	20.81	67.19	0.00	83.33
95	3	21.89	61.18	33.33	100.00
96	3	22.08	61.36	0.00	50.00
97	3	22.39	60.68	16.67	66.67
98	2	22.46	61.32	25.00	100.00
99	4	22.83	62.15	0.00	100.00
100	5	22.39	64.25	20.00	90.00
101	5	22.12	65.27	30.00	100.00
102	4	22.21	64.68	37.50	125.00
103	8	22.1	65.4	0.00	87.50
104	7	22.15	65.19	0.00	85.71
105	7	21.99	65.75	0.00	78.57
106	7	22.33	63.76	0.00	71.43
107	10	22.31	63.38	0.00	75.00
108	11	22.29	63.87	0.00	72.73
109	11	22.39	64.14	0.00	77.27
110	4	22.29	64.97	0.00	87.50

111	8	25.06	62.79	18.75	100.00
112	8	24.76	62.74	31.25	100.00
113	8	24.57	61.3	6.25	100.00
114	7	24.34	63.48	0.00	100.00
115	7	25.63	69.36	42.86	100.00
116	7	23.92	66.07	14.29	57.14
117	6	23.73	66.2	8.33	83.33
118	5	23.39	66.44	10.00	90.00
119	6	23.54	67.91	8.33	100.00
120	6	23.51	68.39	8.33	100.00
121	6	23.47	68.36	8.33	83.33
122	6	23.51	67.6	0.00	75.00
123	21	23.61	70.58	16.67	97.62
124	21	23.78	70.24	9.52	95.24
125	20	23.78	68.63	17.50	95.00
126	17	23.76	68.11	17.65	94.12
127	19	23.66	67.81	36.84	97.37
128	20	23.72	68.56	30.00	100.00
129	20	23.83	69	22.50	100.00
130	19	23.97	68.66	26.32	100.00
131	15	23.57	65.66	16.67	93.33
132	15	23.65	65.04	6.67	83.33
133	15	23.76	64.61	3.33	83.33
134	12	23.53	65.19	16.67	83.33
135	15	23.89	66.55	36.67	93.33
136	15	23.86	66.66	30.00	93.33
137	15	23.78	66.32	33.33	90.00
138	14	23.77	66.54	25.00	92.86
139	8	23.35	70.51	6.25	81.25
140	7	23.57	70.17	7.14	78.57
141	8	23.74	70.07	18.75	81.25
142	6	23.89	69.25	16.67	83.33
143	7	24.05	69.66	35.71	100.00
144	7	24.3	69.1	21.43	100.00
145	7	24.23	68.3	28.57	100.00
146	4	24.16	69.24	37.50	100.00
147	5	23.39	69.96	10.00	90.00
148	5	23.54	68.89	10.00	100.00
149	5	23.67	67.1	10.00	100.00
150	4	23.8	66.58	37.50	100.00
151	5	24.33	66.46	30.00	100.00
152	5	24.55	65.82	40.00	100.00
153	4	24.62	65.47	25.00	100.00
154	4	24.53	66.08	25.00	100.00
155	13	24.47	70.06	38.46	96.15
156	13	24.88	63.68	42.31	92.31
157	13	25.19	61.53	38.46	88.46
158	11	25.54	59.79	54.55	95.45
159	11	25.76	57.61	68.18	100.00
160	11	25.29	58.69	45.45	100.00
161	11	24.68	60.81	31.82	100.00
162	11	25.09	59.67	31.82	100.00
163	14	24.15	80.85	25.00	89.29
164	14	23.95	75.86	21.43	89.29
165	13	24	74.93	26.92	84.62
166	6	23.96	75.89	41.67	83.33
167	12	24.2	74.92	37.50	91.67

168	11	24.01	73.66	36.36	95.45
169	10	23.74	73.54	25.00	75.00
170	10	23.61	73.75	25.00	90.00
171	7	18.8	55.15	7.14	57.14
172	6	19.48	55.43	0.00	50.00
173	6	20.12	53.34	0.00	50.00
174	5	20.47	51.5	0.00	100.00
175	5	20.69	52.64	20.00	100.00
176	5	21.11	53.14	10.00	80.00
177	6	21.64	53.48	16.67	83.33
178	5	21.45	55.18	20.00	80.00
179	7	20.12	62.25	14.29	57.14
180	7	21.23	59.81	7.14	64.29
181	7	21.49	60.73	7.14	71.43
182	7	21.8	60.66	7.14	64.29
183	7	22.29	61.13	7.14	78.57
184	7	22.56	60.59	7.14	85.71
185	7	22.48	61.3	7.14	92.86
186	6	22.71	62.08	8.33	91.67
187	9	20.54	66.74	5.56	88.89
188	10	22.18	61.31	15.00	95.00
189	9	22.9	61.12	38.89	100.00
190	10	22.63	63.95	55.00	100.00
191	9	23.32	55.25	66.67	94.44
192	8	23.09	55.28	43.75	100.00
193	8	23.32	52.97	31.25	100.00
194	7	23.58	54.32	35.71	100.00
195	4	23.39	56.95	25.00	100.00
196	4	23.35	55.62	37.50	100.00
197	4	23.16	55.9	12.50	100.00
198	4	23.16	54.88	0.00	87.50
199	9	17.51	60.08	0.00	16.67
200	9	17.96	56.59	0.00	33.33
201	10	18.42	56.82	5.00	55.00
202	10	18.72	57.17	0.00	55.00
203	8	19.14	56.72	0.00	50.00
204	8	18.76	56.04	0.00	25.00
205	8	19.06	56.39	6.25	56.25
206	6	18.91	57.71	8.33	66.67
207	7	16.67	69.02	0.00	21.43
208	7	17.54	65.24	0.00	14.29
209	7	17.88	62.47	0.00	14.29
210	7	17.81	63.9	0.00	14.29
211	5	18.68	60.79	0.00	20.00
212	4	18.87	59.16	0.00	12.50
213	4	18.23	69.33	0.00	25.00
214	4	18.3	71.67	0.00	12.50
215	7	19.3	51.98	0.00	14.29
216	8	20	52.87	0.00	43.75
217	8	20.1	52.19	0.00	62.50
218	6	20.5	51.26	8.33	58.33
219	8	20.9	51.03	25.00	87.50
220	7	21	52.43	35.71	100.00
221	8	21.2	53.9	12.50	87.50
222	6	20.9	55.63	0.00	66.67
223	6	18.8	60.02	8.33	58.33
224	6	18.9	60.42	0.00	41.67

225	5	19.3	58.12	30.00	90.00
226	5	19.3	59.32	0.00	70.00
227	5	19.3	57.43	40.00	100.00
228	4	19.9	56.34	0.00	75.00
229	11	25.08	55.39	77.27	100.00
230	11	24.65	55.68	68.18	100.00
231	11	24.55	55.51	50.00	100.00
232	11	25.15	54.41	40.91	100.00
233	5	23.96	59	40.00	100.00
234	5	23.92	57.21	30.00	100.00
235	5	23.54	58.87	20.00	100.00
236	5	24.46	57.13	10.00	100.00
237	9	22.02	69.06	16.67	72.22
238	9	22.75	65.64	22.22	77.78
239	9	22.97	63.95	16.67	77.78
240	9	22.9	62.75	11.11	83.33
241	10	23.73	61.66	20.00	95.00
242	10	23.39	62.68	15.00	100.00
243	10	23.32	63.12	20.00	100.00
244	10	23.39	62.12	15.00	100.00
245	1	22.25	63.91	50.00	100.00
246	1	22.02	64.22	50.00	100.00
247	1	22.48	64.91	50.00	100.00
248	1	22.44	64	50.00	100.00
249	7	20.5	61.17	0.00	35.71
250	7	20.66	59.83	0.00	35.71
251	7	20.92	58.97	0.00	35.71
252	7	20.77	59.41	0.00	14.29
253	1	27.99	50.58	100.00	100.00
254	9	27.92	51.38	72.22	100.00
255	9	28.37	49.26	72.22	100.00
256	9	28.34	48.95	77.78	100.00
257	9	27.54	49.43	77.78	100.00
258	8	26.66	51.23	68.75	100.00
259	2	26.39	48.49	25.00	100.00
260	19	26.74	54.08	50.00	89.47
261	18	26.89	55.12	63.89	91.67
262	18	26.59	57.14	63.89	91.67
263	18	26.17	57.65	52.78	94.44
264	16	25.86	58.32	56.25	90.63
265	6	24.72	59.23	58.33	83.33
266	24	24.8	55.51	16.67	89.58
267	24	24.99	56.21	20.83	87.50
268	24	24.68	53.45	31.25	81.25
269	23	24.49	52.54	36.96	89.13
270	24	24.23	54.21	37.50	87.50
271	23	23.58	58.16	36.96	84.78
272	23	23.58	57.62	50.00	89.13
273	19	23.89	58.39	39.47	89.47
274	4	24.04	56.79	75.00	125.00
275	4	24.11	56.13	50.00	100.00
276	3	24.11	53.1	50.00	100.00
277	33	24.11	52.13	25.76	100.00
278	10	24.99	55.69	40.00	100.00
279	10	23.96	53.93	0.00	55.00