

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JEAN GOEDERT**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM POSTOS DE TRABALHO  
DE MOTORISTAS DE ÔNIBUS**

**Dissertação de Mestrado**

**Florianópolis**

**2006**

**JEAN GOEDERT**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM POSTOS DE TRABALHO  
DE MOTORISTAS DE ÔNIBUS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Eduardo Concepción Batiz, Dr.

Florianópolis

2006

JEAN GOEDERT

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM POSTOS DE TRABALHO  
DE MOTORISTAS DE ÔNIBUS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção – Ênfase Ergonomia**, e aprovada em sua forma final pelo **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de fevereiro de 2006.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.  
Coordenador do Programa

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Ana Regina de Aguiar Dutra, Dra.  
*Universidade Federal de Santa Catarina*

---

Prof. Eduardo Concepción Batiz, Dr.  
*Universidade Federal de Santa Catarina*  
Orientador

---

Prof. Antônio Renato Pereira Moro, Dr.  
*Universidade Federal de Santa Catarina*

---

Prof. Luiz Veriano O. Dalla Valentina, Dr.  
*Universidade do Estado de Santa Catarina*

Este trabalho é dedicado a minha mãe, com a qual aprendi ao longo de minha vida a conquistar meus objetivos pelo meu próprio esforço e dedicação.

## *Agradecimentos*

Entidades, empresas e pessoas tornaram-se merecedoras de reconhecimento, pelo muito que colaboraram para a realização deste trabalho, dentre elas destacam-se:

**À Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC**, pela manutenção deste curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção;

**Ao Programa de Pós-graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, seu coordenador, corpo docente e discente**, pelo câmbio de conhecimento e relação interpessoal de insigne valor;

**Ao Professor Eduardo Concepción Batiz, Dr**, do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, orientador deste trabalho, que dispensou sua atenção em auxiliar-me na elaboração e discussão desse trabalho;

**À empresa Busscar Ônibus S/A**, pelo apoio e concessões permitidos para realização desse trabalho;

**Aos motoristas de ônibus**, objetos dessa pesquisa, pela atenção e presteza com que me ajudaram.

“Abençoado seja Deus, que não rejeitou  
minha oração, nem afastou sua  
benignidade de mim” (Salmos 66.20)

## RESUMO

GOEDERT, Jean. **Avaliação do Conforto Térmico em Postos de Trabalho de Motoristas de Ônibus**. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Ênfase Ergonomia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

A Ergonomia busca adaptar o trabalho ao homem, a fim de proporcionar melhores condições fisiológicas, psicológicas, antropológicas e sociológicas. Dentro desse âmbito está o conforto térmico, que é um pré-requisito necessário ao bem-estar e para a capacidade de produção total. O objetivo dessa pesquisa é identificar e verificar um modelo de avaliação de conforto térmico para posto de motorista de ônibus. Para a verificação aplicou-se o método de prognóstico de conforto térmico, regulado através da norma ISO7730/1994, em uma avaliação de conforto térmico dos motoristas de ônibus do turno vespertino do Terminal Norte do Sistema Integrado de Transporte coletivo de Joinville. Nesta avaliação foram empregados os métodos de coleta de dados regulados pela ISO7730/1994, ISO7726/1998 e ISO10551/1995 e os dados foram analisados e interpretados por instrumental estatístico, também as características individuais dos motoristas foram consideradas. A análise conclui que o método regulado pela ISO7730/1994 apresenta resultados similares ao conforto percebido pelos motoristas e propõe a utilização dos métodos regulados pela ISO7730/1994 para avaliações preliminares de engenharia e o método regulado através da ISO10551/1995, assistidos pela ISO7730/1994, para validação de projetos e avaliações de situações em uso.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico. Ergonomia. Motorista Ônibus.

## ABSTRACT

GOEDERT, Jean. **Thermal Comfort Evaluation on Work Place of Bus Drivers**. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Ênfase Ergonomia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

The Ergonomics looks for adapting the work to human, providing better physiological, psychological, anthropologic and sociologic conditions. Inside of this subject is the thermal comfort that is one requirement indispensable for personal well-being and total production capacity. The mean of this research is to identify and to verify the applicability of thermal comfort prediction method on work place of bus drivers. For this verification was applied the thermal comfort prediction method, regulated by ISO7730/1994, in one evaluation of thermal comfort of bus drivers that work in evening time at the Terminal Norte of public transport of Joinville city. In this evaluation were used as data collecting methods: ISO7730/1994, ISO7726/1998 e ISO10551/1995 and the data were analyzed by statistical instrumental, also individual characteristics were taking into consideration. The analysis conclude that the method regulated by ISO7730/1994 presents similar results than actual thermal comfort evaluate by drivers and proposes the application of method by ISO7730/1994 for preliminaries engineering evaluation during drivers work place design and method ISO10551/1995, assisted by ISO7730/1994, for validation of engineering projects and actual conditions evaluations.

**Key words:** Bus Driver. Ergonomic. Thermal Comfort.



## Lista de figuras

Figura 1: Ambiente Térmico do Motorista.....	22
Figura 2: Complexo Interconectado de Elementos do Cérebro.....	28
Figura 3: Vista Sagital dos Centros de Controle do Hipotálamo.....	29
Figura 4: Diagrama do Sistema Termorregulação.....	30
Figura 5: Temperatura da Superfície da Pele.....	31
Figura 6: Circulação Sangüínea na Superfície da Pele.....	32
Figura 7: Localização e Detalhe da Glândula Sudorípara.....	34
Figura 8: Adaptação Lenta e Rápida.....	35
Figura 9: Vias Sensórias Térmicas.....	36
Figura 10: Processo de Julgamento do Conforto Térmico .....	39
Figura 11: Instrumento Composto .....	44
Figura 12: Manequim Térmico Adam .....	45
Figura 13: Desconforto Térmico Local: Diferenças Temperatura do Ar na Vertical...48	
Figura 14: Desconforto Térmico Local: Temperatura do Piso .....	49
Figura 15: Diagrama Resultante de Uma Avaliação com CFD.....	50
Figura 16: Instrumentos de Medição Parâmetros Físicos .....	54
Figura 17: Localização dos Instrumentos na Coleta de Dados .....	55
Figura 18: Planilha de Cálculo Índice PMV e PPD .....	56
Figura 19: Terminal Norte .....	63
Figura 20: Ônibus Articulado da Linha Troncal .....	64
Figura 21: Frota de Ônibus empresa TRANSTURA.....	64
Figura 22: Refinamento da Escala de Respostas Q1 e o Desvio entre PMV e Q1 ...70	

## Lista de quadros

Quadro 1: Efeitos do aumento de temperatura sobre o trabalhador.....	24
Quadro 2: Escalas de Conforto e Sensação.....	41
Quadro 3: Características Instrumentos Medição.....	42
Quadro 4: Localização do Sensor.....	43
Quadro 5: Características dos Terminais do SIT.....	62

## Lista de tabelas

Tabela 1: Características Demográficas dos Motoristas Avaliados.....	65
Tabela 2: Idade dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	70
Tabela 3: Metabolismo dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	72
Tabela 4: Altura dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	73
Tabela 5: Peso dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	74
Tabela 6: PMV e o Desvio entre PMV e Q1.....	75
Tabela 7: Período e o Desvio entre PMV e Q1.....	76

## Lista de gráficos

Gráfico 1: Valores de PMV, Q1 e respectivas médias.....	67
Gráfico 2: Valores de PMV, Q1 e respectivas médias e Desvio (PMV – Q1).....	69
Gráfico 3: Relação da Idade dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	71
Gráfico 4: Relação Metabolismo dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	72
Gráfico 5: Relação Altura dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	73
Gráfico 6: Relação Peso dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1.....	74
Gráfico 7: Relação PMV e o Desvio entre PMV e Q1.....	76
Gráfico 8: Relação Período e o Desvio entre PMV e Q1.....	77
Gráfico 9: Valores de PPD, Q2-Q4-Q5, respectivas médias e Desvio (PPD-Q2/Q4/Q5).....	78
Gráfico 10: Desvios entre PPD e Q2-Q4-Q5 em função PMV, Q1 e desvio entre PMV e Q1.....	80
Gráfico 11: Valores de PPD, Q2-Q4-Q5, respectivas médias e Desvio (PPD-Q2/Q4/Q5) (maior amplitude).....	81

## Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

### Siglas

<b>ANFAVEA</b>	Associação Nacional os Fabricantes de Veículos Automotores
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating and Air Conditioning Enginners (Sociedade Americana de Engenharia: Aquecimento e Condicionamento do Ar)
<b>ATP</b>	Adenosina trifosfato
<b>CLO</b>	Clothing (vestimenta)
<b>CNT</b>	Confederação Nacional do Transporte
<b>FABUS</b>	Associação Nacional de Fabricantes de Carroceria para Ônibus
<b>MET</b>	Metabolic (metabolismo)
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PMV</b>	Predicted Mean Vote (Voto Médio Estimado)
<b>PPD</b>	Predicted Percentage Dissatisfied (Estimativa Pessoas Insatisfeitos)
<b>SIT</b>	Sistema Integrado de Transporte

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Considerações Gerais.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Justificativa e Aplicabilidade.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 Limitações.....</b>	<b>19</b>
<b>1.5 Estrutura do Trabalho.....</b>	<b>19</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>21</b>
2.1 O Ambiente Térmico Humano.....	21
2.1.1 Os Parâmetros Ambientais.....	21
2.1.2 Os Parâmetros Individuais: .....	25
<b>2.2 Fisiologia Térmica Humana.....</b>	<b>28</b>
2.2.1 Modelo de Termorregulação.....	30
2.2.2 Sistema Sensorial Térmico.....	34
<b>2.3 Psicologia Térmica Humana.....</b>	<b>37</b>
<b>2.4 Conforto Térmico e o Estresse Térmico.....</b>	<b>40</b>
<b>2.5 Avaliação Térmica.....</b>	<b>41</b>
2.5.1 Instrumentos para Medição Térmica.....	42
2.5.2 Modelos de Prognóstico do Conforto Térmico.....	45
2.5.2.1 Prognóstico Conforto Térmico Total do Corpo.....	45
2.5.2.2 Prognóstico Conforto Térmico de Partes do Corpo.....	47
2.5.2.3 Outras Modelos de Prognostico.....	49
2.5.3 Avaliação das Respostas Psicológicas.....	51
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>52</b>
<b>3.1 Caracterização da Pesquisa e do Problema.....</b>	<b>52</b>
<b>3.2 População e Amostra.....</b>	<b>52</b>
<b>3.3 Métodos de Coleta de Dados.....</b>	<b>53</b>
3.3.1 Parâmetros Físicos do Ambiente do Motorista.....	53
3.3.2 Prognósticos de Conforto Térmico.....	55
3.3.3 Avaliação Subjetiva do Ambiente Térmico.....	56

<b>3.4 Verificação das Hipóteses</b> .....	58
<b>3.5 Fases da Realização do Estudo</b> .....	60
<b>4. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>62</b>
<b>4.1 Caracterização do Ambiente de Trabalho</b> .....	62
<b>4.2 Apresentação dos Dados</b> .....	65
<b>4.3 Análise dos Dados</b> .....	66
4.3.1 Verificação da Aplicabilidade do Cálculo Prognóstico Conforto (PMV) .....	66
4.3.1.1 Verificação Geral: Comparação das Médias PMV e Q1.....	66
4.3.1.2 Verificação Individual: avaliação dos desvios entre PMV e Q1.....	68
4.3.2 Verificação da Aplicabilidade do Cálculo Percentual Pessoas Insatisfeitas (PPD) .....	78
4.3.2.1 Verificação Geral: Comparação das Médias PPD e Q2-Q4-Q5.....	78
4.3.2.2 Verificação Individual: avaliação dos desvios entre PMV e Q1.....	79
4.3.3 Outros Aspectos Observados.....	82
4.3.4 Recomendações Ergonômicas.....	82
<b>5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>84</b>
<b>5.1 Conclusão</b> .....	<b>84</b>
<b>5. Recomendações</b> .....	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>86</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>92</b>
APÊNDICE A.....	93
APÊNDICE B.....	94
APÊNDICE C.....	95
APÊNDICE D.....	97
<b>ANEXO</b> .....	<b>98</b>
ANEXO A.....	99
ANEXO B.....	100
ANEXO C.....	101
ANEXO D.....	102
ANEXO E.....	103
ANEXO F.....	104

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Gerais

Esta pesquisa tem seu foco na análise dos fatores determinantes nas condições de conforto térmico no posto de trabalho para motorista de ônibus na qual possam ser avaliadas as performances dos equipamentos e ou sistema que sejam projetados (ou que já existam) para obter tais condições de conforto (tais como ar condicionado, aquecedores, ventiladores, isolamentos,...).

A definição das condições de conforto térmico apresenta-se atualmente como um tema em desenvolvimento na área automotiva, em especial o seguimento de ônibus. Os parâmetros atuais baseiam-se unicamente no controle de temperatura, dando pouca relevância à variação de outros fatores físicos como umidade, velocidade do ar e radiação. Assim como os parâmetros individuais do motorista como vestimenta, metabolismo, percepção do conforto, sensibilidade às intempéries e necessidade de bem-estar.

Em visão geral, o segmento de transporte de passageiros municipal e metropolitano, segundo dados da Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2002), é o responsável pela locomoção de 50 milhões de pessoas por dia em todo território nacional. Tal participação representa 90% da demanda do transporte público, que reúne uma frota de 95.000 veículos, 500.000 empregos diretos e movimenta 1% do PIB. As expectativas são que esse quadro aumente baseado na estimativa de crescimento da concentração de pessoas na área urbana que era 79% em 1995 e esta prevista para 90% em 2010.

Ainda segundo a CNT (2002), o segmento de transporte intermunicipal e interestadual participa com a locomoção de 90% dos deslocamentos no país, gerando 70.000 empregos diretos e faturando R\$ 1,7 bilhões. O segmento interestadual reúne uma frota de aproximadamente 14.000 ônibus com idade média de 4 anos, que estão distribuídos em 200 empresas operando em 2.700 linhas. O segmento divide-se atualmente em 4 tipos de serviços: convencional (72%), executivo (18%), leito (3%) e semi-urbano (7%).

A indústria automotiva nacional, responsável pela fabricação dos ônibus, é composta por várias empresas nacionais e multinacionais, que dividem-se em montadoras e encarroçadoras. As montadoras são na maioria multinacionais e



produzem os chassis. O chassi é a parte do veículo constituída dos órgãos necessários a seu deslocamento e que suporta a carroceria. O Brasil produziu 23.990 chassis de ônibus em 2003 (Associação Nacional os Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA). As encarroçadoras são na maioria nacionais e produzem as carrocerias. A carroceria é a parte do veículo constituída dos dispositivos necessários para acomodação do motorista, tripulantes e passageiros. O Brasil produziu 18.891 carrocerias de ônibus em 2003, sendo 66,42% para o mercado interno e 33,58% para exportação (FABUS, 2003).

Estes dados ressaltam a importância do segmento de transporte de passageiros por ônibus, por sua abrangente participação no transporte de passageiros, empregos gerados e faturamento. Também a capacidade da industrial nacional, que além do fornecimento ao mercado interno, exporta 33,58% dos ônibus fabricados no Brasil.

De acordo com Ministério do Trabalho e Emprego (MET), o motorista de ônibus é a pessoa que se ocupa da condução de ônibus do transporte coletivo de passageiros urbano, metropolitanos e rodoviários de longas distâncias. Dentre as atividades desempenhadas, além da condução do veículo, encontram-se a verificação do itinerário de viagens, controlam o embarque/desembarque de passageiros, os orientam quanto a tarifas, itinerários, pontos de embarque/desembarque e procedimentos no interior do veículo. Executam procedimentos para garantir segurança e o conforto dos passageiros. Esta ocupação esta classificada na CBO 2002 (Classificação Brasileira de Ocupações) sob o número 7824 e na CIUO88 (Classificação Internacional Uniforme de Ocupações) sob o número 8323.

O exercício de suas funções ocorre em empresas de ônibus de transporte coletivo de passageiros urbano, metropolitano e rodoviário de longa distância. São assalariados, com carteira assinada e trabalham em veículos, em horários irregulares (a carga horária é 44 horas semanais, porém há variação em função dos horários dos itinerários que os mesmos trabalham podendo em alguns dias da semana ultrapassar as 8 horas diárias), em sistema de rodízio, sob pressão de cumprimento de horário. Permanecem em condição desconfortável por longos períodos e estão sujeitos a intempérie, a acidentes e assaltos. As atividades são desenvolvidas em conformidade com leis e regulamentos de trânsito e de direção de veículos de transporte coletivos. Para tal ocupação, exige-se carteira de habilitação

tipo D e E, ensino fundamental completo, curso básico de qualificação de até duzentas horas, incluindo mecânica e eletricidade de veículos automotores (MET, 2002).

Este panorama permite perceber a importância dos serviços prestados pelos motoristas de ônibus, seja ela pela difusão do transporte rodoviário de passageiros, pela complexidade da função, pelo valor das inúmeras vidas que estão sob a sua responsabilidade e até mesmo pela representatividade que o motorista tem de sua empresa perante o usuário.

O posto de trabalho do motorista de ônibus é o local que o motorista ocupa durante o desempenho de sua função. Também denominado na literatura técnica de *cockpit*. O *cockpit* pode variar em dimensão, configuração e *design* em função do modelo e segmento de aplicação do ônibus. Porém existem comandos e configurações básicas que podem ser constatados em todas as versões de *cockpit* como os que Goedert e Schlossmacher (2004) relatam: poltrona do motorista, alavanca de câmbio, conjunto do volante, conjunto dos pedais, conjunto de alavancas, cinto de segurança e painel de controle. O Painel de controle encontra-se à frente do motorista e envolve toda região do volante contendo as teclas que permitem ao motorista acionar os acessórios da carroceria, e os instrumentos indicadores que caracterizam uma fonte constante de informações ao motorista, que deve checar continuamente suas condições e agir de acordo com o recomendado. Os principais instrumentos, ao qual o motorista necessita verificar sempre são: Tacôgrafo, Tacômetro, Indicador de temperatura do motor, Luz de alerta da temperatura do líquido de arrefecimento, Luz de alerta nível de líquido de arrefecimento, Indicador de pressão do óleo, Luz de alerta da pressão do óleo, Luz de alerta da pressão do sistema de freios e de freios de estacionamento.

O *cockpit* é caracterizado pela área envidraçada que possibilita ao motorista a visão do caminho, os obstáculos, os pedestres, os animais e outros veículos. Inversamente, expõe o motorista às condições climáticas do ambiente externo como: a temperatura do ar externo (baixas ou elevadas) e a radiação solar.

Também existem modelos de ônibus que apresentam o motor do veículo localizado na parte dianteira do ônibus, configuração comum em transporte urbano. Tal configuração expõe o motorista à outra fonte de calor, o motor do ônibus que mesmo isolado termicamente transmite calor ao *cockpit*.

## 1.2 Justificativa e Aplicabilidade

Objetivando alcançar os melhores níveis de produtividade e confiabilidade no trabalho, profissionais e pesquisadores analisam o posto de trabalho buscando com o auxílio da ergonomia os fatores que proporcionam ao elemento humano as condições ótimas do ponto de vista fisiológico, psicológico, antropológico e sociológico. Dentre essas condições ergonômicas ótimas a serem analisadas encontra-se o conforto térmico. Para Grandjean (1998, p.294), “a garantia de um clima confortável no ambiente é, assim, um pré-requisito necessário para a manutenção do bem-estar e para a capacidade de produção total”. Em Santos e Fialho (1997, p.119), verifica-se que:

“Nas tarefas de natureza motora, a influência da temperatura sobre a perda de sensibilidade e de coordenação são evidentes. Nas tarefas mais “intelectuais”, a influência é menos evidente. Todavia, pode-se constatar uma perda significativa da atenção em temperaturas acima das de conforto térmico”.

O motorista é um profissional que dirige um veículo motorizado. No caso dessa pesquisa, trata-se especificamente do motorista de ônibus coletivo municipal, ou seja, trata-se de um profissional que dirige um veículo de transporte coletivo de passageiros em trajetos urbanos, e que para desempenho de suas tarefas, como por exemplo as relacionadas a direção do veículo que exige atenção no trânsito e a de venda de bilhetas de passagens que exige atenção na verificação do caixa, um condição térmica apropriada apresenta-se indispensável.

Para que profissionais e pesquisadores possam analisar a ergonomia no posto de trabalho de um motorista de ônibus, sob o aspecto do conforto térmico, os mesmos necessitaram parâmetros para análise (conceituais e numéricos), bem como, procedimento para avaliação dessas condições no posto de trabalho (testes e aquisição de dados). Através de pesquisa bibliográfica identificou-se o modelo de prognóstico de conforto térmico regulado pela norma ISO7730 (1994) como uma alternativa para dar suporte a esta necessidade, porém sem constatação de sua aplicação em avaliação em conforto térmico em postos de motoristas de ônibus. Diante desta condição elaborou-se o problema de pesquisa: “o modelo de prognóstico de conforto térmico é aplicável na avaliação de conforto térmico no posto de motorista de ônibus?”.

Essa é a justificativa dessa pesquisa, buscar dentro dos princípios da Ergonomia, os fatores determinantes para avaliação das condições de conforto térmico no posto

de trabalho de um motorista de ônibus para que profissionais e pesquisadores possam analisar e diagnosticar as situações de trabalho, identificar os problemas existentes e propor recomendações que possam contribuir para a melhoria das mesmas.

### **1.3 Objetivos**

O objetivo principal deste trabalho é verificar a aplicabilidade do modelo de avaliação para conforto térmico ISO7730 (1994) no posto de trabalho de um motorista de ônibus. Assim proporcionar referência para desenvolvimento de novos produtos e sistemas, como por exemplo, aplicação de sensores infravermelhos com controle microprocessador, difusores de ar, películas para vidros, entre outros.

Além deste objetivo principal, também existem os seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever os aspectos fisiológicos e psicológicos que influenciam e determinam o conforto térmico;
- b) Caracterizar os critérios para análise de conforto térmico para o posto de trabalho de motorista de ônibus, sob os aspectos de parâmetros, teste e análise;
- c) Aplicar os modelos de avaliação de conforto térmico ISO7730 (1994) e ISO10551 (1995) em condição real de trabalho motorista de ônibus, identificando suas características e resultados;

### **1.4 Limitações**

Este trabalho limita-se ao âmbito do conforto térmico em posto do motorista de ônibus em condições térmicas moderadas com ênfase as condições de calor. Nesse âmbito não abrange aspectos referentes ao estresse térmico. Também o aspecto do prognóstico de conforto térmico de partes do corpo, como por exemplo isolamento proporcionado pelo assento do motorista, é abordado apenas na revisão bibliográfica.

## 1.5 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação apresenta uma pesquisa sobre conforto térmico em postos de motorista de ônibus e esta estrutura em cinco capítulos distintos que em síntese abordam:

- a) Introdução: apresenta os propósitos e razões da escolha desse tema através do panorama na qual o motorista de ônibus está inserido, a justificativa e os objetivos dessa pesquisa relacionados a avaliação do conforto térmico em posto motorista de ônibus;
- b) Fundamentação teórica: por meio de uma revisão de literatura relacionada ao conforto térmico, este capítulo apresenta o estágio de desenvolvimento do tema e oferece referencial teórico para a realização da pesquisa;
- c) Procedimentos Metodológicos: descreve os procedimentos dos métodos e técnicas utilizados para coleta de dados e análise dos resultados desta pesquisa, que permitem ao leitor reproduzir a pesquisa e conhecer: os caminhos percorridos, os materiais e equipamentos utilizados, a amostra selecionada e a forma como os dados foram tratados e analisados.
- d) Apresentação, Análises e Discussão dos Resultados: apresenta e descreve os dados levantados, expondo o que foi observado e desenvolvido na pesquisa. Utiliza de tabelas e gráficos para melhor expor as relações entre os dados obtidos e o resultado da pesquisa.
- e) Conclusão final e recomendações: descreve em síntese os principais resultados observados para atingir os objetivos e a confirmação da hipótese avaliada. Uma breve recapitulação dos capítulos e um balanço final dos resultados obtidos. Também apresenta recomendações para futuras aplicações.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por meio de uma revisão de literatura sobre os aspectos que influenciam o conforto térmico, este capítulo apresenta o estágio de desenvolvimento do tema e oferece referencial teórico para a realização da pesquisa.

### 2.1 O Ambiente Térmico Humano

O corpo responde as variáveis ambientais numa dinâmica interação que pode conduzi-lo: a morte, se a resposta superar seus limites fisiológicos; ao estresse térmico, se a resposta exigir-lhe esforço psicofisiológico adicional; ao desconforto térmico, se a resposta não atender a suas exigências fisiológicas e suas preferências térmicas; ou ao conforto térmico, se a resposta do corpo atender as exigências fisiológicas e preferências térmicas da pessoa que esta interagindo com o meio.

Segundo Parsons (2003), baseado nos estudos de Fanger realizados em câmaras climatizadas, seis parâmetros básicos definem o ambiente térmico humano, sendo quatro parâmetros ambientais: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade relativa do ar e movimento do ar e outros dois parâmetros individuais: calor gerado pelo metabolismo do indivíduo e a vestimenta do indivíduo.

#### 2.1.1 Os Parâmetros Ambientais

Os parâmetros ambientais relevantes para o conforto térmico humano são:

##### **a) Temperatura do Ar:**

Temperatura é uma medida da intensidade de energia ou de vibração das moléculas de um corpo. Calor é a energia em trânsito de um corpo (ou meio) em uma dada temperatura, a um outro corpo (ou meio) que apresenta temperatura inferior, em virtude da diferença de temperatura entre os dois. Para o ser humano é um subproduto da vida, o que fica evidente com o rápido resfriamento do corpo após a morte. Se o corpo perde energia sua temperatura diminui, ou se o corpo ganha energia sua temperatura aumenta. A transferência de energia relacionada à temperatura do ar ocorre principalmente por convecção, que é a transferência de calor entre um fluído (ar) e uma superfície sólida (corpo) e está diretamente relacionado à área, geometria, rugosidade e posição da superfície do corpo, bem

como, a velocidade do ar e ao gradiente de temperatura entre o ar e o corpo (para maiores detalhes sobre transferência de calor sugere-se SONNTAG; BORGNAKKE; WYLEN, 1998).

Por essas características a temperatura do corpo humano é um importante indicador para avaliar a condição do corpo. O ser humano é um homeotérmico, ou seja, seu corpo procura manter a temperatura interna dos órgãos e tecidos próximos a 36,8 °C (veja capítulo 2.2). A variação da temperatura interna do corpo humano decorrente da transferência de calor com o ar influencia o conforto térmico, podendo conduzir o indivíduo ao estresse térmico e a morte.

O corpo humano está em contato com sua vestimenta e ar. No caso do motorista do ônibus, uma parcela do corpo está em contato com o assento, que assim como a vestimenta forma uma barreira entre o corpo e o ar reduzindo a transferência de calor.

A temperatura do ar é definida por Parsons (2003, p.3) como sendo “a temperatura do ar circundante ao corpo humano a qual é representativa ao aspecto do ambiente que determina o fluxo de calor entre o corpo humano e o ar”. A temperatura do ar em uma grande distância ou muito perto do corpo não são representativas.

Para o motorista, o ar que o circunda pode estar estagnado ou em movimento, este último devido ao ar exterior que entra no veículo através da janela (se a mesma estiver aberta), as frestas na carroceria e os dispositivos mecânicos da carroceria (ventilador, sistema de climatização, sistema de renovação de ar). A figura 1 ilustra tal condição.

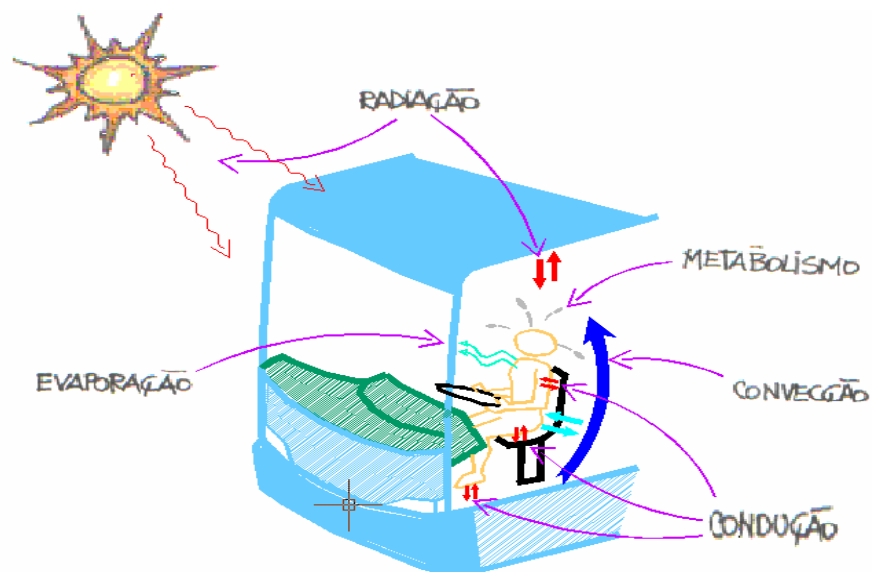


Figura 1: Ambiente Térmico do Motorista

### **b) Temperatura Média Radiante:**

Todos os corpos trocam calor por radiação. A radiação ocorre entre corpos (um emissor outro absorvedor) à distância, separados pelo vácuo ou por substâncias que lhe seja transparente. É transmitida na forma de ondas eletromagnéticas. Esta diretamente relacionada à emissividade da superfície envolvida, área e gradiente de temperatura.

A temperatura média radiante é definida por Lamberts e Xavier (2002, p.31) como sendo “a temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a transferência de calor por radiação do corpo humano e igual à transferência de calor por radiação em um ambiente real não uniforme”.

Para o motorista do ônibus, esta troca pode ocorrer em varias condições: o calor pode radiar do corpo humano para partes da carroceria (por exemplo: pára-brisas e vidros laterais quando a temperatura dos vidros é inferior a do corpo); pode ocorrer radiação de partes da carroceria para o corpo humano (por exemplo: teto) e por radiação solar. A radiação solar tem influência significativa sobre o *cockpit*, devido à área envidraça existente no mesmo que é necessária a dirigibilidade do veículo.

Para Santee e Gonzáles (apud PARSONS, 2002, p.10), “a radiação solar é identificada em três formas relevantes às trocas com o corpo humano: direta (diretamente do sol), difusa (todas as radiação proveniente do céu, exceto a direta) e refletida (radiação refletida pelo solo)”.

### **c) Umidade do Ar:**

A evaporação de líquidos do corpo humano, como por exemplo, o suor que permite a transferência de calor do corpo para o meio. Essa capacidade de perder calor é influenciada pelo fluxo de ar e pela umidade do ar. A transferência ocorre devido a diferença na relação massa de vapor d'água por massa de ar seco da mistura de ar, umidade absoluta, entre a superfície da pele e do ar ambiente. Uma analogia pode ser feita entre o ar úmido e uma toalha molhada, a umidade absoluta seria a razão entre a massa de água contida na toalha e o peso da toalha seca (Coutinho, 1998, p. 75). Quanto mais seco o ar (ou a toalha) maior a capacidade de transferir calor do corpo para o meio por evaporação. Essa capacidade é determinada através da umidade relativa que é a relação entre a massa de vapor d'água nas condições reais e a massa de vapor d'água no estado saturado, à mesma temperatura. Umidade relativa é expressa em percentagem, variando de 0%, quando a quantidade de vapor d'água é nula, até 100%, quando o ar úmido está




saturado. Voltando a analogia da toalha, seria a divisão da massa d'água contida na toalha úmida pela massa de água contida na mesma toalha, quanto a mesma começar a gotejar.

#### **d) Velocidade do Ar:**

Juntamente com a temperatura do ar influenciam a transferência de calor por convecção entre o corpo humano e o meio. Também associado à umidade do ar influenciam a perda de calor por evaporação. Na analogia da toalha (evaporação), associaria-se a velocidade do ar com a frequência do uso da toalha. A velocidade do ar é definida por Parsons (2003, p.14) como sendo “o ar em movimento que atravessa o corpo, que pode variar em tempo, espaço e direção”.

A importância dos parâmetros ambientais é que são estes os componentes aos quais se pode desenvolver dispositivos ou adaptá-lo para controlá-los e assim oferecer as pessoas condições térmicas adequadas para que possam desfrutar de bem-estar, saúde, segurança e desempenho. Em Coutinho (1998, p.140-142) tem-se relatadas duas experiências: uma delas em uma siderúrgica na qual se observou relação entre o aumento de acidentes com a aumento da temperatura e outra em uma mina onde se verificou relação de queda no desempenho com o aumento da temperatura. Grandjean (1998) descreve: “Quando a temperatura sobe mais do que o considerado ótimo de conforto surgem perturbações que primeiro atingem a percepção subjetiva, mais tarde prejudicam a capacidade física de produção do trabalhador”. No quadro 1 relaciona-se os sintomas que surgem com o aumento da temperatura:

<b>Temperatura</b>	<b>Reação no Trabalhador</b>	<b>Aspecto</b>
20°C	Temperatura Confortável	Capacidade de produção total
	Desconforto	Perturbações psíquicas
	Irritabilidade aumentada	
	Falta de concentração	Perturbações psicológicas e fisiológicas
	Queda de capacidade para trabalhos mentais	
35-40 °C	Aumento das falhas de trabalho	Perturbações psicológicas e fisiológicas
	Queda de produção para trabalhos de destreza	
	Aumento de acidentes	Perturbações fisiológicas
	Queda de produção para trabalhos pesados	
	Perturbações do equilíbrio eletrolítico	
	Fortes perturbações do coração e circulação	
	Fadiga e ameaça de esgotamento	
	Limite máximo de temperatura suportável	

Quadro 1: Efeitos do aumento de temperatura sobre o trabalhador  
Fonte: Grandjean (1998, p.300).

## 2.1.2 Os Parâmetros Individuais:

Os parâmetros individuais relevantes para o conforto térmico humano são:

### **a) Calor Gerado pelo Metabolismo:**

O calor é uma parte integral importante do organismo vivo, a reação química decorrente da oxidação dos alimentos libera energia térmica (ASHRAE, 2001; COUTINHO, 1998). Esta energia térmica denomina-se calor metabólico. O calor gerado no corpo pelo metabolismo é produzido nas células do corpo e transferido das células para ao seu arredor principalmente por condução, devido ao gradiente térmico entre as células e o seu arredor, e por convecção, devido ao movimento dos fluidos extracelulares (como por exemplo o sangue). O calor então é transferido das células internas do corpo para as da superfície da pele, onde elas podem ser dissipadas para o ambiente por condução, convecção, radiação e evaporação. Também o mesmo poderá ocorrer pelo pulmão.

Guyton (1996, p.825) define caloria como sendo:

“A intensidade da produção de calor pelo corpo é uma medida da intensidade ou velocidade com que a energia está sendo liberada pelo metabolismo dos nutrientes em todo o corpo. Isso é chamado metabolismo, que é expresso em calorias. Caloria é a quantidade de energia que está contida nos alimentos”.

Diversos fatores influenciam e modificam o metabolismo, destacam-se os seguintes aspectos (GUYTON, 1996):

- **Exercício:** curtos períodos de contração máxima em qualquer músculo pode liberar, por poucos segundos, até 100 vezes a quantidade de calor liberada no estado de repouso;
- **Ação dinâmica específica das proteínas:** refeições contendo grandes quantidades de proteína aumenta o metabolismo em até 30% e persiste de 03 a 12 horas, isso devido ao efeito estimulante de alguns aminoácidos e de outros produtos de degradação das proteínas. Refeições contendo grande quantidade de gordura ou carboidratos fazem com que o metabolismo aumente cerca de 4%;
- **Idade:** o metabolismo de uma criança é maior que em uma pessoa idosa, devido a alta velocidade das reações celulares (rápida síntese de materiais celulares e o crescimento do corpo).
- **Hormônio tireóideo:** a função básica da tiroxina é aumentar a velocidade da atividade de quase todas as reações químicas em todas as celulares do organismo. Quando secretado em grandes doses pode aumentar o metabolismo em até 100%.

Por outro lado a falta deste hormônio pode diminuir o metabolismo em até 50% do normal. O hormônio tireoidiano leva vários dias para atingir seu valor máximo e continua a atuar por um período de 4 a 6 semanas, após sai liberado pela glândula tireóide.

- A estimulação simpática com liberação da epinefrina e norepinefrina aumenta o metabolismo de muitos tecidos no organismo. Esses hormônios tem efeito direto sobre as células musculares e hepáticas, promovendo glicoginólise (degradação do glicogênio em glicose) aumentando a atividade celular a intensidade de algumas reações enzimáticas que provocam a oxidação dos alimentos. O efeito da estimulação simpática sobre certo tecido adiposo é denominado gordura marrom que contém grande número de mitocôndrias e muitos glóbulos pequenos de gordura. Nessas células, o processo da fosforilação e oxidativa nas mitocôndrias é desacoplado. Isto é, quando as células são estimuladas pelos nervos simpáticos, suas mitocôndrias produzem grande quantidade de calor, mas quase nenhum adenosina trifosfato (ATP). O recém nascido tem um número considerável dessas células adiposas, e a estimulação simpática máxima pode aumentar o metabolismo em até 100%, constituindo a termogênese sem calafrios. O ser humano adulto praticamente não tem nenhuma gordura marrom (inferior a 15%). Esse aumento no metabolismo perdura só por alguns minutos após a cessação desta estimulação;

- Hormônio sexual masculino: aumenta o metabolismo em cerca de 10 a 15%;

- Hormônio do crescimento: pode aumentar o metabolismo em 15 a 20% em consequência direta do metabolismo celular;

- Febre: aumenta o metabolismo devido ao aumento da velocidade de todas as reações enzimáticas;

- Clima: em climas tropicais o metabolismo de uma pessoa tende a ser menor que em regiões árticas. Essa diferença se dá, em parte, devido à adaptação da glândula tireóide que diminui sua secreção em climas quentes e aumenta em climas frios. Isso explica o fato de muitas pessoas desenvolverem hipertireodismo em climas frios;

- Sono: durante o sono, o metabolismo diminui de 10 a 15%, provavelmente devido a redução da atividade do sistema nervoso simpático e do tônus muscular. Davies, *et al.*, complementa citando que nas primeiras horas da manhã a

temperatura do corpo é 36,2°C e atingem a sua temperatura máxima de 37,4°C a tarde;

- Desnutrição: quando prolongada pode diminuir o metabolismo em 20 a 30%, ocasionada pela escassez das substâncias alimentares necessárias nas células;
- Durante o ciclo menstrual o nível mais elevado de progesterona aumenta o metabolismo (DAVIES, *et al.*, 2002);

O procedimento para determinação do calor gerado pelo metabolismo é descrito na norma ISO8996/1990. Como é muito difícil medir o metabolismo, na norma ISO8996 (1990) são apresentadas tabelas com as taxas metabólicas por atividade, que podem ser verificadas no anexo A.

#### **b) Vestimenta:**

A maioria das pessoas apresenta seu corpo coberto por vestimenta a maior parte do tempo de suas vidas. A vestimenta proporciona uma resistência térmica entre o corpo e o ambiente. Dessa forma permite ao ser humano transitar em ambientes variados mantendo um estado térmico aceitável. Sem vestes, o corpo humano estaria totalmente exposto às condições ambientais trocando calor sem nenhuma resistência térmica. Roupas reduzem a perda de calor do corpo. É importante lembrar que o estofamento dos assentos e camas reduz a perda de calor do corpo também, e isto deve ser considerado.

Algumas características relevantes das vestes (ASCHCROFT, 2001):

- Assim como em alguns animais que ouriçam o pelo em condições de perda de calor, vestes com pelo na parte interna retêm ar (o ar sem movimento tem baixa condutividade) aumentando significativamente a eficiência da veste contra a condução de calor da superfície para o corpo;
- A emissividade da veste pode contribuir para ganho ou perda de calor por radiação;
- Aberturas de ventilação nas vestes, como as utilizadas pelos habitantes do deserto, permitem a passagem de ar necessário para evaporação do suor e conseqüente perda de calor. Trata-se do “efeito chaminé” também descrito por Davies, *et al.*, (2002);
- A veste molhada ou úmida perde capacidade de isolamento, devido à alta condutividade da água que se encontra nas veste;

Nas avaliações de conforto térmico é importante conhecer a resistência térmica das vestes que usualmente utilizam como unidades o “clo” que é igual a  $0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ . A determinação do “clo” é abordada na norma ISO9920 (1995) que descreve a estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa das vestes. Também nesta norma apresentam-se valores básicos de isolamento térmico para trajas típicos bem como para peças de roupas, aos quais estão constam no anexo B.

## 2.2 Fisiologia Térmica Humana

Na condição de homeotérmico, o ser humano mantém a temperatura interna (temperatura basal) próxima a  $36,8^\circ\text{C}$  em termos de produção de calor e troca de calor com o ambiente (ASHRAE, 2001). Para a manutenção desta condição vital, o corpo dispõe de um sistema denominado termorregulação que faz inconscientemente um dinâmico equilíbrio da temperatura corporal, respondendo com alterações no organismo as mudanças contínuas das condições térmicas externas. Os sensores de tecidos profundos específicos e os sensores da pele fornecem ao hipotálamo informações sobre a temperatura basal real e a temperatura da pele real, este por sua vez processa essa informação comparando com a temperatura basal ideal, aproximadamente  $36,8^\circ\text{C}$  e a temperatura da pele ideal estimada em  $33,7^\circ\text{C}$ .

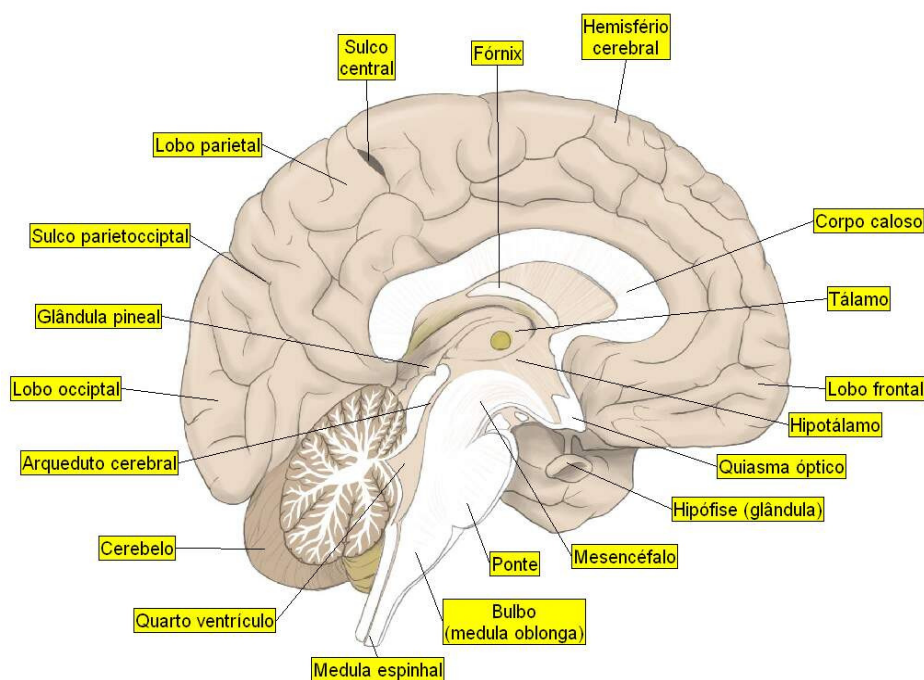


Figura 2: Complexo Interconectado de Elementos do Cérebro  
Fonte: Guyton (1996)

Quando a temperatura real é superior a ideal o corpo perde calor por vasodilatação e, se for necessário, através do suor. Se a temperatura real é inferior a ideal, o calor é preservado através da vasoconstrição e, se necessário com calafrios e pilo ereção. Este centro de controle da termorregulação, o hipotálamo, reage às variações da temperatura de  $0,1^{\circ}$  a  $0,3^{\circ}\text{C}$  (COUTINHO, 1998). Na parte central da figura 2, que demonstra a seção do cérebro, pode-se verificar a localização do hipotálamo logo abaixo do Tálamo.

Na região do hipotálamo anterior pré-óptica encontram-se muitos neurônios sensíveis ao calor e 1/3 dos neurônios sensíveis ao frio. “Acredita-se que esses neurônios possam funcionar como sensores térmicos para controlar a temperatura corporal” (GUYTON, 1996, p. 826). Na figura 3, pode-se distinguir as áreas do hipotálamo que relacionam-se com a termorregulação.

Além do hipotálamo, existem os receptores térmicos da pele e de alguns tecidos profundos específicos que desempenham papel importante na regulação da temperatura. A pele possui mais receptores para o frio do que para o calor (Davies, *et al.*). Quanto aos receptores térmicos profundos, são encontrados principalmente na medula espinhal, vísceras abdominais e no interior ou ao redor das grandes vias. Esses receptores ficam mais expostos à temperatura central do que à temperatura superficial.

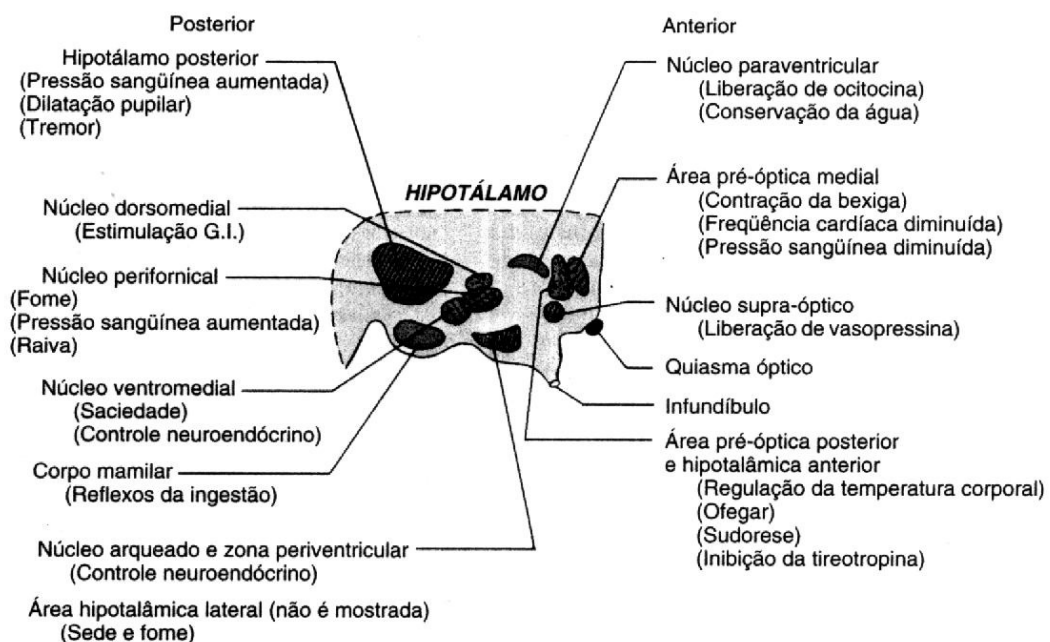


Figura 3: Vista Sagital dos Centros de Controle do Hipotálamo  
Fonte: Guyton (1996)

O hipotálamo anterior transmite sinais termostáticos para a área do hipotálamo posterior. “Os sinais oriundos da área pré-óptica e os provenientes da periferia corporal combinam-se para controlar as reações destinadas a produzir e conservar calor” (GUYTON, 1996, p. 830). Davies, *et al.*, também descrevem que os sinais provenientes dos receptores da pele enviam informações ao hipotálamo podendo antecipar a necessidade de resfriamento ou aquecimento. Existe ainda uma área chamada centro motor primário para calafrio, que em condições normais é inibida, e excitada por sinais frios oriundos da pele e medula espinhal.

### 2.2.1 Modelo de Termorregulação:

Simplificadamente apresenta-se na figura 4 um diagrama do sistema de termorregulação proposto por McIntyre, 1985 (apud PARSONS, 2003). Pode-se identificar as principais rotas de comunicação nas linhas reforçadas e os procedimentos de acordo com a diferença da temperatura basal em relação a temperatura ideal. Havendo diferença entre as temperaturas, o sistema comanda os respectivos mecanismos de controle como a vasodilação e a sudorese (quando a temperatura basal aumenta ultrapassando a temperatura ideal) e a vasoconstrição e os calafrios (quando a temperatura basal diminui posicionando-se abaixo da temperatura ideal).

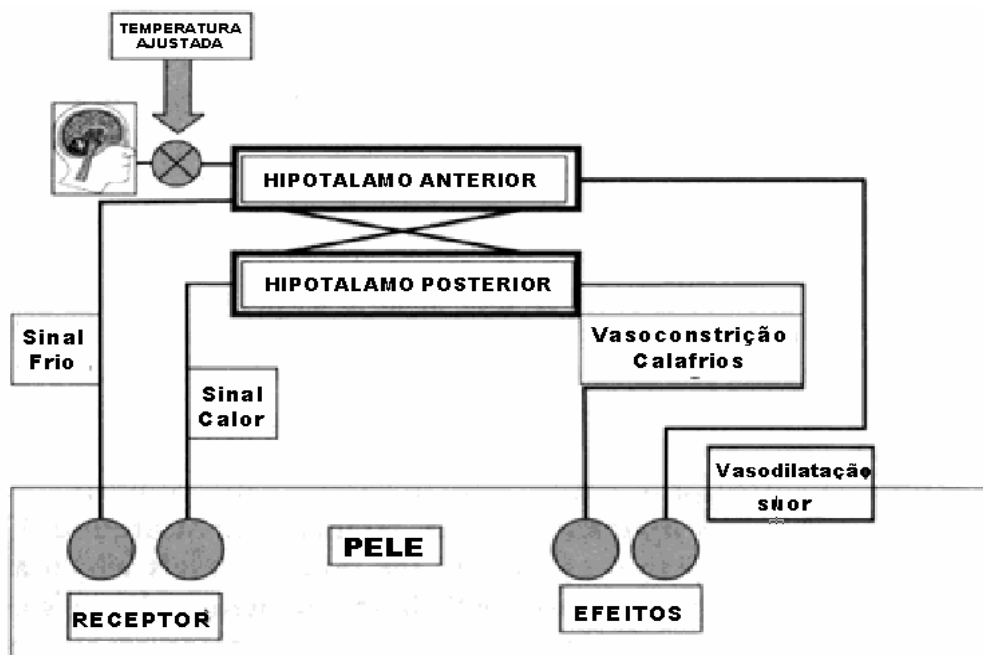


Figura 4: Diagrama do Sistema Termorregulação  
Fonte: Parsons (2003)

**Temperatura Interna:** também designada temperatura basal é a temperatura dos tecidos mais profundos (cérebro, coração e órgãos abdominais). Seu valor de referência apresenta-se próximo  $36,8^{\circ}\text{C}$  (ASHRAE, 2001). Segundo Parsons, temperatura interna pode ser medida no reto, esôfago (com maior proximidade a temperatura do sangue fluindo direto do coração) e também da membrana timpânica (com maior proximidade a temperatura do hipotálamo e cérebro).

**Temperatura da pele:** é a temperatura a qual se encontra a superfície do corpo, os tecidos que encontram-se em contato com o parâmetros físicos do ambiente. Seu valor de referência apresenta-se próximo de  $33,7^{\circ}\text{C}$  (ASHRAE, 2001). A temperatura da pele varia entre diferentes partes do corpo e é suscetível a variação ambiental, também se apresenta menos elevada que a temperatura interna do corpo, variando para menos  $1^{\circ}\text{C}$ . Na figura 5, uma imagem produzida através de uma câmera com termo visor permite a distinção das temperaturas nas diversas partes de um corpo não vestido. Nesta figura pode-se observar que na zona do tronco as cores predominantes são em tons vermelho e amarelo, representando maior temperatura nesta área. As extremidades, como mãos e pés, apresentam-se em tons azul e roxo que representam temperaturas mais baixas.

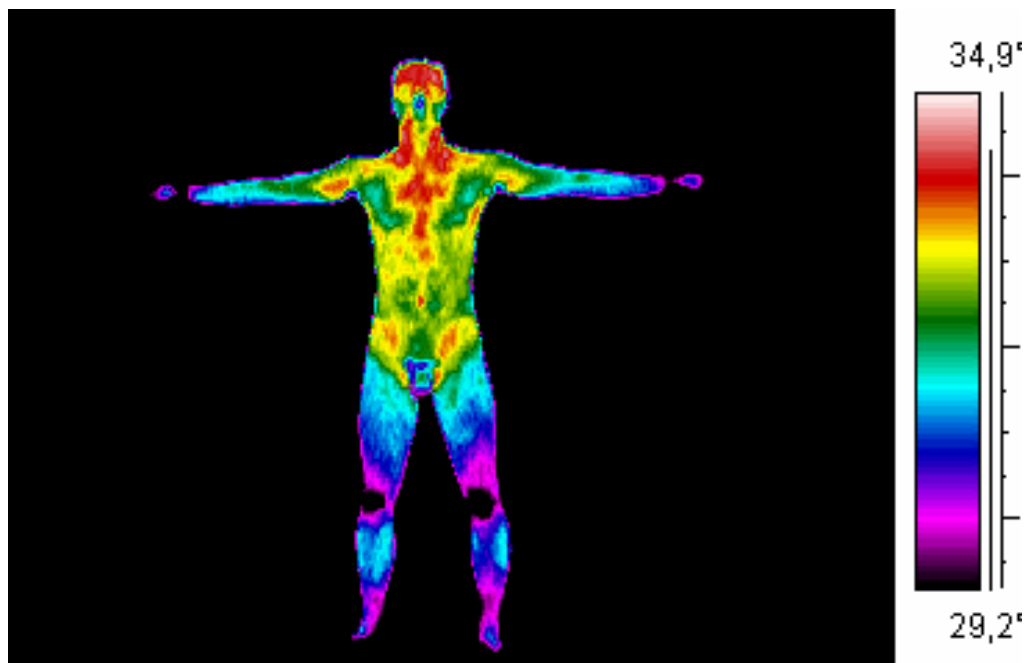


Figura 5: Temperatura da Superfície da Pele  
Fonte: Thermotronics, 2003



A explicação para tal condição é que devido ao individuo apresentar-se despido para a fotografia esta sofrendo uma vasoconstricção, e o seu sangue esta sendo canalizado para vasos profundos para conservação do calor do corpo.

A transferência de calor através do fluxo sangüíneo do centro do corpo para a pele (...) se dá pelo influxo de sangue provenientes dos capilares cutâneos. Nas áreas mais expostas do corpo como as mãos, os pés, as orelhas o sangue é suprido diretamente das pequenas artérias para o plexo, através de anastomoses arteriovenosas extremamente muscular.

A velocidade do fluxo sangüíneo no plexo venoso pode variar, ou seja, (...) a alta velocidade faz com que o calor seja conduzido das porções internas do corpo para a pele com grande eficiência, enquanto que a redução da velocidade diminui a eficiência de condução de calor a partir das partes centrais do organismo. (GUYTON 1996, p.826)

**Vasodilatação:** ocorre quanto a temperatura basal é superior a temperatura ideal, determinando uma dilatação dos vasos periféricos e aumento da vazão do sangue, possibilitando a dissipação de uma maior quantidade de calor do interior do corpo para a superfície da pele. O sangue é desviado para mais perto da superfície da pele, aumentando a perda de calor. Isso pode ser percebido através do avermelhamento da pele que ocorre quando o indivíduo esta com calor (ASCHCROFT, 2001). Pode-se fazer uma analogia com um sistema de arrefecimento de um motor de automóvel, em que o coração substitui a bomba d'água, o sangue faz o papel de liquido de arrefecimento e a pele comporta-se com o radiador (vide figura 6). Associada a vasodilatação ocorre a produção de suor, veja abaixo descrição do processo.

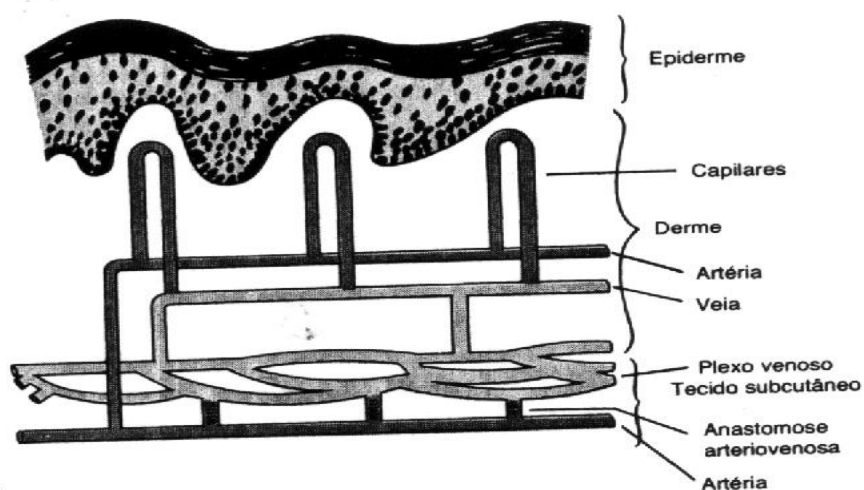


Figura 6: Circulação Sangüínea na Superfície da Pele  
Fonte: Guyton (1996)

**Vasoconstrição:** ocorre quando a temperatura basal é inferior a temperatura ideal, determinando uma constrição dos vasos periféricos e redução da vazão de sangue, impedindo a perda excessiva de calor. Nesta condição o sangue é canalizado para vasos profundos, conservando o calor. Para que as células periféricas não fiquem por muito tempo sem oxigenação, esse modo é alternado com vasodilatação. Associados a vasoconstrição ocorrem calafrios, veja a seguir descrição do processo. Também ocorre a piloereção, onde os pelos dispostos na superfície da pele se levantam na tentativa de reter uma camada de ar entre o corpo e o ambiente e assim prover uma camada isolante (ASCHCROFT, 2001). Todavia esse recurso tem pouca contribuição em seres humanos comparado com outros animais devido a pouca quantidade de pelos.

**Calafrio:** quando a temperatura corporal cai, o centro motor primário para calafrio é ativado. A seguir, transmite sinais que causam calafrios através de feixes bilaterais que descem pelo tronco cerebral para as colunas laterais da medula espinhal e para os neurônios motores anteriores. Calafrios são contrações simultâneas e não sincronizadas das fibras musculares nos músculos exterior e flexor. O calafrio pode variar de intensidade de ameno a violento, aumentando o metabolismo e produzindo de 70W/m<sup>2</sup> até 200 W/m<sup>2</sup> (GUYTON, 1996).

A produção de suor, ou sudorese, é provocada pela estimulação do hipotálamo anterior – área pré-óptica. Impulsos provenientes desta área transmitidos vias autonômicas para a medula e daí, pela via simpática, para a pele de todo o corpo (figura 7, demonstrando constituição da pele e localização da glândula sudorípara).

As glândulas sudoríparas, que secretam o suor, são compostas por fibras nervosas simpáticas colinérgicas (que secretam acetilcolina). A epinefrina e a noripifrina, circulante no sangue, também podem estimular estas glândulas, embora as próprias glândulas não tenham qualquer componente adrenérgica. Durante o exercício esses hormônios são secretados pela medula da supra-renal e o organismo precisa perder calor adicional produzido pelos músculos ativos.

A glândula sudorípara é uma estrutura composta por duas partes (figura 7):

- Porção dutal que se dirige externamente através da derme e epiderme da pele;
- Porção espiralada, subdímica profunda, que secreta um líquido chamado secreção primária ou percussora que é um produto secretor ativo das células epiteliais que reveste esta porção. “As fibras nervosas simpáticas colinérgicas

que terminam nas células glandulares ou e sua proximidade desencadeiam a secreção” (GUYTON, 1996, p. 828).

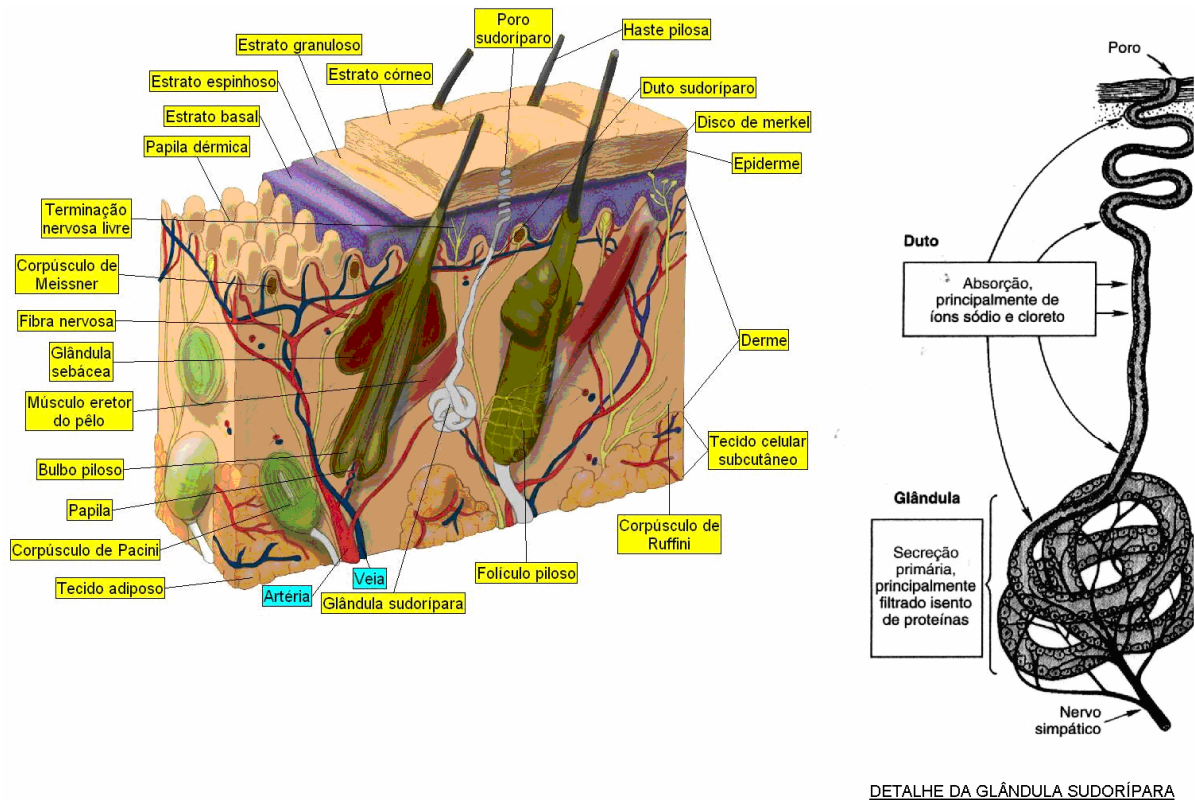


Figura 7: Localização e detalhe da Glândula Sudorípara  
Fonte: Guyton (1996)

### 2.2.2 Sistema Sensorial Térmico:

O corpo depende da informação sensorial para responder ativamente as condições de estado do ambiente e do corpo (interno). A sensação externa é em grande parte consciente, porém apresenta-se em níveis subconscientes também. Já com relação às informações do estado interno do corpo, na sua maior parte não são de ordem consciente. O sistema sensorial divide-se:

- Sensação somática: reage a estímulos mecânicos, térmicos e químicos do corpo e face;
- Sensação visceral: relacionado aos órgãos internos;

O sistema sensorial dispõe de diversas qualidades de sensores, sendo que cada qual responde a estímulos de sua qualidade. Por exemplo, os termorreceptores

respondem a estímulos térmicos. As respostas são transmitidas aos neurônios por meio de energia eletroquímica decorrente do fluxo de íons através da membrana celular, num processo denominado transdução (Davies, *et al.*, 2002).

O estímulo é o impulso necessário para o acionamento do termorreceptor. Suas características são importantes para a interpretação do sistema sensorial, tais como: modalidade, quantidade, intensidade, duração e localização.

Quando sofre ação de um estímulo, como a variação de temperatura, o sensor responde ao sistema por intermédio de variação do potencial receptor, que por sua vez são codificadas como rajadas de potenciais de ação (de acordo com a intensidade e duração do estímulo) que ocorrem nos terminais periféricos do neurônio aferente primário.

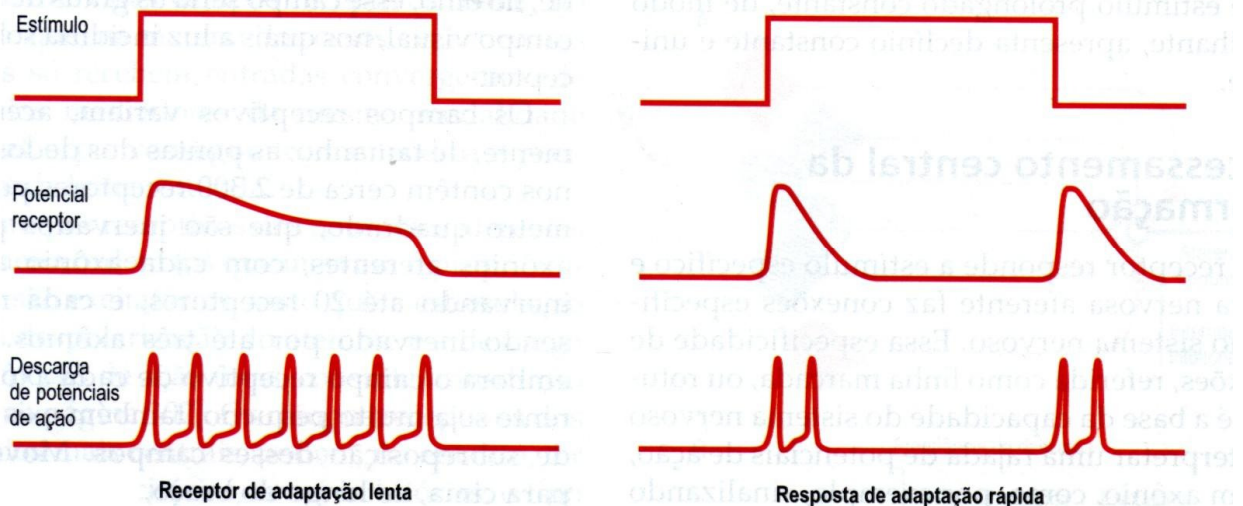


Figura 8: Adaptação Lenta e Rápida  
Fonte: Davies, *et al.*, (2002)

Em resposta ao estímulo mantido os potenciais receptores diminuem de amplitude, caracterizando uma importante propriedade dos receptores sensoriais, a adaptação. A adaptação pode ser lenta ou rápida, sendo a adaptação lenta mantém sua descarga por toda a duração do estímulo, apresentando um decréscimo da frequência conforme a duração do estímulo. Já os de adaptação rápida respondem com breve rajada de impulsos no início e fim do estímulo mantido (figura 8). Os termorreceptores são receptores de adaptação lenta.

Para que ocorra descarga de potencial de ação nos neurônios eferentes existe uma intensidade mínima do estímulo, denominada limiar. Uma intensidade abaixo do limiar não gera potencial de ação. A intensidade de estímulo é uma medida de sua

força ou de sua quantidade. Assim a percepção do estímulo só pode ocorrer se a descarga de potencial de ação superar o limiar, de modo a haver somação temporal das entradas sinápticas (no nível do segundo neurônio da via aferente) ou se mais de um, dos aferentes que convergem em um mesmo segundo neurônio, estiver descarregando de modo a produzirem somação espacial.

A área estimulada que leva o neurônio sensorial a descarregar potencial de ação é denominado campo receptivo. Os campos receptivos variam de tamanho e concentração conforme a região do corpo. O seu tamanho é um dos principais fatores determinísticos da capacidade de localização precisa dos estímulos. Quando maior o campo menor a precisão, como por exemplo, os do tronco que são 100 vezes maior que os dos dedos.

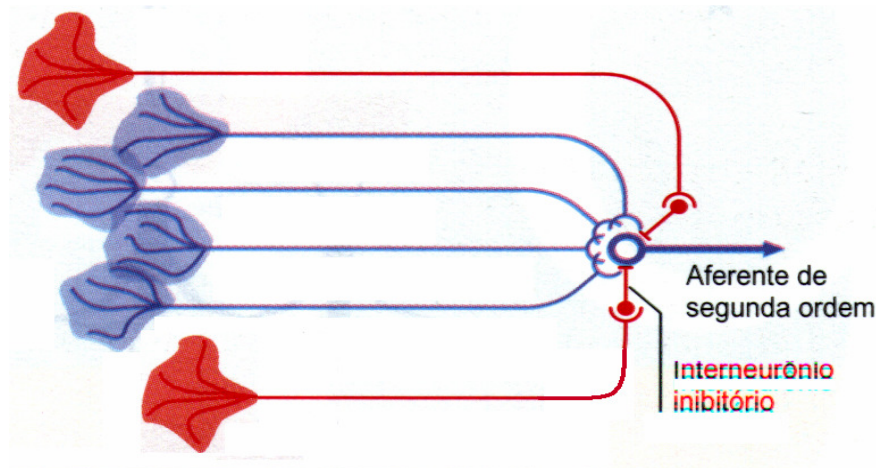


Figura 9: Vias Sensoriais Térmicas  
Fonte: Davies, *et al.*, (2002)

As vias sensoriais (figura 9) são os caminhos que conectam os termorreceptores ao hipotálamo e córtex somatossensorial. Em primeiro nível encontra-se o neurônio aferente de primeira ordem, denominado termorreceptor. Os termorreceptores são classificados em receptores para o frio e para o calor. Os receptores para o frio são inervados por axônios mielinizados aos quais são fibras nervosas de classe A $\delta$ , com diâmetro entre 1 e 5 milímetros, velocidade de condução de 3 a 30 m/s e mielinização positiva. Já os receptores para o calor são inervados por axônios amielínicos aos quais são fibras nervosas de classe C com diâmetro inferior a 1 milímetro, velocidade de condução inferior 2 m/s e mielinização negativa.

Os neurônios eferentes de primeira ordem (termorreceptores) condutores de informação somáticas dos membros e tronco tem sua conexão sináptica nos gânglios da raiz dorsal da medula espinhal (sistema ântero-lateral). O sistema

ântero-lateral, aferente de segunda ordem, projeta-se para o tálamo, aferente de terceira ordem, que projeta-se para o córtex somatossensorial.

Já os neurônios eferentes de primeira ordem condutores das informações somáticas da cabeça e face têm suas conexões sinápticas no nervo trigêmeo. O nervo trigêmeo, eferente de segunda ordem, projeta-se ao tálamo e este ao córtex somatossensorial.

No córtex somatossensorial as informações sobre o ambiente são processadas com as experiências pessoais (memória), motivações e emoções presentes resultando nas sensações térmicas conscientes.

Além das sensações conscientes, as informações somáticas são importantes para a regulação térmica corporal (inconsciente).

## 2.3 Psicologia Térmica Humana

O ambiente térmico exerce uma forte influência sobre a sensação térmica e o comportamento humano, aos quais são respostas psicológicas.

Embora do ponto de vista físico e fisiológico, apresentados nos capítulos anteriores, o ser humano seja representado como uma máquina térmica e sua interação com o ambiente térmico baseada no balanço térmico representado pelos seis parâmetros, tais condições não podem prever as respostas psicológicas.

Para Parsons (2000), a sensação térmica esta relacionada com o “como a pessoa sente” e é então uma experiência sensorial e um fenômeno psicológico.

Segundo à Psicologia o processo de julgamento do conforto térmico são elucidados pelos conceitos de sensação e percepção.

A sensação é um fato psicofisiológico provocado pela excitação de um órgão sensorial (FOLQUIE, 1952 apud SANTOS, 1967). Não se trata somente de um processo psicológico por causa de sua correlação fisiológica-psicológica.

Como descreve Santos o fenômeno da sensação é decorrente de três condições fundamentais:

**Excitação:** de natureza física, é o provocador que age sobre o órgão sensorial. No caso do conforto térmico, enquadrariam-se como elementos provocadores os elementos intercâmbio térmico entre o meio e o indivíduo (convecção, condução, radiação e evaporação);

**Impressão:** de natureza fisiológica, são as modificações que se procedem nos órgãos sensoriais e que se transmitem por fibras nervosas aos centros cerebrais (hipotálamo);

**Sensação:** de natureza psicológica, é o estado de consciência resultante dos processos de excitação e impressão. A sensação pode ser distinguida ainda em duas linhas: as que nos dão noção de qualidade ou de um estado (por exemplo: frio ou calor) e as que determinam o conhecimento de um objeto determinado, a qual se denomina percepção (por exemplo: vento forte esfria).

A percepção apresenta um papel importante na vida diária do indivíduo, pois é por meio dela que o indivíduo atribui significado as coisas, ações e feitos. Rodriguez e Delgado(1998) descrevem o processo de percepção como sendo a atribuição de significado à estímulos internos (por exemplo: fome ou sede) e externos (por exemplo: frio ou calor). Somente os estímulos aos quais o indivíduo presta atenção são selecionados e fragmentados para posteriormente serem remontados mentalmente como um quebra-cabeças (significado). O significado atribuído esta sob influência de fatores externos (pressão do grupo, interação e grupos de referência) e fatores internos (objetivos, necessidades, valores e experiência prévia). Também é importante ressaltar que a percepção varia para cada individuo, sendo para o mesmo uma verdade e que somente se modifica com dados que comprovem o contrário.

Na figura 10 Goedert e Batiz (2004) relacionam em síntese os conceitos acima descritos sobre o processo de julgamento de conforto térmico com ênfase em cada etapa e caracterizando que o conforto não é um fenômeno nem puramente fisiológico nem tão pouco um fenômeno puramente psicológico, e sim um fenômeno psicofisiológico na qual ambos são correlacionados e interdependentes.

Outro ponto importante abordado por Parsons (2003) esta relacionado ao prazer térmico. Trata-se de um fenômeno transiente, que ocorre na tentativa de manter o corpo em equilíbrio térmico, ou neutralidade. Quando uma pessoa tem queda na sua temperatura interna e esta sofrendo perda de calor, isto produz um desprazer. Por outro lado, a preservação desse calor ou ganho de calor proporciona a pessoa prazer. Da mesma forma ocorre quando tem aumento de sua temperatura interna. Isto não ocorre quando a pessoa esta em equilíbrio térmico, ou neutralidade. Ocorre somente em desequilíbrio térmico e é tido como uma motivação para um comportamento na qual possa restaurar o equilíbrio.



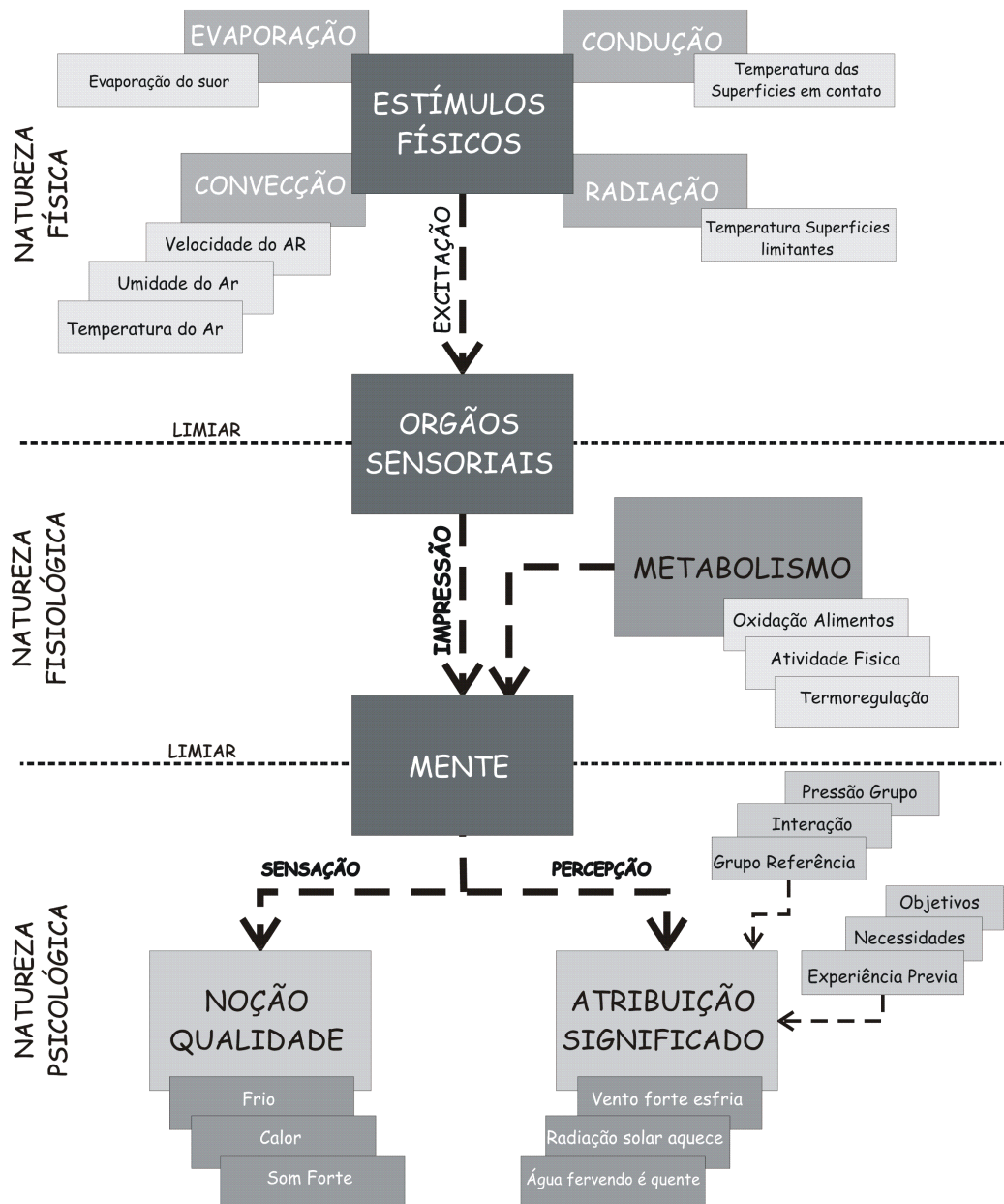


Figura 10: Processo de Julgamento do Conforto Térmico  
Fonte: Goedert e Batiz (2004)

Existem muitos estudos que correlacionam às condições físicas e respostas fisiológicas com sensação térmica e é a partir desses estudos que modelos para prognóstico da sensação térmica de grupos de indivíduos foram baseados. São estes modelos largamente utilizados por projetistas e engenheiros para prognosticar o conforto no ambiente, o mais comum deles é o desenvolvido pelo dinamarquês Olé Fanger (LAMBERTS; XAVIER, 2002). Embora muito trabalho tenha sido realizado relacionando o ambiente térmico e os efeitos psicológicos sobre a sensação térmica e o conforto térmico, estes trabalhos basicamente resultaram em



modelos numéricos para prognóstico do ambiente que relacionam uma média de respostas individuais. Parsons (2000) alerta que estes dados, mesmo largamente utilizados em muitas aplicações, não oferecem a possibilidade de entender as respostas psicológicas e podem ser inadequados em algumas situações. Ressalta também que é importante reconhecer que a sensação térmica descreve como a pessoa se sente, não como o ambiente pode ser descrito. A aplicação de uma avaliação com ferramentas da psicologia em situação prática oferece uma visão holística e conseqüente maior entendimento do comportamento humano no ambiente térmico e suas respostas (maior descrição sobre avaliação psicológica será abordada no item 2.5).

## **2.4 Conforto Térmico e o Estresse Térmico**

Há muito tempo o homem tem procurado criar ambientes termicamente confortáveis, como demonstram os diversos recursos aplicados nas construções civis, automóveis, trens, aviões, entre outros ambientes, onde criar um ambiente termicamente confortável é um parâmetro considerado quando os mesmos estão sendo projetados.

O conforto térmico apresenta diversas definições, as quais possuem uma mesma base: o julgamento do indivíduo quanto ao ambiente em que está inserido. Veja:

- “Conforto Térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. (ASHRAE, 2001, p.8.1; ISO7730, 1994, p.5)
- “Conforto Térmico é um fenômeno psicológico, não relacionado diretamente ao ambiente físico ou estado físico lógico” (PARSONS, 2003, p.196).
- Segundo o autor desta pesquisa: “Conforto Térmico é um significado de satisfação atribuído pelo indivíduo a uma condição térmica do ambiente a qual se encontra inserido. É decorrente de um fenômeno psicofisiológico”.

O conforto térmico está relacionado com a sensação térmica. Sensação é um fenômeno psicofisiológico (vide capítulo 2.3). A sensação térmica reflete como as pessoas sentem-se termicamente, conforto térmico reflete como as pessoas percebem o ambiente. Pode-se distinguir essas diferenças nas escalas propostas por Bedford e ASHRAE (PARSONS, 2003, p. 63) apresentadas no quadro 2, são as escalas mais comuns utilizadas para avaliação do ambiente térmico.

Escala Conforto de Bedford		Escala Sensação ASHRAE	
Calor demais	7	Quente	7
Muito aquecido	6	Acalorado	6
Confortavelmente aquecido	5	Levemente acalorado	5
Confortável	4	Neutro	4
Confortavelmente fresco	3	Levemente resfriado	3
Muito fresco	2	Resfriado	2
Frio demais	1	Frio	1

Quadro 2: Escalas de Conforto e Sensação  
Fonte: Parsons (2003)

Também as mesmas podem ser encontradas com o valor zero (0) atribuído para os pontos confortável e neutro, valor +3 para os extremos calor demais e quente, valor -3 para os extremos frio demais e frio (valores intermediários seguem a seqüência numérica).

O estresse térmico pode ser considerado como o estado psicofisiológico a que esta submetido o indivíduo, quando exposto a situações ambientais extremas de frio ou calor (LAMBERTS; XAVIER, 2002). Quando submetido a estas condições o indivíduo apresenta debilitação do estado geral de saúde, alterações das reações psicossensoriais e a queda da capacidade de produção (COUTINHO, 1998).

Por tratar-se de condições ambientais extremas, que se encontram fora dos limites de conforto térmico, este item não será desenvolvido neste trabalho (sugere-se COUTINHO, 1998 para detalhes neste aspecto).

## 2.5 Avaliação Térmica

Conforme Parsons (2003, p.93), “para avaliar o ambiente térmico humano pode ser necessário quantificar o ambiente (parâmetros físicos), seus efeitos (psicofisiológicos) e interpretar os valores obtidos em termos de saúde, conforto e performance de sua exposição”. Assim tem-se a mensurar:

- Parâmetros físicos
- Respostas fisiológicas
- Respostas psicológicas

Os valores obtidos de medição dos parâmetros físicos e fisiológicos podem ser utilizados em modelos de prognóstico térmico em ambientes, um exemplo desses modelos é o regulado pela ISO7730/1994. Aplicando esses valores em formulas pode-se comparar os resultados com índices baseados em dados estatísticos de estudos realizados em câmaras climáticas reunindo os fatores que influenciam a

resposta humana. Estes índices térmicos decorrentes dos modelos de prognóstico são ferramentas úteis para estimar a percepção do indivíduo com relação a um ambiente térmico, principalmente em fase de elaboração de projeto comparando diferentes soluções de projeto.

Entretanto para uma avaliação completa faz necessário mensurar as respostas psicológicas, afinal os índices térmicos estimam aproximações da percepção do indivíduo e não podem explicar porque ele percebe o ambiente confortável ou desconfortável.

### 2.5.1 Instrumentos para Medição Térmica

Os instrumentos permitem medições objetivas das condições ambientais. Servem para quantificar e balizar outras avaliações como os índices térmicos e os métodos subjetivos. Nas avaliações deve-se tomar cuidado para o que se deseja medir e qual instrumento e uso estão relacionados a isto. Outros fatores importantes são: precisão, tempo de resposta e faixa de operação. Relacionam-se no quadro 3 os principais objetos de medição e características dos instrumentos de medição extraídos da ISO7726, 1998:

<b>OBJETO</b>	<b>FAIXA OPERAÇÃO</b>	<b>INCERTEZA</b>	<b>TEMPO RESPOSTA</b>	<b>INSTRUMENTO APLICÁVEL</b>
Temperatura do ar	10°C a 40°C	Requerida: $\pm 0,5$ °C Desejada: $\pm 0,2$ °C	Menor possível	Termômetro
Temperatura Média Radiante	10°C a 40°C	Requerida: $\pm 2$ °C Desejada: $\pm 0,2$ °C	Menor possível	Termômetro Globo Negro
Velocidade do Ar	0,05 m/s a 1 m/s	Requerida: $\pm (0,05 + 0,05 V_a)$ m/s Desejada: $\pm (0,02 + 0,07 V_a)$ m/s	Requerido: 0,5 s Desejável: 0,2 s	Anemômetro
Umidade	0,5 kPa a 3,0 kPa	$\pm 0,15$ kPa	Menor possível	Higrômetro
Temperatura Superficial	0°C a 50°C	Requerida: $\pm 1$ °C Desejada: $\pm 0,5$ °C	Menor possível	Termômetro infra-vermelho

Quadro 3: Características dos Instrumentos de Medição  
Fonte: ISO7726, 1998

Cuidados também devem ser adotados na coleta dos dados com os instrumentos de medição. As características físicas do ambiente variam em tempo e espaço. Quanto ao espaço deve-se avaliar se o ambiente é homogêneo ou heterogêneo. A ISO7726 (1998) define o ambiente como homogêneo quando as variáveis ao redor do indivíduo objeto de avaliação forem praticamente constantes. Assim para conforto térmico se a variável apresentar um gradiente entre pontos inferior a três (3) vezes o

valor da incerteza requerida do instrumento, para temperatura do ar, ou duas (2) vezes a precisão requerida do instrumento, para as demais variantes ambientais, o ambiente é considerado homogêneo. Se os valores forem superiores a estas condições o ambiente é considerado heterogêneo.

Um ambiente considerado heterogêneo necessita vários pontos de medição ao redor do indivíduo e o valor médio considerado para efeito avaliação. Assim medições de conforto devem ser realizadas conforme quadro 4 que determina a localização e quantidade de pontos a medir.

Local do Sensor	Altura do Sensor	
	Ambiente Homogêneo	Ambiente Heterogêneo
Nível da Cabeça	Não Aplicável	1,1 m sentado / 1,7 m de pé
Nível do Abdômen	0,6 m sentado / 1,1 m de pé	0,6 m sentado / 1,1 m de pé
Nível do Tornozelo	Não Aplicável	0,1 m sentado / 0,1 m de pé

Quadro 4: Localização do Sensor  
Fonte: ISO7726, 1998

Além da variação espacial das condições ambientais acima abordadas, podem ocorrer variações ao longo do tempo de exposição. Logo deve-se verificar se o ambiente é estacionário ou flutuante. Assim para conforto térmico se a variável apresentar um gradiente inferior a três (3) vezes o valor da incerteza requerida do instrumento ao longo do tempo de exposição, para temperatura do ar, ou 2 vezes a incerteza requerida do instrumento, para as demais variantes ambientais, o ambiente é considerado estacionário. Se o ambiente não for considerado estacionário deverão ser feitos registros das principais variações dos parâmetros em função do tempo.

Algumas recomendações para uso dos instrumentos:

- Efeito radiação: na medição de temperatura do ar proteger o sensor contra os efeitos da radiação;
- Inércia térmica: a medição de temperatura do ar não deve ser realizada num intervalo menor que 1,5 vezes o tempo de resposta do sensor. Para o termômetro de globo negro padrão 20 a 30 minutos é necessário;

- Emissividade: para avaliação da temperatura radiante de radiações de ondas curtas (ex. radiação solar) recomenda-se usar globo com pintura que represente a emissividade das roupas;

A norma ISO7726 (1998) apresenta detalhes completos sobre características dos instrumentos de medição das variáveis físicas e métodos de medição desses parâmetros.

Existem atualmente *kits* para medição e instrumentos compostos que incluem o uso de equipamentos de aquisição de dados digital permitindo a aplicação direta dos modelos de conforto térmico e emissão do resultado automaticamente. Na figura 11, apresenta-se um instrumento composto utilizado para avaliação de conforto térmico em veículos. Os sensores estão dispostos conforme a ISO7726 (1998), abrangendo as zonas da cabeça, tronco e tornozelos. Também uma unidade de aquisição de dados esta incorporada, permitindo uma aquisição mais refinada.

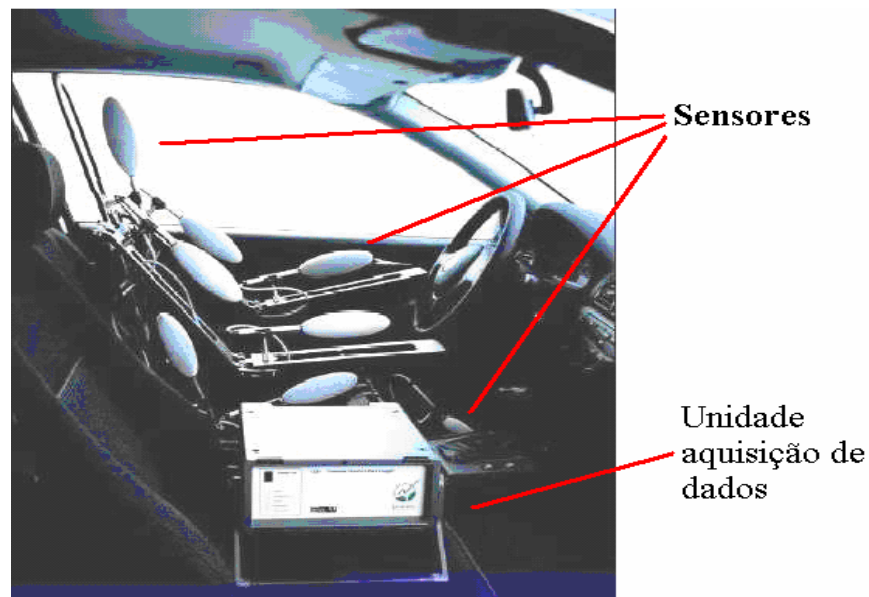


Figura 11: Instrumento Composto  
Fonte: Catalogo da Empresa Innova Air Tech Instruments

Outro avanço recente são os manequins térmicos que são aquecidos representando o corpo humano, a potência térmica dissipada, respiração e suor. Tais funções são controladas por lógica Fuzzy (lógica que tenta imitar os métodos de raciocínio do cérebro humano). O manequim, como por exemplo Adam (Adão) apresentado na figura 12, tem toda superfície do boneco mapeada por zonas e onde estão dispostos sensores que permitem a análise do conforto nos aspectos geral e

localizado. Adam é assistido por unidade de controle microprocessada que controlam o seu funcionamento e unidade de aquisição de dados que armazena os dados dos parâmetros ambientais.

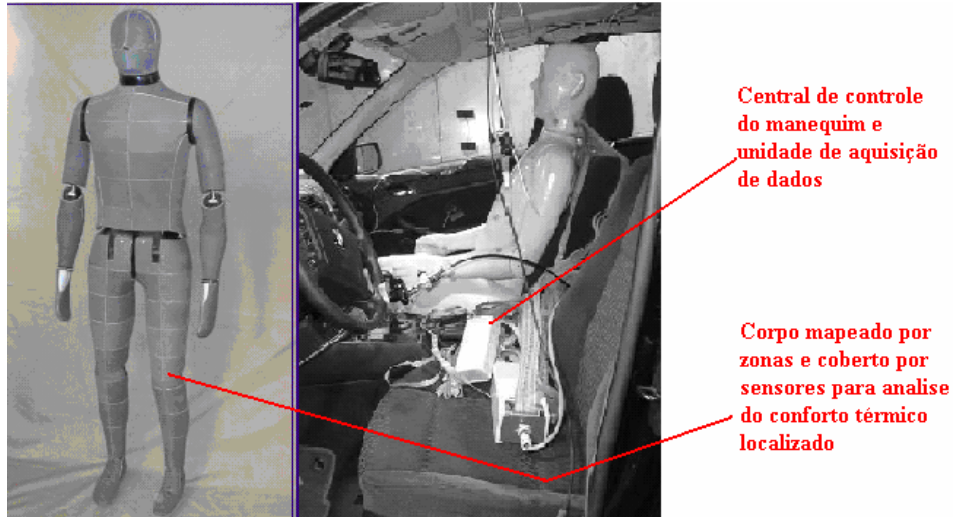


Figura 12: Manequim Térmico ADAM  
 Fonte: MEASUREMENT TECHNOLOGY NORTHWEST, 1995-2005.

## 2.5.2 Modelos de Prognóstico do Conforto Térmico

Os modelos de Prognóstico, também denominados métodos de modelagem, são modelos matemáticos baseados em resposta humanas a condições do ambiente que representam o grau de conforto que um grupo de pessoas apresentaria. Seguem o princípio da neutralidade, onde há um balanço térmico entre o homem e o ambiente, e defendem que todas as pessoas são biologicamente idênticas e por isso apresentam as mesmas preferências térmicas independente de sua origem.

O prognóstico do ambiente térmico pode ser dividido em suas partes:

- Prognóstico do Conforto Térmico Total do Corpo.
- Prognóstico do Conforto Térmico de Partes do Corpo.

### 2.5.2.1 Prognóstico Conforto Térmico Total do Corpo

Muitos estudos científicos foram realizados para desenvolver uma ferramenta capaz de fazer um prognóstico adequado e válido do conforto térmico. Talvez o mais significativo tenha sido o desenvolvido pelo dinamarquês Olé Fanger em 1970, a qual foi adotada na elaboração da norma ISO7730 (1994) sobre “Ambientes Térmicos Moderados - Determinação dos índices PMV e PPD e especificações de

condições para conforto térmico”. Esta norma especifica um método de prognóstico do grau de desconforto das pessoas localizadas em ambientes térmicos moderados e da percentagem de pessoas insatisfeitas.

Segundo ISO7730 (1994) três condições devem ser cumpridas para manter conforto térmico:

- corpo esta em balanço de calor;
- Taxa de Suor esta dentro dos limites de conforto;
- Temperatura da pele esta dentro dos limites de conforto;

Através da aplicação dos dados dos parâmetros físicos (obtidos por medições objetivas, vide capítulo 2.5.1) e parâmetros pessoais (calor gerado pelo metabolismo e vestimenta capítulo 2.1.2) na equação (1) estima-se o Voto Médio Predito (PMV), que prognostica o valor médio de preferência das pessoas segundo uma escala de sensações de 7 pontos.

É considerado como aceitável um ambiente cujo prognostico resultar um valor entre - 0,5 e + 0,5.

$$\begin{aligned}
 \text{PMV} = & \left( 0,303 e^{-0,036 M} + 0,028 \right) \{ (M - W) - 3,05 \\
 & \times 10^{-3} \times [5 733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \\
 & \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \\
 & \times 10^{-5} M (5 867 - p_a) \\
 & - 0,001 4M(34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \\
 & \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Onde:

PMV é o voto médio predito;

M é a taxa de metabolismo ( $w / m^2$  da área da superfície do corpo);

W é o trabalho realizado;

$I_{cl}$  é a resistência térmica da vestimenta ( $m^2 \text{ oC}/w$ );

$f_{cl}$  é parcela do corpo vestida;

$t_a$  é a temperatura do ar ( $^{\circ}C$ );

$t_r$  é a temperatura média radiante ( $^{\circ}C$ );

$v_{ar}$  é a velocidade do ar relativa ( $m/s$ );

$P_a$  é pressão parcial de vapor (Pa);

$h_c$  é o coeficiente transferência calor por convecção ( $w/ m^2 \text{ oC}$ );

$t_{cl}$  é a temperatura da superfície vestida ( $^{\circ}C$ );

$$\begin{aligned}
 t_{cl} = & 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl} \{ 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \\
 & \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \}
 \end{aligned}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{for } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1\sqrt{v_{ar}} \\ 12,1\sqrt{v_{ar}} & \text{for } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{for } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{oC}/W \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{oC}/W \end{cases}$$

Fonte: ISO7730 (1994)

Pelo mesmo princípio é possível estimar a percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD), através da equação (2) e do valor obtido no cálculo de PMV.

(2)

---


$$PPD = 100 - 95 \times e^{- (0,033\ 53 \times PMV^4 + 0,217\ 9 \times PMV^5)}$$

Fonte: ISO7730 (1994)

### 2.5.2.2 Prognóstico Conforto Térmico de Partes do Corpo

Trata-se da avaliação de condições que podem causar desconforto localizado, ou seja, que não afetam o corpo todo apenas uma parte. Entre os principais fatores que causam esse desconforto, a ISO7730,1994 descreve:

#### a) Correntes de Ar:

As pessoas podem não sentir a velocidade de ar, deste modo que as pessoas realmente reclamam é sobre um indesejável resfriamento local do corpo.

A quantidade de calor perdido da pele causado pela corrente de ar depende da proporção da velocidade do ar, da mesma forma a turbulência do fluxo de ar e a temperatura do ar.

Devido aos sensores de frio no trabalho da pele, o grau de desconforto sentido não é somente dependente sobre o local da perda de calor, a flutuação da temperatura da pele tem uma influência também. Uma alta turbulência de ar é sentida ser mais irritante que uma baixa turbulência no fluxo de ar, mesmo ainda que eles resultem na mesma perda de calor.

A porcentagem de pessoas prognosticadas sendo insatisfeitas devido a correntes de ar podem ser calculadas através do uso da seguinte equação 3, todavia o cálculo não é objeto dessa pesquisa, apresenta-se a mesma a título de conhecimento:

(3)

---


$$DR = (34 - t_a)(v - 0,05)^{0,62}(0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14)$$

Onde:

DR: Taxa Corrente de Ar (%)

$t_a$ : Temperatura do Ar (°C)

v: Velocidade do Ar Média Local (m/s)

Tu: intensidade de turbulência (%)

Sd: desvio padrão das velocidades do ar

Fonte: ISO7730 (1994)



Para descrever como a flutuação da velocidade do ar é, muitas vezes chamada “intensidade da turbulência” a qual é definida como:

$$Tu = 100 \cdot Sd / v \quad [\%]$$

### b) Radiação Térmica Assimétrica:

É definido como a diferença entre o Plano da Temperatura Radiante de dois lados opostos de um pequeno elemento plano.

O parâmetro da Assimetria da Temperatura Radiante pode ser obtido de duas formas. Uma, através da medição da temperatura do plano radiante em duas direções opostas usando um tradutor que integre o valor da entrada da radiação sobre o pequeno elemento plano do hemisfério sobre ele. O outro é medindo as temperaturas de todas as temperaturas de todas as superfícies ao redor e então calculando a Assimetria da Temperatura Radiante.

### c) Diferenças na Temperatura do Ar na Vertical:

A diferença de temperatura vertical do ar é expressa como sendo a diferença entre a temperatura do ar no nível do tornozelo e no nível do pescoço. Se o gradiente de temperatura é suficientemente grande entre a temperatura do ar ao nível da cabeça e a temperatura do tornozelo, ocorre desconforto por calor na altura da cabeça ou um desconforto por frio ao nível dos pés, mesmo que o corpo como um todo esteja em neutralidade térmica (conforto térmico total do corpo). Segundo Erikson (*apud* LAMBERTS; XAVIER, 2002, p. 12) se a temperatura da cabeça for inferior a do tornozelo, essa situação não causará desconforto as pessoas. Na figura 13, pode-se constatar que o número de pessoas insatisfeitas aumenta com o aumento da diferença no gradiente das temperaturas.

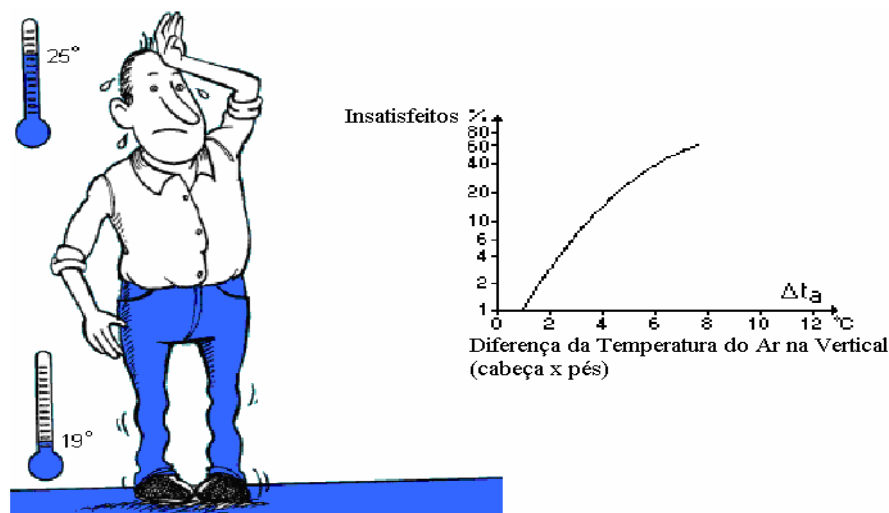


Figura 13: Desconforto Térmico Local: Diferenças na Temperatura do Ar na Vertical  
Fonte: Innova (2002)

#### d) Contato com Superfícies

Refere-se perda de calor que ocorre devido ao contato do corpo com outros materiais. O mais comum é o contato do pé com o piso (figura 14). Depende da condutividade térmica do material do piso e do diferencial de temperatura corpo e piso.

Se pessoas estão com “calçado normal dentro do ambiente” o material do piso é menos significativo. Entretanto tem sido possível ajustar alguns níveis de conforto para essa situação “normal”.

A norma ISO7730 (1994) regula níveis de conforto em atividades sedentárias para 10% de insatisfação. Isto cobre temperaturas piso aceitáveis variando de 19°C a 29°C. Tal condição pode ser observada na figura 14, onde se observa que a percentagem de pessoas insatisfeitas aumenta com o aumento da temperatura ou diminuição tem como ponto de partida a faixa 19°C a 29°C.

Relativamente diferentes recomendações são válidas para pisos ocupados por pessoas descalças. Em banheiros a temperatura ótima é 29°C com piso de mármore e 26°C com piso com tapete sobre madeira.

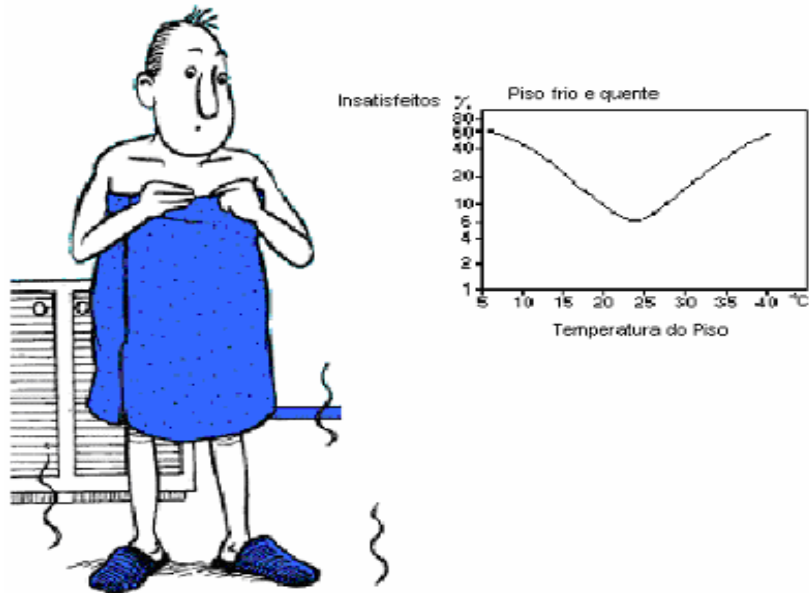


Figura 14: Desconforto Térmico Local: Temperatura do Piso  
Fonte: Innova (2002)

#### 2.5.2.3 Outras Modelos de Prognóstico

Existem ainda outros modelos de prognostico:

**Temperatura Efetiva (ET):** é um índice sensorial empírico resultante da combinação temperatura de bulbo seco, temperatura bulbo úmido e velocidade do ar, que representando em um único valor a temperatura efetiva. Através de cartas combinando as três variantes pode-se determinar a temperatura efetiva.

**Temperatura Efetiva Corrigida (ET\*):** aperfeiçoamento da ET com a substituição temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro. De acordo com Parsons, ET e ET\* foram inicialmente utilizados como índice de conforto térmico, todavia atualmente não são normalmente aplicados sendo utilizados principalmente em avaliações de ambientes quentes. No anexo D apresenta-se uma carta combinando as três variantes para pessoas despitas onde pode se obter o valor de ET\*. E no anexo E outra carta, porém para pessoas normalmente vestidas, onde pode-se obter ET\*.

**Equivalente Temperatura:** índice térmico que correlaciona julgamentos subjetivos com parâmetros ambientais.

Atualmente este modelo esta sendo empregado utilizado-se recursos virtuais para avaliação dos ambientes, como o Computational Fluid Dinamic (CFD), a qual proporciona uma avaliação dinâmica dos projetos. Na figura 15, referente ao resultado de uma análise CFD, pode-se observar no item Carga solar no interior do veículo que os pontos com maior temperatura decorrente da exposição do veículo a uma determinada carga solar são as áreas em vermelho. Já no item Padrão Fluxo Ar no Interior do Veículo observa-se a variação da velocidade do ar (cor vermelha maior velocidade e cor azul menor velocidade) desde o ponto de insuflamento (junto ao painel) até as saídas de exaustão do veículo (porta-malas).

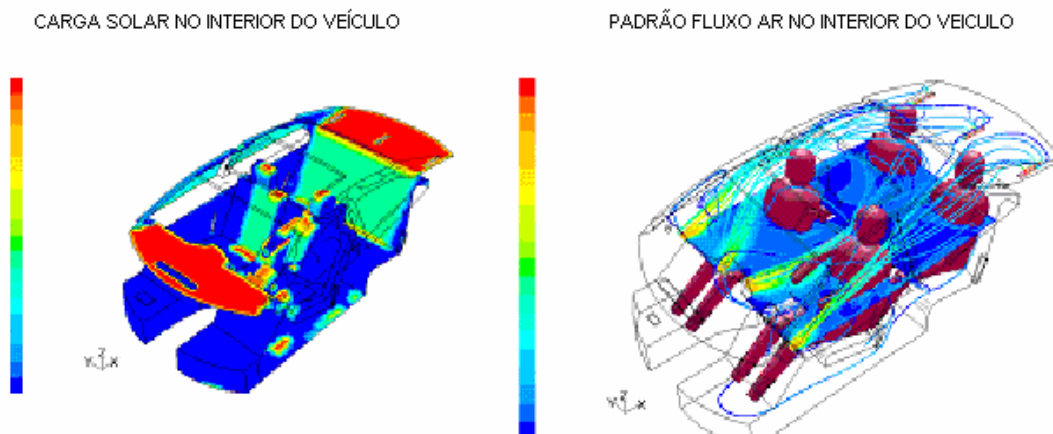


Figura 15: Diagrama de uma Avaliação com CFD  
Fonte: FLUENT, 2002

### 2.5.3 Avaliação das Respostas Psicológicas

Parsons (2000) sugere que uma das melhores formas de avaliar se um grupo de pessoas está confortável é perguntando a eles.

Os métodos subjetivos apresentam-se como uma ferramenta para avaliação de respostas psicológicas, ou seja, sensação térmica, conforto, prazer e dor.

Mesmo existindo armadilhas, o método subjetivo pode ser relativamente fácil de efetuar e seu uso pode permitir a reunião de dados importantes, aos quais podem se apresentar inestimáveis (PARSONS, 2000). Acrescenta-se o fato de tal avaliação contribuir para a compreensão da percepção do indivíduo quanto ao ambiente térmico que está inserido.

Escalas de avaliação têm sido aplicadas na avaliação subjetiva de conforto térmico. A forma e o método de administração das escalas são importantes, e devem ser cuidadosamente planejados. Importantes detalhes devem ser considerados como: especificidade, linguagem, clareza, questões tendenciosas, influência, questões embaraçosas, suposições e questões impessoais. Princípios e metodologia para construção e uso de escalas de avaliação do ambiente são abordados pela norma ISO10551 (1995).

## **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **3.1 Caracterização da Pesquisa e do Problema**

De acordo com Selltiz, et al., (apud Marconi e Lakatos., 2002, p. 16), a finalidade da pesquisa é descobrir respostas para questões, mediante a aplicação de métodos científicos. Também Levin (1987, p.1) descreve que o cientista tem idéias sobre a natureza da realidade (idéias que ele denomina hipóteses) e freqüentemente testa suas idéias através de pesquisa sistemática.

Através da pesquisa bibliográfica, que oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde problemas não se cristalizaram suficientemente (Manzo apud Marconi e Lakatos, 2002), buscou-se bases e identificou-se dois métodos que estão regulamentados através da norma ISO7730 (1994) e ISO10551 (1995). Esta revisão esta sumarizada no capítulo 2 denominado Fundamentação Teórica.

Os métodos de avaliação identificados no pesquisa bibliográfica são: o modelo de prognóstico de conforto térmico, desenvolvido por Fanger e regulado pela norma ISO7730 (1994) e da avaliação das respostas psicológicas, baseada no uso de escalas subjetivas de avaliação, regulada pela norma ISO10551 (1995). Sob a dúvida decorrida do relato de Parsons (2000), no artigo apresentado no seminário de Florença em 1999, “conforto térmico é um fenômeno psicológico e o único método direto de medição do conforto térmico em veículos é o uso de humanos como experiência (método subjetivo)”, elaborou-se a hipótese “o modelo de prognóstico de conforto térmico é aplicável na avaliação de conforto térmico no posto de motorista de ônibus”.

Assim para testar essa hipótese aplicaram-se os método de prognóstico de conforto térmico (ISO7730, 1994) e o método de escalas subjetivas de avaliação (ISO10551, 1995) concomitantemente em uma amostra de motorista de ônibus. Os resultados foram confrontados por meio estatístico.

### **3.2 População e Amostra**

As pesquisas estabelecem generalizações a partir de estudos de grupos de indivíduos denominados população ou universo. Assim essa população representa a totalidade de indivíduos que possuam as mesmas características. As pesquisas,

porém são feitas com uma parte, denominada amostra, que é uma parcela convenientemente selecionada do universo (Marconi e Lakatos, 2002, p. 41).

Esta pesquisa selecionou uma população que representem o “bom julgamento” e as características da população do segmentos de transporte público municipal. Tratam-se dos motoristas de ônibus da empresa Transtusa S/A de Jonville, Santa Catarina, que atuam no período vespertino e tem base operacional no terminal Norte do sistema integrado de transporte público de Joinville. Esta população é de 33 motoristas, sendo que a amostra selecionada desta foi de 31 motoristas que foram submetidos aos métodos entre os dias 09 de dezembro de 2005 a 18 de dezembro de 2005. Esta população foi selecionada, pois trabalham no período das 10:00 horas as 19:00 horas, horário em que o corpo apresenta maior temperatura (vide item 2.1.2) e também pelo fato de no Terminal Norte apresentar na sua maioria linhas operadas pela empresa Transtusa S/A. O propósito de serem motorista da empresa Transtusa S/A é devido a serem conhecidas reclamações dos motoristas quanto ao calor e falta de ventilação, conforme relata Gonçalves (2003). A amostra desta população foi selecionada aleatoriamente por ordem de chegada do veículo ao terminal de passageiros, depois de percorrido itinerário. A amostra de 31 motoristas representa 93,9% da sub-população (turno vespertino Terminal Norte) e 10,33% da população total de motoristas da empresa TRANSTUSA.

### **3.3 Métodos de Coleta de Dados**

O método é a ordem que se respeita aos diferentes processos necessários para se obter os dados ou resultados. “Em suma, método científico é a lógica geral, tácita ou explicitamente emprega para apreciar os méritos de uma pesquisa.” (NAGEL apud CERVO, 2002).

#### **3.3.1 Parâmetros Físicos do Ambiente do Motorista:**

A medição dos parâmetros ambientais, tais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura média radiante e velocidade do ar, como foram abordados teoricamente no capítulo 2, são relevantes para o estudo do conforto térmico.

Para aquisição desses dados baseou-se na norma ISO7726 (1998), que estabelece os Instrumentos e Métodos para Medições de Parâmetros Físicos em

Conforto Térmico, é que esta sintetizada no capítulo 2.5.1. Os instrumentos utilizados foram:

- a) Termo-higromômetro: coletar dados umidade relativa do ar. Marca: Instrutemp, modelo THAR-185 , faixa de operação 10% a 95% UR, incerteza  $\pm 0,1\%$  (vide figura16);
- b) Multi-termômetro: coletar dados temperatura em múltiplos pontos. Marca: Ibracon, modelo: PTI-P150D/5, faixa de operação  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , incerteza  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  (vide figura16);
- c) Anemometro: coletar dados da velocidade do ar. Marca: Testo, modelo 405-V1, faixa operação 0 a 10 m/s, incerteza 0,01m/s (vide figura16);
- d) Termômetro globo negro: coletar temperatura radiante. Marca: Ibracon, modelo: PTI-P150D/5, faixa de operação  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , incerteza  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  (vide figura16);

Para facilitar o processo de coleta de dados foi elaborado um dispositivo, denominado instrumento combinado, na qual foram dispostos todos os sensores dos instrumentos e os instrumentos (vide figura 16). Embora seja considerando o ambiente heterogêneo, pois não são conhecidas as flutuações, devido a disponibilidade instrumental foi aplicada a condição de posicionamento dos sensores como sendo homogêneo.

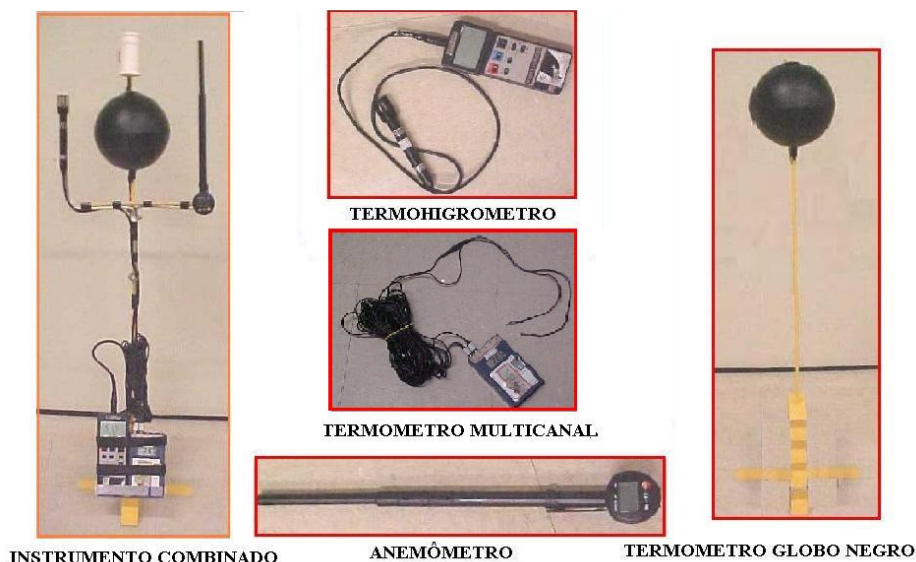


Figura 16: Instrumentos de Medição Parâmetros Físicos

As medições dos parâmetros físicos foram realizadas simultaneamente a aplicação das escalas subjetivas de avaliação, sendo o dispositivo com os instrumentos disposto junto do lado direito motorista avaliado devido a disposição do

espaço físico e com os sensores a altura do abdômen (vide figura 17). Os dados foram registrados no formulário apresentado no apêndice B. Também neste formulário foram registradas as vestes (vestimenta) utilizadas pelo avaliado. Além dos dados acima descritos o formulário recebia um número que correspondia ao questionário respondido pelo avaliado, a fim de correlacionar as informações no estágio de elaboração dos dados.



Figura 17: Localização do Instrumento Combinado

### 3.3.2 Prognósticos de Conforto Térmico

Na avaliação dos parâmetros ambientais utilizou-se do modelo de prognóstico de conforto térmico desenvolvido pelo dinamarquês Olé Fanger e adotado como padrão na norma ISO7730 (1994), como foram abordados teoricamente no capítulo 2.5.2.1. Trata-se de estimar por cálculo, através das equações 1 e 2, o valor estimado da sensação térmica real e da percentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico

Os dados coletados segundo o item 3.3.1 foram aplicados nas equações 1 e 2, a qual foi predisposta em uma planilha de dados (software Excel) para agilizar os cálculos (figura 18). Obtendo-se assim os índices de desconforto (PMV) e a percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) para cada ambiente de acordo com a norma ISO7730 (1994). Os valores foram tabulados no apêndice C juntamente com os dados físicos do ambiente. Também são considerados neste cálculo a vestimenta



que o avaliado apresentava e o nível de atividade estimado. O nível de atividade (taxa metabólica) estimado foi o menor valor, 75 w/m<sup>2</sup>, apresentado para a classe de motorista de ônibus na norma ISO8996 (1990) e constante no Anexo A, pois o instante avaliado era exatamente o momento final do percurso (detalhes vide item 3.3.3). Esta taxa metabólica foi corrigida pela equação de Dubois que determina a área superfície da pele em função de peso e altura pois a norma considera os valores para um padrão de peso de 70 kg e altura de 1,80m.

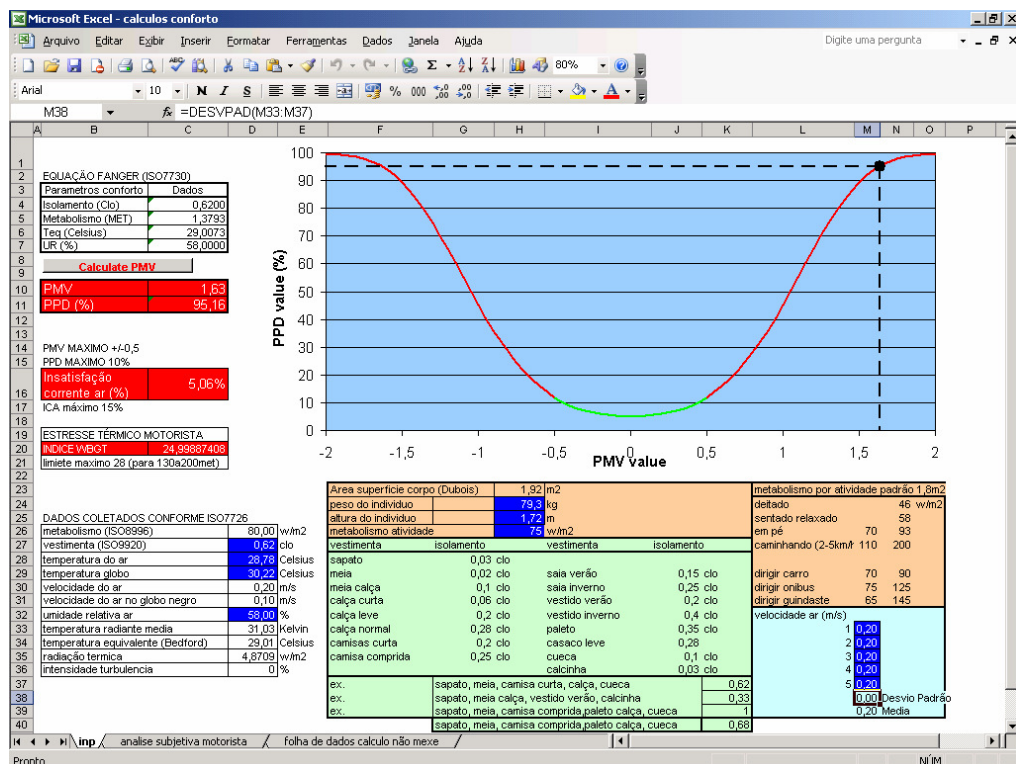


Figura 18: Planilha de Cálculo Índice PMV e PPD

### 3.3.3 Avaliação Subjetiva do Ambiente Térmico

Na avaliação subjetiva do ambiente térmico utilizou-se do método subjetivo através do uso de escalas de avaliação (vide apêndice B), citado no capítulo 2.5.3. Tal método é padronizado na norma ISO10551 (1998), Avaliação da Influencia do Ambiente Térmico usando Escalas de Julgamento Subjetivo. De acordo com Parsons (2000), nenhum modelo fornece uma avaliação mais precisa que medir as respostas psicológicas diretamente.

As escalas de avaliação subjetiva fornecem dados confiáveis e comparáveis sobre os aspectos subjetivos do conforto térmico. Entende-se por aspectos

subjetivos os relativos ao sujeito (avaliado), ou seja aspectos relativos ao pensamento do mesmo.

A elaboração do questionário seguiu as especificações da norma ISO10551 (1995), tendo como principais diretrizes:

a) Quanto as questões referentes ao estado térmico do avaliado

Foram formuladas três (3) questões nos âmbitos: percepção, estimativa e preferência térmica.

A primeira questão trata do âmbito percepção e refere-se ao estado térmico que a pessoa se encontra naquele exato momento. A pergunta aplicável é "Como você esta se sentido agora?". As opções de respostas disponíveis são apresentadas em uma escala simétrica bipolar de sete (7) graus de intensidade, sendo o ponto central denominado NEUTRO e os demais graus de intensidade variando em direção aos pólos COM MUITO FRIO e COM MUITO CALOR (vide questão 1 apêndice B);

A segunda questão, do âmbito estimativa, diz respeito a condição que o avaliado se encontra no ambiente naquele exato momento. A pergunta aplicável é "Como esta o ambiente térmico agora?". As opções de respostas disponíveis são apresentadas em uma escala monopolar de cinco (5) graus de intensidade, partindo do polo Nulo (Confortável) para o polo de maior intensidade (Extremamente Desconfortável). (vide questão 2 apêndice B);

A terceira questão, do âmbito preferência, avalia a preferência térmica do sujeito naquele exato momento. A pergunta aplicável é "Como você preferiria estar agora?". E as opções de respostas disponíveis são apresentadas em uma escala simétrica bipolar de sete (7) graus de intensidade, sendo o ponto central Neutro (sem mudança) e os demais graus de intensidade variando em direção aos pólos MUITO MAIS AQUECIDO e MUITO MAIS REFRESCADO (vide questão 3 apêndice B);

b) Quanto as questões referentes ao ambiente térmico

Foram formuladas duas (2) questões que avaliam o julgamento do avaliado com respeito ao ambiente:

A primeira questão trata da aceitabilidade do ambiente térmico ao nível pessoal. A pergunta aplicável é " Como você julga o ambiente térmico do seu trabalho?". E as opções de respostas disponíveis são ACEITÁVEL ou NÃO ACEITÁVEL (vide questão 4 apêndice B);

A segunda questão trata da tolerância do avaliado a condição térmica do ambiente. A pergunta aplicável é "Na sua opinião quanto esse ambiente térmico é

tolerável?". As opções de repostas são apresentadas em uma escala monopolar de cinco (5) graus de intensidade, partindo do polo Nulo (perfeitamente tolerável) para o polo de maior intensidade (Intolerável). (vide questão 5 apêndice B);

As palavras aplicadas nas repostas disponíveis seguem a recomendação do Anexo A da norma ISO10551/95. Os resultados das questões podem ser comparados com os valores calculados de PMV (questão 1 do apêndice B) e os de PPD (questões 2, 4 e 5 do apêndice B).

Inicialmente foi elaborado uma escala de julgamento a qual foi submetido a um grupo de 9 motoristas de uma empresa de transporte público em Quatro Barras, Paraná. Os motoristas apresentaram dificuldade para responder as questões e o tempo de resposta do questionário apresentou-se elevado, pois todos foram respondidos acima de cinco (5) minutos. A questão 1 (vide questão 1 apêndice A) apresentava-se dividida em partes do corpo, afim de obter-se informações do desconforto térmico localizado, porém tal condição apresentou-se muito complicada para interpretação dos avaliados. O questionário foi simplificado e novamente aplicado, porém num grupo de 34 passageiros da linha Itapira-São Paulo. Nesta versão do questionário (apêndice B), os avaliados responderam sem dificuldades e todos em tempo inferior a cinco (5) minutos.

Esta versão de questionário foi aplicada na amostra de 31 motoristas avaliados. Devido ao risco de acidentes, o procedimento não pode ser executado durante o percurso do veículo no trânsito. Optou-se por aplicar a avaliação quando da chegada do veículo ao terminal com o motorista ainda em seu posto de trabalho. Assim os motoristas estão aclimatados ao seu ambiente, pois o tempo permanência na condição era superior a trinta (30) minutos. Quando o veículo era estacionado, o motorista era abordado recebendo uma explicação breve sobre o objetivo da pesquisa e solicitando sua cooperação para responder a avaliação. Com a concordância do motorista em participar, o mesmo recebia um formulário (apêndice B) e uma instrução para responder o mesmo. Simultaneamente a aplicação do questionário foi realizada coletas de dados dos parâmetros físicos.

### **3.4 Verificação das Hipóteses**

Para verificar se uma hipótese é verdadeira será utilizada uma técnica estatística denominada teste t. Teste t compara médias de diferentes grupos de elementos,

com respeito a alguma variável de interesse, ou variável resposta (Barbetta, 2005, p.211).

A aplicação de um teste estatístico (ou teste de significância) serve para verificar se os dados fornecem evidência suficiente para que se possa aceitar como verdadeira a hipótese de pesquisa, precavendo-se, com certa segurança, de que as diferenças observadas nestes dados não são meramente casuais. (Barbetta, 2005, p.196)

Segundo Levin (1987, p. 161), é comum que pesquisadores, principalmente no campo social, trabalhem com amostras que contêm pequeno número de respondentes (menos de 30 sujeitos). Para não comprometer de forma séria as conclusões, Levin sugere utilizar como compensação a “razão t” (ou estatística t). O teste t toma com base a diferença entre as médias das duas amostras, mas leva também em consideração o número de elementos em cada amostra e a variabilidade interna destas amostras (Barbetta, 2005). Trata-se de calcular a diferença entre as médias das amostras e dividi-las pelo erro padrão da diferença, como a equação 4 abaixo:

(4)

$$t = \frac{\mu_{PMV} - \mu_{ASM}}{\sigma_{dif}}$$

Onde,

$\mu_{PMV}$  = média da primeira amostra

$\mu_{ASM}$  = média da segunda amostra

$\sigma_{dif}$  = erro padrão da diferença

A formula da estatística t é idêntica a usada para cálculos dos escores z (estatística z), mas a estatística t faz uso dos graus de liberdade que é a liberdade de variação num conjunto de escores (Levin, 1987, p.161). O número de graus de liberdade pode ser calculado aplicando-se a equação 5:

(5)

$$gl = N_1 + N_2 - 2$$

Onde:

N1 = tamanho da primeira amostra

N2 = tamanho da segunda amostra

O cálculo do erro padrão da diferença é obtido com os valores de erro padrão de cada média amostral aplicada na equação 6:

(6)

$$\sigma_{\text{dif}} = \sqrt{\sigma_{\mu_{\text{PMV}}}^2 + \sigma_{\mu_{\text{PMV}}}^2}$$

Onde:

$\sigma_{\text{dif}}$  = erro padrão da diferença

$\sigma_{\mu_{\text{PMV}}}$  = erro padrão da primeira média amostral

$\sigma_{\mu_{\text{PMV}}}$  = erro padrão da segunda média amostral

Deve-se obter o valor de t adequado por meio da tabela anexo E, de acordo com o grau de liberdade (gl) e o nível de significância de 5%. Conforme Marconi e Lakatos (2002), o nível de significância consiste no risco que o pesquisador dispõe a correr, de rejeitar uma hipótese quando esta é verdadeira, e habitualmente chega a 5%, podendo excepcionalmente chegar a 10%.

Para verificar se as diferenças observadas nestes dados são meramente casuais, t calculado não deve ser igual ou maior que o t adequado.

### 3.5 Fases da Realização do Estudo

1. Primeira fase do estudo: estudo bibliográfico que permitiu o conhecimento do tema, identificação dos modelos de avaliação do conforto térmico, a elaboração e planejamento do estudo.

2. Segunda fase: preparação e planejamento da avaliação. Trata-se da elaboração de um plano de trabalho que inclui organização do material de apoio. e instrumentação para medição, questionário, horário e datas para avaliação.

3. Terceira fase: coleta de dados de conforto térmico do posto. Trata-se do período de coleta de informação dos parâmetros físicos e da avaliação do indivíduo. Inicia com uma introdução ao motorista que estará sendo avaliado, esclarecendo-lhe o objetivo do trabalho, solicitando a sua colaboração no estudo e lhe instruindo sobre como responde as Escalas Subjetivas de Avaliação; É executada simultaneamente, nota de dados físicos, vestimenta do motorista avaliado e aplicação da escala subjetiva de avaliação. Esta operação é realizada no momento

seguinte ao veículo ser estacionado no ponto de chegada do terminal de passageiros.

4. Quarta fase: apresentação dos dados. Trata-se da organização dos dados numéricos da avaliação dos parâmetros físicos, cálculo do respectivo prognóstico de conforto térmico e a correlação com as avaliações subjetivas do indivíduo. Permite um esboço do entendimento da condição de conforto térmico, necessária para fase subsequente.

5. Quinta fase: análise dos resultados. Trata-se da verificação das hipóteses através de instrumental estatístico.

6. Sexta fase: avaliação final e recomendações. Trata-se da elaboração de uma conclusão sobre a aplicabilidade do método de prognóstico conforto térmico em posto de motorista de ônibus. Inclui as recomendações de melhoramento com argumentação técnica correspondente.

## 4. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta e descreve analiticamente os dados levantados, expondo o que foi observado e desenvolvido na pesquisa.

### 4.1 Caracterização do Ambiente de Trabalho

O ambiente de trabalho dos motoristas de ônibus avaliados nesta pesquisa é o Sistema Integrado de Transporte de Joinville (SIT). O SIT iniciou a ser implantado no final da década de 90 e atualmente já em pleno funcionamento dispõe de 3 Terminais de Integração e 7 Estações da Cidadania que viabilizam a passagem única permitindo ao usuário se deslocar de um lado ao outro da cidade pagando uma só passagem. No mapa apresentado no anexo F pode-se verificar a abrangência do SIT e a disposição de seus terminais.

Os terminais e estações do SIT movimentam 502 passageiros por minuto (em horário de pico) e atendem 278.702 pessoas por dia, conforme pode-se constatar no quadro 3 abaixo.

Terminal	Área Territorial (m <sup>2</sup> )	Área De Embarque (m <sup>2</sup> )	Movimentação (passageiro/min.)	População Atendida (pessoas/dia)
Terminal Norte	4.730,00	1.202,00	45	25.000
Estação Central	10.000,00	8.400,00	200	100.000
Estação Iririu	10.596,25	1.027,67	55	32.623
Estação Vila Nova	9.171,25	568,60	12	9.507
Estação Pirabeiraba	1.459,50	262,50	10	838
Terminal Tupy	6.615,00	1.035,00	45	25.000
Terminal Sul	5.220,00	1.207,00	35	23.000
Estação Itaum	8.120,00	918,00	45	26.386
Estação Guanabara	9.075,25	920,00	35	19.975
Estação Nova Brasília	13.170,17	820,00	20	16.373
TOTAL			502	278.702

Quadro 5: Características Terminais e Estações do SIT  
Fonte: IPPUJ (2002)

O Terminal Norte (figura 19), local na qual foi realizada a pesquisa, esta localizado na zona norte da cidade de Joinville (vide anexo F), apresenta área territorial de 4.730,00 m<sup>2</sup> e uma das maiores áreas de embarque 1.202,00 m<sup>2</sup>. Sua capacidade de movimentação é de 45 passageiros por minuto, e atende com 17

itinerários uma população estimada de 25.000 pessoas por dia dos bairros Santo Antônio, Bom Retiro, Jardim Sofia, Jardim Paraíso e Distrito Industrial. Isso representa 8,9% da movimentação diária de passageiros do SIT. No Terminal Norte operam duas empresas de transporte de passageiros, a principal é a empresa de Transporte e Turismo Santo Antônio (TRANSTUSA) e a outra operadora é a empresa GIDION, que tem maior atuação na zona sul e no Terminal Norte opera parcialmente as linhas troncais.



Figura 19: Terminal Norte

O SIT busca atender as características individuais dos usuários através de três segmentos de transporte:

- Transporte Coletivo Urbano: trata-se do segmento principal do SIT. É responsável pela operação das linhas troncais (linhas que ligam terminais via centro da cidade), linhas alimentadoras (ligam o terminal aos bairros) e linhas interestações (ligam os terminais via bairros). Juntas representam 135 linhas e são operados por ônibus que variam de 12m (tipo Padron e Convencional) a 18m (tipo articulado)
- Transporte Eficiente: é um segmento exclusivo a pessoas portadoras de necessidades especiais e seus acompanhantes. São operados por microônibus que possuem elevador para cadeiras de rodas e corredores mais largos para movimentação dentro do veículo;
- Transporte Pega-Fácil: é um segmento seletivo que operam em linhas diametrais e circulares. São operados por microônibus que oferecem itinerários específicos e maior conforto aos passageiros como poltronas com reclinção e ar condicionado;



O segmento de Transporte Coletivo Urbano, que além das características acima apresentadas, possuem uma frota total de 300 veículos, sendo 263 operantes e 37 reservas. Rodam em média 2.072.161,70 Km/mês e tem idade média de 6,5 anos. Os veículos são na sua maioria da marca Busscar e seus modelos são Urbanuss, Urbanuss Plus e Urbanuss Plus Articulado. Na figura 20, se apresenta um ônibus da marca Busscar e modelo Urbanuss Plus Articulado, com chassi marca Volvo e modelo B10M, com 18 metros de comprimento e capacidade de transportar 105 a 120 passageiros (considerando passageiros sentados e em pé).



Figura 20: Ônibus Articulado Linha Troncal

A operadora de transporte coletivo da qual os motoristas avaliados são funcionários é a empresa TRANSTUSA. A TRANSTUSA foi fundada na década de 60 para atuação no transporte coletivo de Joinville e integra o SIT desde sua implantação operando 91 linhas (principalmente na zona norte da cidade de Joinville). Atualmente, além do transporte coletivo urbano, também oferece serviços de fretamento intermunicipal e turismo. A empresa dispõe de uma frota de 262 ônibus com vida média de 5 anos (vide figura 21), e emprega 834 funcionários, dentre os quais aproximadamente 300 motoristas, que contam com benefícios como refeitório, transporte gratuito, assistência médica e odontológica (extensiva aos dependentes), vale-alimentação, corte de cabelo gratuito e convênio com farmácias.



Figura 21: Frota da empresa TRANSTUSA

A amostra de 31 motoristas avaliados nesta pesquisa são os que entre os dias 09/12/2005 á 18/12/2005 atuaram no turno vespertino (10:00h as 19:00h) pela empresa TRANSTUSA no Terminal Norte do SIT. A população de motoristas da empresa TRANSTUSA é de 300 motoristas, sendo que a subpopulação referente ao turno vespertino do Terminal Norte é de 33 motoristas (11% da população TRANSTUSA) e a amostra de 31 motoristas representa 93,9% da subpopulação e 10,33% da população TRANSTUSA. As características demográficas da amostra de 31 motoristas avaliados apresentam-se na Tabela 1.

TABELA 1 – Características Demográficas dos Motoristas Avaliados

Característica	Categoria	Freqüência	Porcentagem
Idade	21 a 30 anos	6	19,35 %
	31 a 40 anos	9	29,03 %
	41 a 50 anos	11	35,48 %
	51 a 60 anos	5	16,14 %
	Total	31	100 %
Peso	51 a 60 Kg	2	6,45 %
	61 a 70 Kg	4	12,9 %
	71 a 80 Kg	14	45,17%
	81 a 90 Kg	7	22,58 %
	91 a 100 Kg	1	3,22 %
	101 a 110 Kg	3	9,68 %
	Total	31	100 %
Altura	1,61 a 1,70 m	10	32,26 %
	1,71 a 1,80 m	20	64,52 %
	1,81 a 1,90 m	1	3,22 %
	Total	31	100 %

## 4.2 Apresentação dos Dados

Os dados coletados foram todos reunidos de forma primária em um quadro, permitindo assim uma visualização direta dos mesmos (vide apêndice C). Os dados estão organizados em quatro (4) grupos distintos de acordo com o método utilizado para sua obtenção. Sendo:

**Grupo Parâmetros Individuais:** são os dados do indivíduo avaliado obtidos de acordo com a norma ISO7730/1994. O grupo é composto das colunas peso, altura, idade e tipo de vestimenta (vestes) que o indivíduo apresentava. Esses dados são fornecidos de acordo com a resposta dos avaliados.

**Grupo Parâmetros Ambientais:** são os dados físicos do ambiente obtidos de acordo com a norma ISO7726/1998. O grupo é composto das colunas temperatura do ar ( $T_{BS}$ ), umidade relativa do ar (UR), velocidade média do ar ( $V_{ma}$ ) e desvio padrão da velocidade do ar ( $DP_{V_{ma}}$ ).

**Grupo Prognósticos do Conforto:** são os dados dos cálculos do voto médio predito (PVM) e da percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD), respectivamente obtidos pela equação 1 e equação 2, de acordo com a norma ISO7730/1994. O grupo é composto das colunas voto médio predito (PVM) e percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD);

**Grupo Avaliação Subjetiva:** são as respostas dadas pelos avaliados ao questionário e que representam a avaliação dos mesmos a respeito do ambiente térmico e que foram obtidas de acordo com a norma (ISO10551/1995). O grupo é composto das colunas que analisam a percepção do ambiente térmico (Q1), a avaliação do ambiente térmico (Q2), a preferência térmica (Q3), a aceitabilidade pessoal (Q4) e a tolerância pessoal ao ambiente térmico (Q5).

### 4.3 Análise dos Dados

Este item aborda a verificação das relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores, estabelecidos em função das suas propriedades, para comprovação das hipóteses elaboradas.

#### 4.3.1 Verificação da Aplicabilidade do Cálculo Prognóstico Conforto Térmico (PMV)

##### 4.3.1.1 Verificação Geral: Comparação das Médias PMV e Q1

Para verificar se a hipótese, “o modelo de prognóstico de conforto térmico calculado pela equação 1 é aplicável na avaliação de conforto térmico no posto de motorista de ônibus”, é verdadeira será utilizada uma técnica estatística denominada teste t. Assim são comparadas as médias dos valores obtidos do prognóstico do conforto - PMV (os valores da hipótese) com a média dos valores obtidos através da Q1 na avaliação subjetiva - ASM (os valores da avaliação subjetiva representam o

mundo real). No gráfico 1 pode-se verificar a dispersão dos valores obtidos de PMV e Q1 e suas respectivas médias em função de cada motorista.

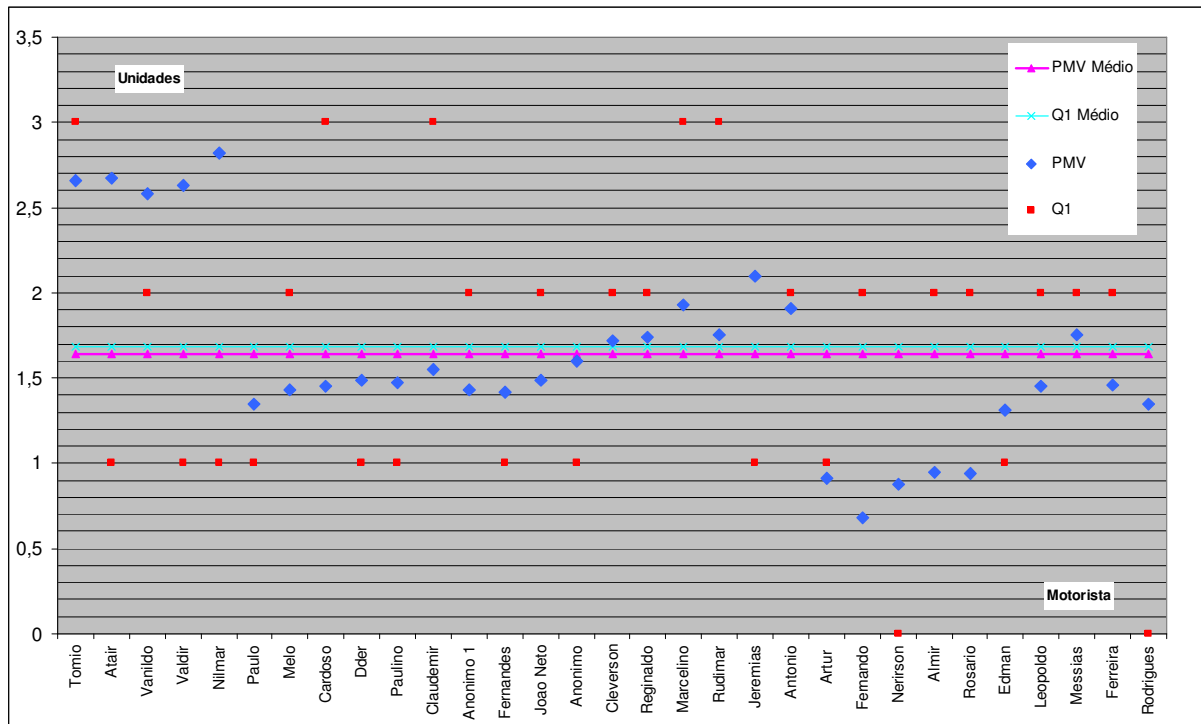


Gráfico 1: Valores de PMV, Q1 e respectivas médias

Então, tem-se a hipótese de trabalho ou hipótese nula ( $H_0$ ) como sendo “em média, os valores obtidos do prognóstico do conforto térmico ( $\mu_{PMV}$ ) do posto de motorista de ônibus é igual aos valores obtidos em Q1 pela avaliação subjetiva dos motoristas ( $\mu_{Q1}$ )”, e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) com sendo “em média, os valores obtidos do prognóstico do conforto térmico (PMV) do posto de motorista de ônibus é diferente aos valores obtidos pela avaliação subjetiva dos motorista”. Respectivamente as hipóteses são:  $\mu_{PMV} = \mu_{Q1}$  ou  $\mu_{PMV} \neq \mu_{Q1}$ .

Para elaborar a análise aplicou-se os escores das amostras nas equações 4, 5 e 6, obtendo-se:

$$gl = 60$$

$$\sigma_{dif} = 0,182$$

$$t = 0,219$$

Obteve-se o valor de t adequado = 2,000 por meio da tabela anexo E, para o  $gl = 60$  com nível de significância de 5%.

Para rejeitar-se a hipótese nula  $H_0$  o t calculado deve ser igual ou maior que o t adequado. Assim conclui-se que ao nível de significância 5% e com o valor

calculado  $t = 0,219$  menor ( $<$ )  $t$  adequado = 2,000, rejeita-se a hipótese alternativa ( $H_1$ ) em favor da hipótese nula ( $H_0$ ) existindo uma probabilidade mínima, inferior de 5%, de as diferenças observadas nos dados não serem provenientes de fatores casuais.

Embora as correlações sejam reconhecidas, do ponto de vista ergonômico tais correlações apresentam limitações. Estas limitações estão relacionadas a dissolução das características individuais. Por exemplo, um indivíduo mais velho, que apresente uma capacidade sensorial reduzida pelo envelhecimento, percebe o ambiente muito mais quente que os demais colegas de trabalho. Se os valores médios são empregados para postos de trabalhos de motoristas de ônibus, indivíduos ou pequenos grupos de indivíduos com tal característica são privados de obter melhor bem-estar (inclui-se saúde em bem estar) e produtividade. Por esse motivo a necessidade de verificação individual complementa a verificação geral, possibilitando identificar indivíduos e suas características que apresentem percepção diferente da média de seus colegas. “O trabalhador médio não existe.” (Guérin, 2001, p. 50).

#### 4.3.1.2 Verificação Individual: avaliação dos desvios entre PMV e Q1

Além da análise das médias que proporcionou uma análise do ponto de vista geral, procurou-se observar as características individuais de cada avaliação com o intuito de analisar possíveis relações de suas propriedades com os desvios entre PMV e Q1. No gráfico 2 se verifica os desvios resultantes da diferença entre PMV e Q1 ( $PMV - Q1$ ). Assim como, por exemplo, o motorista Tomio, o valor PMV (conforto estimado) obtido foi 2,66, a respectiva avaliação do motorista (Q1) foi 3 e o desvio  $PMV - Q1$  foi -0,34, ou seja o valor estimado é 0,34 menor que o valor respondido pelo motorista.

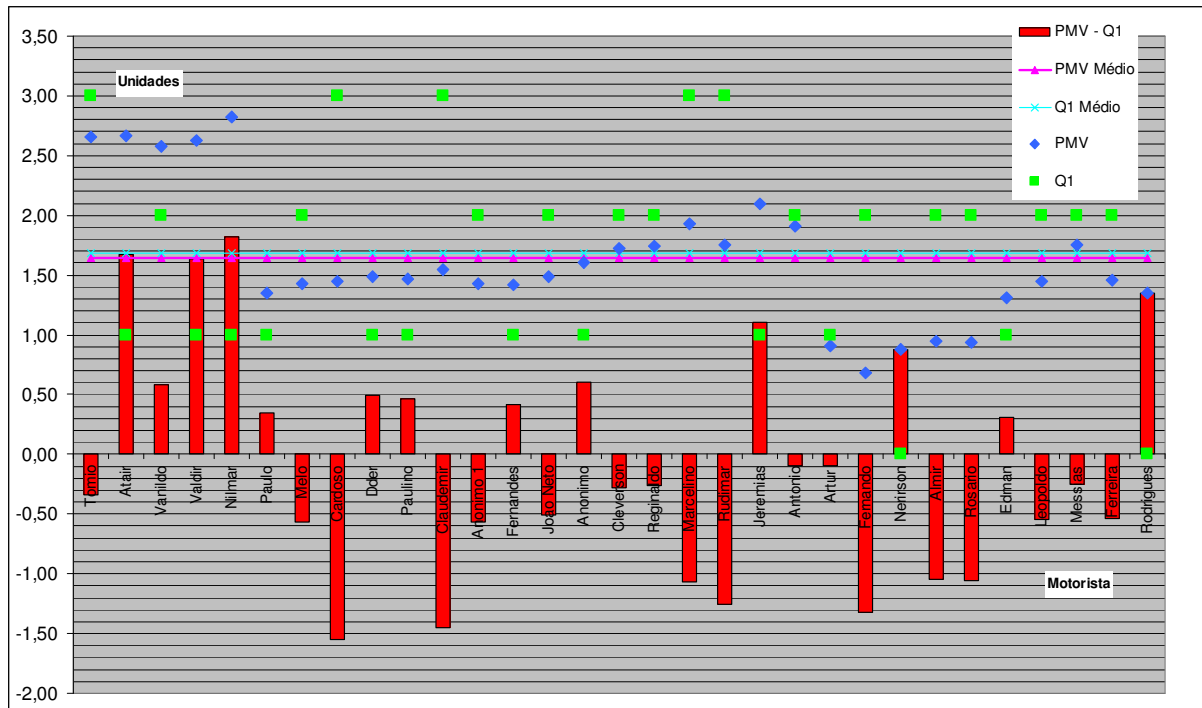


Gráfico 2: Valores de PMV, Q1 e respectivas médias e Desvio (PMV – Q1)

Os principais aspectos explorados com o propósito de buscar um esclarecimento para os desvios PMV e Q1 são:

**a) Valores da Escala de resposta Q1:** a questão Q1 que diz respeito ao “como você esta se sentindo agora? Apresenta como respostas possíveis e respectivos escores: com muito calor (+3), com calor (+2), com pouco calor (+1), nem calor nem frio (0), com pouco frio (-1), com frio (-2), com muito frio (-3). Observando na figura 22 o motorista Tomio, que apresenta o valor de conforto estimado (PMV) 2,66, as respostas subjetivas possíveis mais próximas desse valor seriam +3 ou +2. Se a escala de respostas de Q1 tivesse maior refinamento e possibilitando valores fracionados, como por exemplo 2,5, o desvio seria reduzido (atual -0,34, sugerido 0,16). Assim uma das explicações para amplitude dos desvio observados é o nível de refinamento que a escala de respostas possui, impossibilitando maior fracionamento e aproximação entre respostas PMV e Q1. Enquadram-se neste aspecto, valores de PMV entre dois escores da escala e resposta Q1 próxima desse escore, as avaliações de 18 motoristas (Tomio, Vanildo, Paulo, Melo, Eder, Paulino, Anônimo 1, Fernandes, João Neto, Anônimo 2, Cleverson, Reginaldo, Antonio, Artur, Edman, Leopoldo, Messias, Ferreirar e Rodrigues).

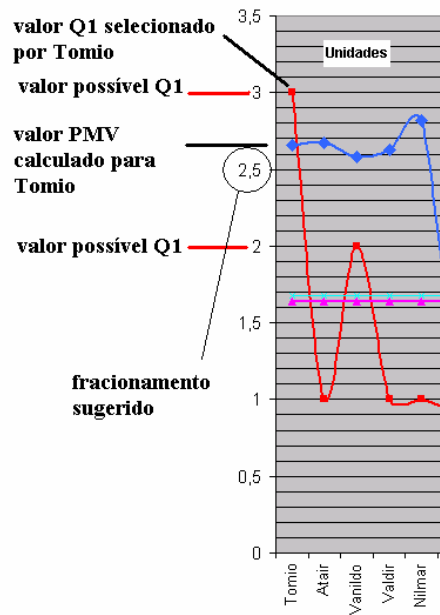


Figura 22: Refinamento da Escala de Respostas Q1 e o Desvio entre PMV e Q1

b) **Avaliação dos desvios entre PMV e Q1 em relação à Idade dos motoristas:** considerando que o conforto é um fenômeno psicofisiológico, tendo uma relação com a percepção do indivíduo e a atribuição de significado que o mesmo dá a ele, buscou-se por intermédio dessa variável verificar uma possível relação entre os desvios e a idade, considerando a idade como uma variável que possa atribuir algum significado adicional ao indivíduo. Como por exemplo, a possibilidade de que os mais novos possam ter acesso a ambientes com condicionador de ar (aproximando seu julgamento quando nível de conforto) ou os mais velhos possam por experiência ser mais tolerantes as condições ambientais. Para tal foram ordenados os valores dos desvios entre PMV e Q1 segundo a idade dos motoristas na tabela 2 e foram organizados no gráfico 3 em ordem decrescente.

**Tabela 2 - Idade dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1**

IDADE	Desvio entre PMV e Q1								Total
	> 1,51	1,5 a 1,01	1 a 0,51	0,5 a 0	0 a -0,5	-0,51 a -1	-1,01 a 1,5	< -1,51	
20 a 30 anos	1	0	0	1	1	1	2	0	6
31 a 40 anos	0	0	1	1	3	2	2	0	9
41 a 50 anos	1	1	2	1	2	2	2	0	11
51 a 60 anos	1	1	0	2	0	0	0	1	5
Total	3	2	3	5	6	5	6	1	31

No gráfico 3 é possível perceber que os motoristas com idade acima de 44 anos apresentam em geral desvios de grandeza positiva e amplitudes em geral acima de 0,5 com pontos ultrapassando 1 e 1,5 (um julgamento com relação ao ambiente como sendo mais frio que o valor de PMV). Já os motoristas com idade inferior a 44

anos apresentam em geral desvios de grandeza negativa e amplitudes na maioria distribuídas entre as faixas de -0,5 e -1 (um julgamento com relação ao ambiente como sendo suavemente mais quente que o valor de PMV).

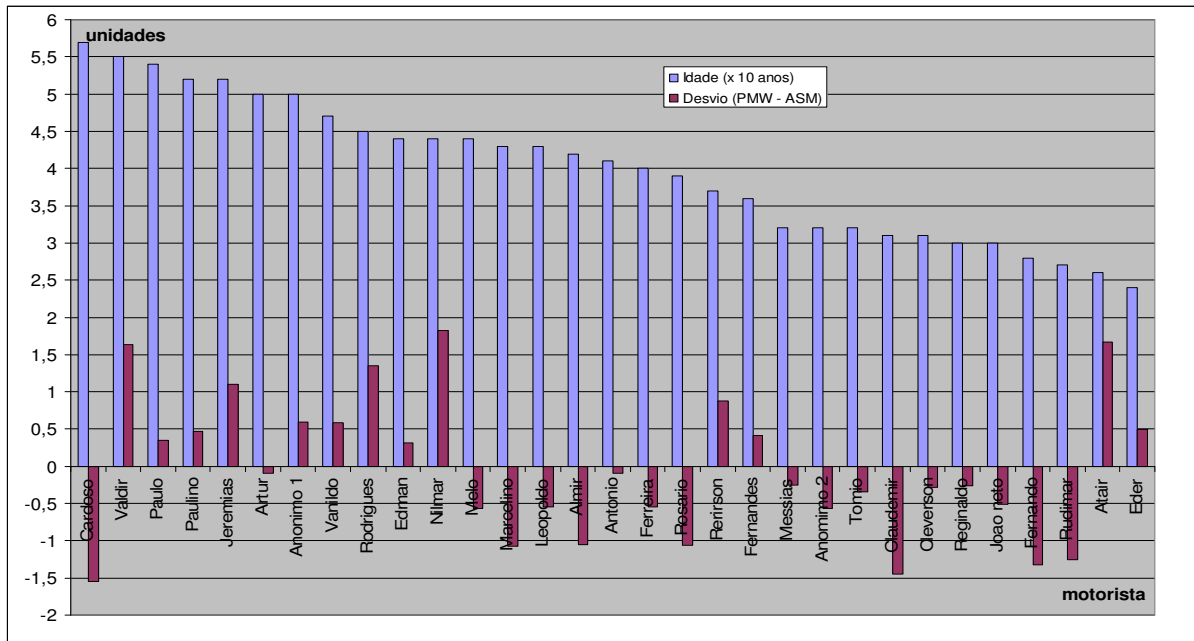


Gráfico 3: Relação da Idade dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1

Supõe-se que o julgamento com relação ao ambiente mais frio que o valor de PMV, possa ser decorrente de dois fatores. O primeiro está relacionado ao envelhecimento fisiológico, ou mesmo de patologias que acompanham os indivíduos mais velhos que afetam o processo de percepção. O segundo diz respeito ao comportamento ou modo operativo dos mais velhos, que escolhem estratégias de menor esforço físico resultando em taxa metabólica menor. Como a taxa metabólica é um fator determinante no cálculo PMV e nesta pesquisa foi adotado valor tabelado pela norma ISO8996 (1990), tal característica não se distingue nos cálculos. Ressalta-se também que devido à falta de dados que corroborem, como exemplo levantamento da ficha médica dos indivíduos e a avaliação real da taxa metabólica, esta análise limita-se a condição de comentário.

c) **Avaliação dos desvios entre PMV e Q1 em relação a Peso, Altura e Metabolismo dos motoristas:** as características físicas do indivíduo influenciam o conforto térmico e são utilizados no cálculo do PMV. A análise da relação das variáveis: peso, altura e metabolismo com os desvios entre PMV e Q1, tem o propósito de identificar alguma discrepância desses parâmetros que eventualmente



possam alterar os cálculos de PMV. Para o aspecto metabolismo os dados foram organizados agrupando-se os valores de metabolismo em função dos desvios na tabela 3.

**Tabela 3 - Metabolismo dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1**

Metabolismo	Desvio entre PMV e Q1								Total
	> 1,51	1,5 a 1,01	1 a 0,51	0,5 a 0	0 a -0,5	-0,51 a -1	-1,01 a 1,5	< -1,51	
< 75 w/m <sup>2</sup>	0	0	0	1	1	2	2	1	7
76 a 80 w/m <sup>2</sup>	1	1	3	2	1	0	3	0	11
81 a 85 w/m <sup>2</sup>	2	0	0	2	3	1	0	0	8
> 86 w/m <sup>2</sup>	0	1	0	0	1	2	1	0	5
Total	3	2	3	5	6	5	6	1	31

No gráfico 4, o metabolismo está agrupado, porém em ordem decrescente. Pode-se observar que os desvios ocorrem ao longo de toda a faixa de escores de metabolismo, com amplitudes e variação (positivas e negativas) distribuídas. Os extremos (maior metabolismo e menor metabolismo) apresentam escores iguais. Não foi identificada particularidade que edificasse característica ou comportamento diferente dos desvios em relação a este aspecto. Neste aspecto encontra-se uma limitação dessa pesquisa, a qual adotou valores tabelados para taxa de metabolismo no cálculo de PMV, permitindo distinções individuais apenas nos aspectos altura e peso (determinação da área superficial do corpo). Outros aspectos que influenciam o metabolismo (vide capítulo 2.1.2), não são considerados.

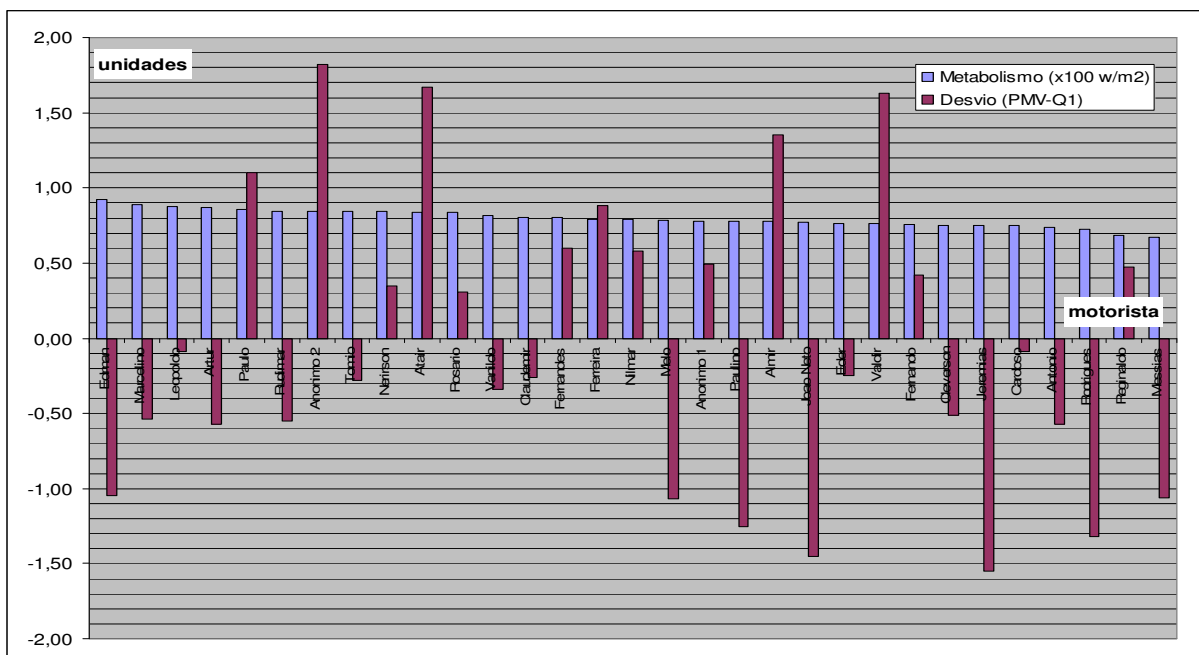


Gráfico 4: Relação Metabolismo dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1

Para o aspecto altura os dados foram organizados associando-se os dados de altura em função dos desvios entre PMV e Q1 (vide tabela 4).

**Tabela 4 - Altura dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1**

Altura	Desvio entre PMV e Q1								Total
	> 1,51	1,5 a 1,01	1 a 0,51	0,5 a 0	0 a -0,5	-0,51 a -1	-1,01 a 1,5	< -1,51	
1,61 a 1,70 m	1	1	1	1	3	1	1	1	10
1,71 a 1,80 m	2	1	2	4	3	4	4	0	20
1,81 a 1,90 m	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Total	3	2	3	5	6	5	6	1	31

O gráfico 5 foi elaborado agrupando-se os valores de altura em função dos desvios, com o mesmo propósito do gráfico 4. Pode-se observar no gráfico 5 que os desvios encontram-se distribuídos ao longo de toda a faixa de escores de metabolismo, com amplitudes também distribuídas e grandezas hora positiva hora negativa sem apresentar uma comportamento uniforme que identifique alguma relação entre os desvios e este aspecto. A altura tem sua influência na determinação do metabolismo e o valor tabelado do metabolismo foi corrigido para que as características individuais fossem preservadas.

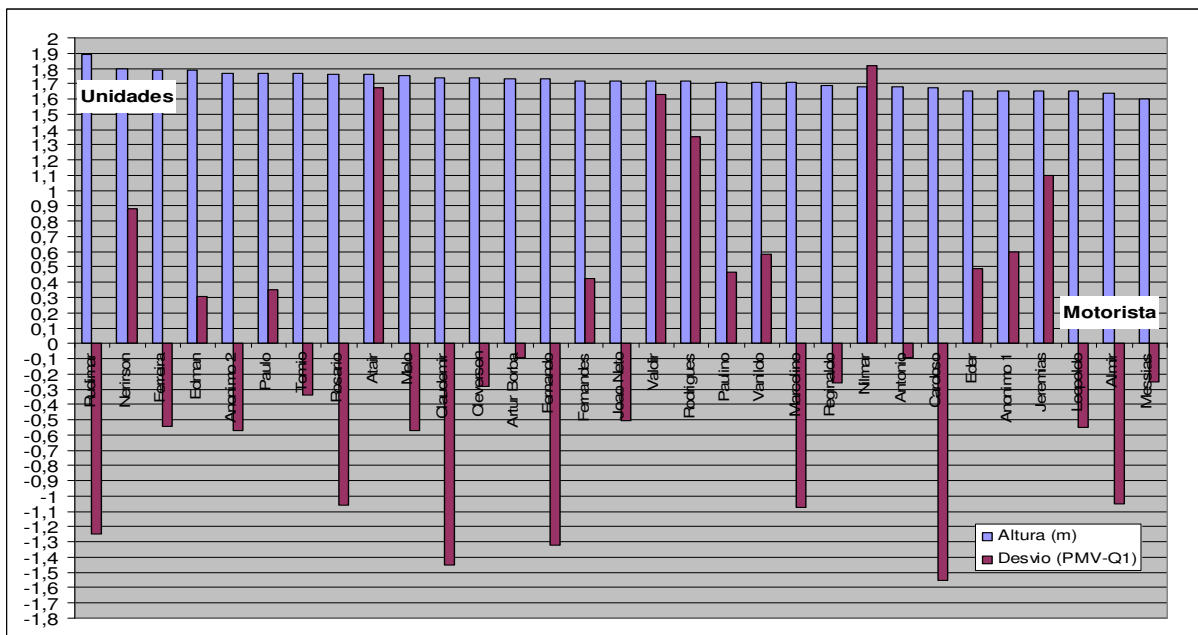


Gráfico 5: Relação Altura dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1

No aspecto peso, os dados de peso dos motoristas dos avaliados estão reunidos em função dos desvios e encontram-se tabulados em Tabela 5.

**Tabela 5 - Peso dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1**

Peso	Desvio entre PMV e Q1								Total
	> 1,51	1,5 a 1,01	1 a 0,51	0,5 a 0	0 a -0,5	-0,51 a -1	-1,01 a 1,5	< -1,51	
< 70 Kg	0	1	0	0	4	0	1	0	6
71 a 80 Kg	2	1	1	3	0	3	3	1	14
81 a 90 Kg	1	0	2	1	1	1	1	0	7
> 91 Kg	0	0	0	1	1	1	1	0	4
Total	3	2	3	5	6	5	6	1	31

O gráfico 6 foi elaborado agrupando-se os valores de peso na ordem decrescente em função dos desvios. Observa-se que a faixa de peso acima de 86 Kg existem predominância nas grandezas negativas (um julgamento com relação ao ambiente como sendo suavemente mais quente que o valor de PMV). Na faixa entre 85 a 70 Kg os desvios estão distribuídos desuniformemente, com amplitudes e grandezas variadas. A faixa de peso abaixo de 70 apresenta em geral desvios de grandeza negativa, porém de amplitude entre 0 e -0,5. O peso é um componente que influência dois aspectos do cálculo de PMV, metabolismo e vestimenta. No aspecto do metabolismo, o valor tabelado foi corrigido em função do peso para que as características individuais fossem preservadas.

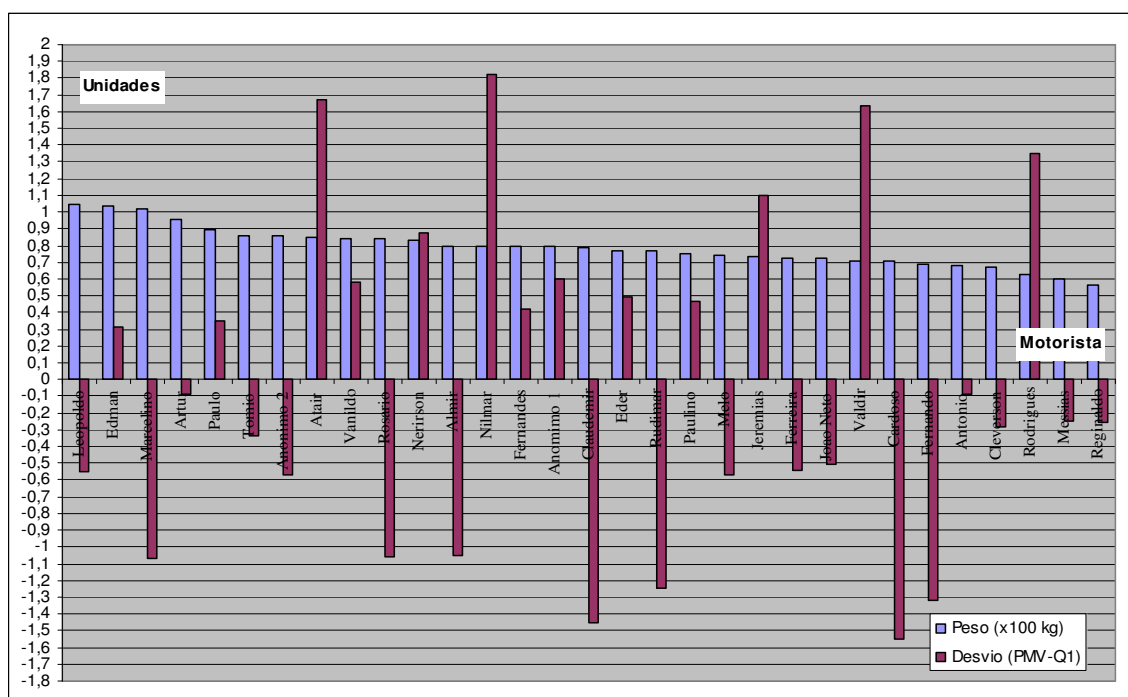


Gráfico 6: Relação Peso dos Motoristas e o Desvio entre PMV e Q1

A respeito das vestes, se considerada a baixa condutividade térmica da gordura, indivíduos com maior peso podem apresentar maior taxa de gordura e assim apresentar uma característica de isolamento que dificulta a perda de calor de seu corpo necessária ao balanço térmico. Esta é uma suposição para os indivíduos com mais de 86 kg que sentem o ambiente mais quente que o cálculo de PMV. Porém

devido à falta de dados que corroborem, como por exemplo um levantamento antropométrico, esta análise limita-se a condição de comentário.

d) **Avaliação dos desvios entre PMV e Q1 em relação ao valor de PMV:** as características do ambiente são os elementos que estimulam os sensores térmicos do indivíduo e influenciam o conforto térmico. Na análise dos desvios de PMV e Q1 em função da variação do PMV busca-se verificar possíveis variações da percepção dos avaliados em função das variações dos parâmetros ambientais que influenciam o conforto térmico. Os dados de PMV foram reunidos em função dos desvios entre PMV e Q1, como apresentado na tabela 6.

**Tabela 6 - PMV e o Desvio entre PMV e Q1**

PMV	Desvio entre PMV e Q1								Total
	> 1,51	1,5 a 1,01	1 a 0,51	0,5 a 0	0 a -0,5	-0,51 a -1	-1,01 a 1,5	< -1,51	
< 1	0	0	1	1	1	0	3	0	5
1,01 a 1,50	0	1	0	5	0	5	0	1	12
1,51 a 2	0	0	1	0	4	0	3	0	8
> 2,01	3	1	1	0	1	0	0	0	6
Total	3	2	3	5	6	5	6	1	31

O gráfico 7 reúne os dados de PMV em ordem decrescente em função dos desvios entre PMV e Q1. Na faixa de escores de PMV acima de 2 observa-se que predominam os desvios de grandeza positiva e amplitude acima de 1 (um julgamento com relação ao ambiente como sendo mais frio que o valor de PMV). Abaixo da faixa de PMV 2, predominam os desvios com grandeza negativa e as maiores amplitudes dos desvios estão distribuídas ao longo da faixa que predomina amplitudes entre 1 e -1 (um julgamento com relação ao ambiente como sendo suavemente mais quente que o valor de PMV). Em condições em que o valor de PMV é maior que +2, ficam mais evidentes os mecanismos de termoregulação devido ao aumento da temperatura interna e os efeitos como aumento do ritmo cardiovascular, vasodilatação e sudorese estão ativos. O sangue que irriga a superfície da pele decorrente da vasodilatação perde calor com a evaporação do suor. Tal resfriamento rápido da superfície da pele também afeta os sensores para frio localizados nesta mesma região, e por consequência estes sinais são transmitidos ao córtex e processados resultando na percepção do ambiente mais frio. Esta suposição é a aparente resposta para os desvios encontrados nesta faixa de PMV acima de +2.

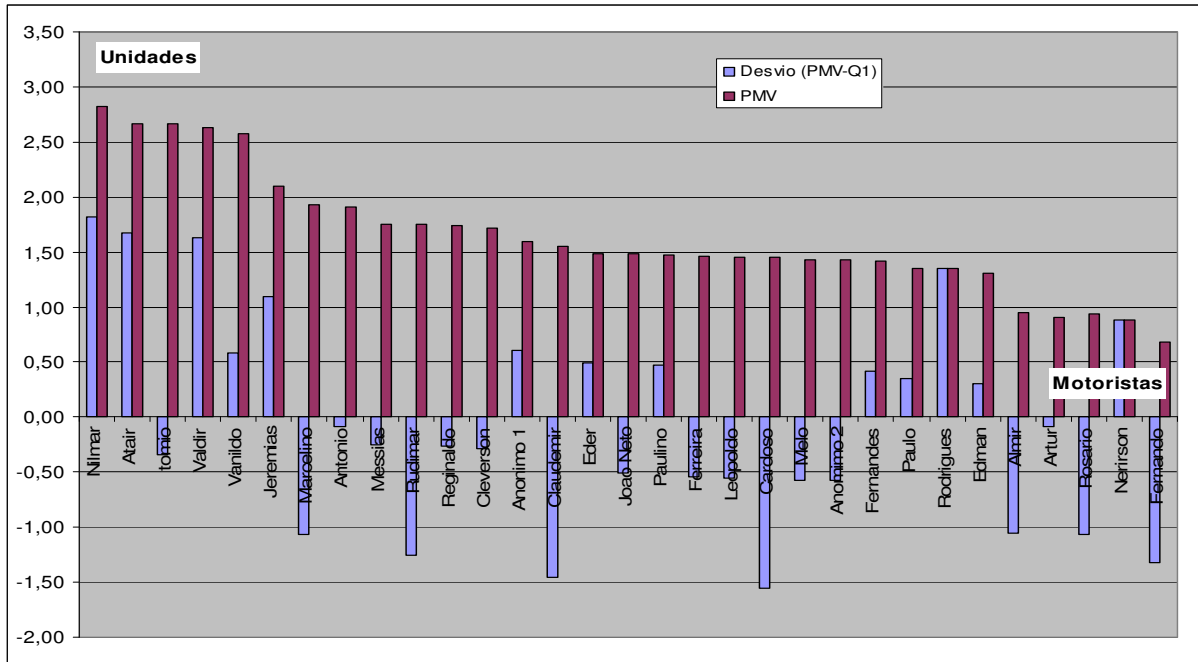


Gráfico 7: Relação PMV e o Desvio entre PMV e Q1

e) **Avaliação dos desvios entre PMV e Q1 em relação ao período de coleta de dados:** o período (data e hora) reúne características diversas como a variação dos parâmetros ambientais (influenciados pela variação climática), fatores fisiológicos (por exemplo ritmo circadiano) e fatores de ordem psicológica (por exemplo um dia com maior fluxo de trânsito). Na análise dos desvios de PMV e Q1 em função do período (tabela 7) busca-se verificar possíveis variações da percepção dos avaliados que possam caracterizar os desvios.

**Tabela 7 - Período e o Desvio entre PMV e Q1**

PMV	Desvio entre PMV e Q1								
	> 1,51	1,5 a 1,01	1 a 0,51	0,5 a 0	0 a -0,5	-0,51 a -1	-1,01 a 1,5	< -1,51	Total
09/12/2005	3	0	1	0	1	0	0	0	5
14/12/2005	0	0	1	4	0	3	1	1	10
16/12/2005	0	1	0	0	3	0	2	0	6
18/12/2005	0	1	1	1	2	2	3	0	10
Total	3	2	3	5	6	5	6	1	31

O gráfico 8, agrupa os dados por período em ordem crescente em função dos desvios entre PMV e Q1. Na faixa do dia 09/12/2005, cujo horário é entre 14h15min as 15h25min observa-se que os desvios de grandeza positiva e amplitude acima de 1 predominam (um julgamento com relação ao ambiente como sendo mais frio que o valor de PMV), é importante ressaltar que isto ocorre na mesma análise de PMV pois os escores de PMV registrados nos períodos são similares. Na faixa do dia 14/12/2005, cujo horário entre 13h00min as 14h00min, predominam os desvios com grandeza negativa e as maiores amplitudes dos desvios observadas com

relação à variação de período. Nas faixas do dia 14/12/2005, cujo horário é entre 17h00min as 17h45minh, e do dia 14/12/2005, cujo horário é entre 10h25min as 12h10minh, os desvios estão mais distribuídos em relação a grandeza e amplitude. O turno vespertino foi escolhido para pesquisa por apresentar as condições climáticas relacionadas ao estudo e pelo fato do período ser aquele cuja qual o indivíduo apresenta maior temperatura interna ao longo do dia (Ritmo Circadiano). No período do dia 14.12.2005, cujo horário é entre 13h00min as 14h00min, os indivíduos que apresentaram julgamento mais quente do que o valor PMV podem ter sua percepção decorrente da digestão dos alimentos ingeridos no almoço, a qual dependendo da dieta aumenta a taxa metabólica. Esta análise limita-se a condição de comentário, pois não foram coletados dados referentes à dieta que confirmassem a correlação.

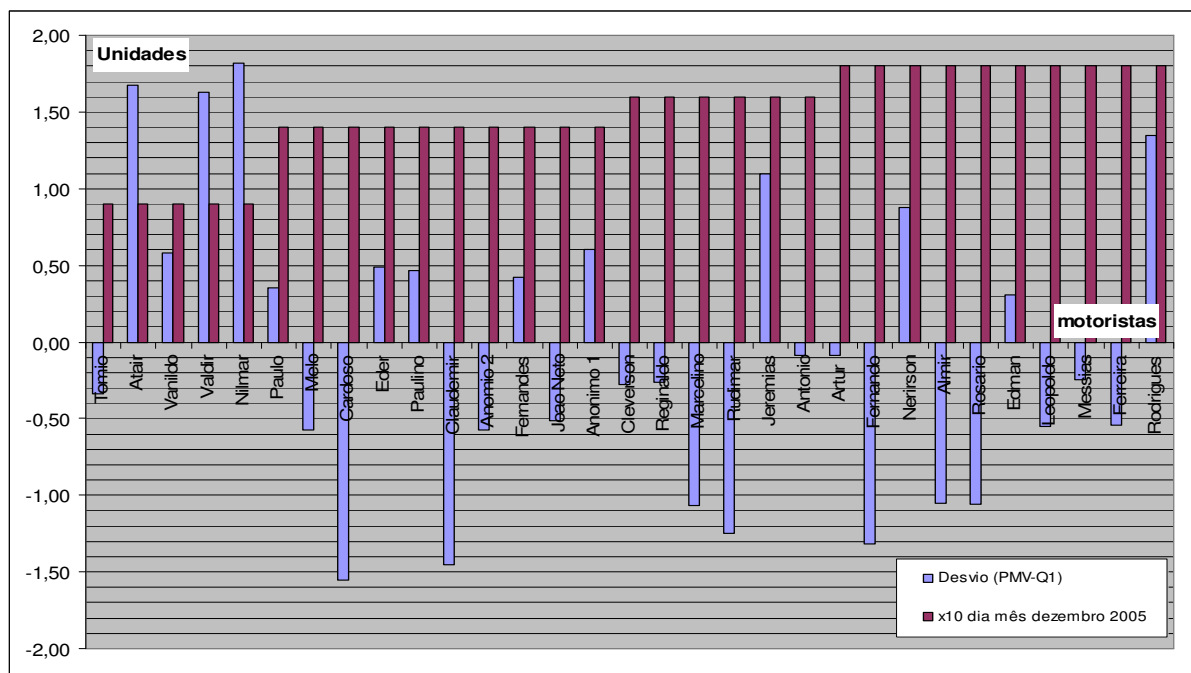


Gráfico 8: Relação Período e o Desvio entre PMV e Q1

Os principais pontos dessa verificação da aplicabilidade do cálculo Prognóstico Conforto Térmico (PMV):

- **Do ponto vista geral**, avaliação das médias, o cálculo apresenta-se adequado com pequena variação da média e com uma probabilidade mínima, inferior de 5%, de as diferenças observadas nos dados não serem provenientes de fatores casuais.
- **Do ponto vista individual**, avaliação dos desvios, o cálculo apresentou desvios entre o PMV e Q1 que podem ser relacionadas: ao refinamento de Q1 (que não apresenta fracionamento inferior a uma (1) unidade; a idade (onde os motoristas

com idade superior a 44 anos apresentaram um julgamento com relação ao ambiente como sendo mais frio que o valor de PMV e os de idade inferior a 44 anos um julgamento com relação ao ambiente como sendo suavemente mais quente que o valor de PMV), ao peso ( acima de 86 Kg apresentam um julgamento com relação ao ambiente como sendo suavemente mais quente que o valor de PMV) e aos escores de PMV (onde os motoristas que estavam em ambiente com PMV acima de 2 apresentaram um julgamento com relação ao ambiente como sendo mais frio que o valor de PMV).

#### 4.3.2 Verificação da Aplicabilidade do Cálculo Percentual Pessoas Insatisfeitas (PPD)

##### 4.3.2.1 Verificação Geral: Comparação das Médias PPD e Q2-Q4-Q5

Da mesma forma aplicada ao item 4.2.1, verificou-se a veracidade da hipótese, “percentual de pessoas insatisfeitas calculado pela equação 2 é aplicável na avaliação de conforto térmico no posto de motorista de ônibus?”.

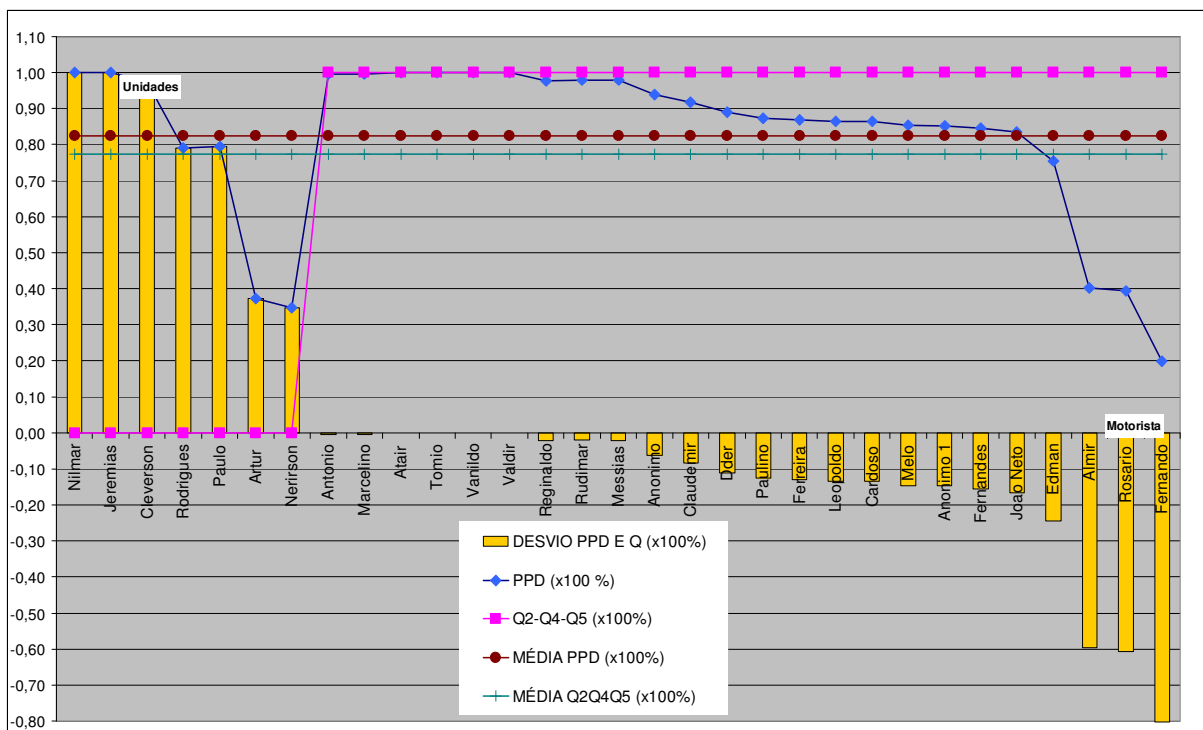


Gráfico 9: Valores de PPD, Q2-Q4-Q5, respectivas médias e Desvio (PPD-Q2/Q4/Q5)

Assim, tem-se a hipótese de trabalho ou hipótese nula ( $H_0$ ) como sendo “em média, os valores obtidos no cálculo do percentual de pessoas insatisfeitas ( $\mu_{PPD}$ ) do

posto de motorista de ônibus é igual aos valores obtidos pela avaliação subjetiva dos motoristas ( $\mu_{ASMI}$ ), e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) com sendo “em média, os valores obtidos no cálculo do percentual de pessoas insatisfeitas ( $\mu_{PPD}$ ) do posto de motorista de ônibus é diferente aos valores obtidos pela avaliação subjetiva dos motoristas ( $\mu_{ASMI}$ )”. Respectivamente as hipóteses são:  $\mu_{PPD} = \mu_{ASMI}$  ou  $\mu_{PPD} \neq \mu_{ASMI}$ . A média  $\mu_{PPD}$  é média dos valores registrados na coluna PPD do apêndice 4 e gráfico 9. E a média  $\mu_{ASMI}$  é a média dos valores registrados na coluna discrepância Q2-Q4-Q5 do apêndice 4. No gráfico 1 pode-se verificar a dispersão dos valores obtidos de PMV e Q1 e suas respectivas médias em função de cada motorista.

Para elaborar a análise aplicou-se os escores das amostras nas equações 4, 5 e 6, obtendo-se:

$$gl = 60$$

$$\sigma_{dif} = 8,83$$

$$t = 0,56$$

Obteve-se o também o valor de t adequado = 2,000 por meio da tabela anexo 5, para o  $gl = 60$  com nível de significância de 5%.

Para rejeitarmos a hipótese nula  $H_0$  o t calculado deve ser igual ou maior que o t adequado. Assim conclui-se que ao nível de significância 5% e com o valor calculado  $t = 0,560$  menor ( $<$ ) t adequado = 2,000, rejeita-se a hipótese alternativa ( $H_1$ ) em favor da hipótese nula ( $H_0$ ), existindo uma probabilidade mínima, inferior de 5%, de as diferenças observadas nos dados não serem provenientes de fatores casuais.

#### 4.3.2.2 Verificação Individual: avaliação dos desvios entre PPD e Q2-Q4-Q5

Além da análise das médias entre PPD e a avaliações subjetivas dos motoristas (questões Q2-Q4-Q5) que proporcionou uma análise do ponto de vista geral, procurou-se esclarecimentos para os desvios entre PPD e Q2-Q4-Q5. No gráfico 10 foram ordenados em decrescentes os desvios obtidos entre PPD e Q2-Q4-Q5 onde se verificam isoladamente 5 desvios com amplitude superior a 50% e grandeza positiva e 4 desvios com amplitude inferior a -50%. Os demais desvios localizam-se na faixa entre +37% e -25%, com predomínio dos desvios próximos a 0%. Assim



como verificado na análise de PMV, o refinamento das avaliações do nível de satisfação posicionaram os escores em dois pólos, satisfeito ou insatisfeito, logo o cálculo de PPD que se posiciona fracionado com pequena distanciamento com relação a um dos pólos entende-se como sendo oriundo desse pólo a que esta mais próximo.

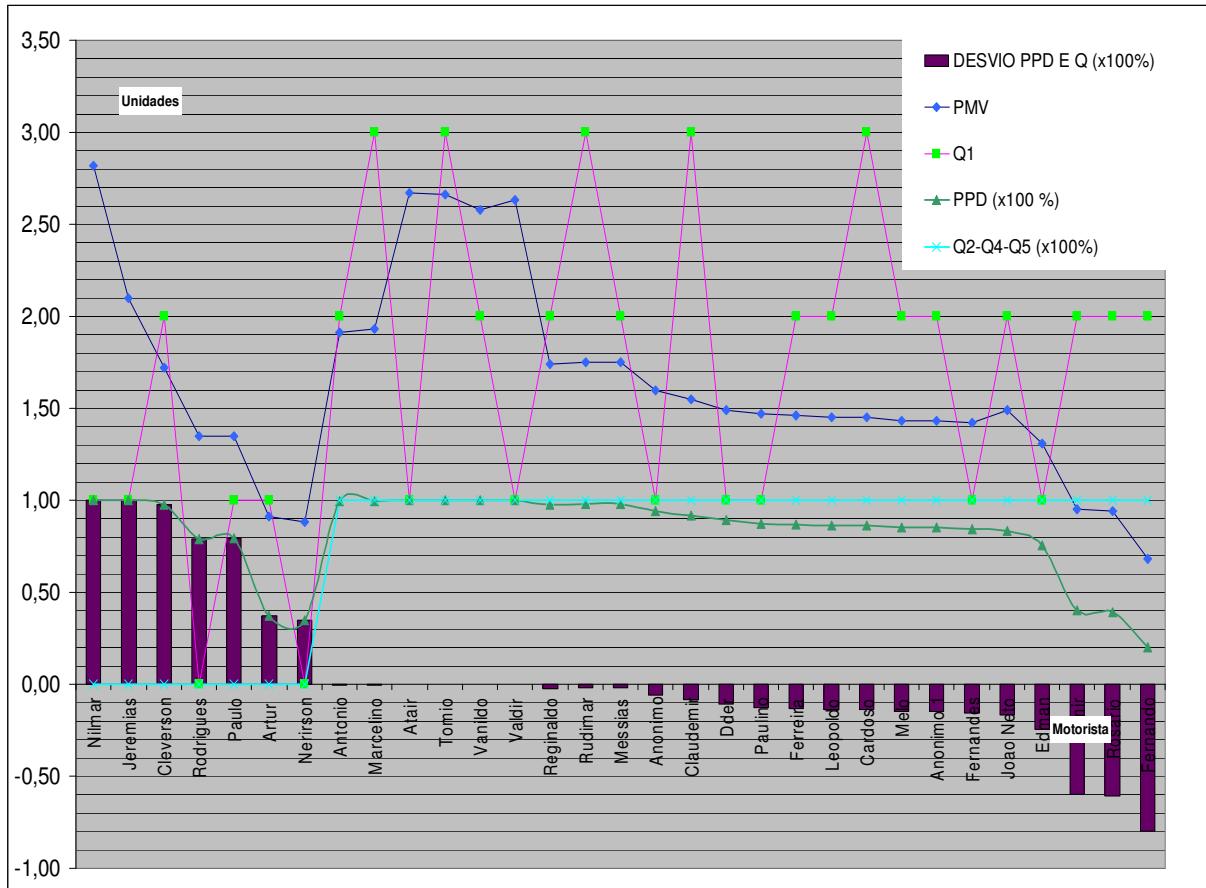


Gráfico 10: Desvios entre PPD e Q2-Q4-Q5 em função PMV, Q1 e desvio entre PMV e Q1

No gráfico 11 estão agrupados os desvios com maior amplitude, aos quais observando individualmente aponta-se alguns características aos avaliados como:

- Nilmar, Jeremias e Paulo: apresenta voto em Q1 como sendo 1, assim pelo principio do método do prognostico se o PMV é 1 o PPD é próximo a 40%. Porém o avaliado apresenta-se satisfeito com o ambiente térmico, mesmo sentindo-se com calor.
- Cleverson: apresenta voto em Q1 como sendo 2, assim pelo principio do método do prognostico se o PMV é 2 o PPD é próximo a 99,81%. Porém o avaliado apresenta-se satisfeito com o ambiente térmico, mesmo sentindo-se com calor.

- Rodrigues: apresenta voto em Q1 como sendo 0, assim pelo princípio do método do prognóstico se o PMV é 0 o PPD é próximo a 5%. Porém o avaliado apresenta-se satisfeito com o ambiente térmico, pois sente mais refrescado que o cálculo de PMV.
- Almir, Rosário e Fernando: apresenta voto em Q1 como sendo 2 e estão insatisfeitos com o ambiente térmico, correspondendo ao PPD para PMV 2. Porém o PMV calculado para os mesmos varia entre 0,68 e 0,95, ou seja estes avaliados sentem-se com mais calor que o calculado.

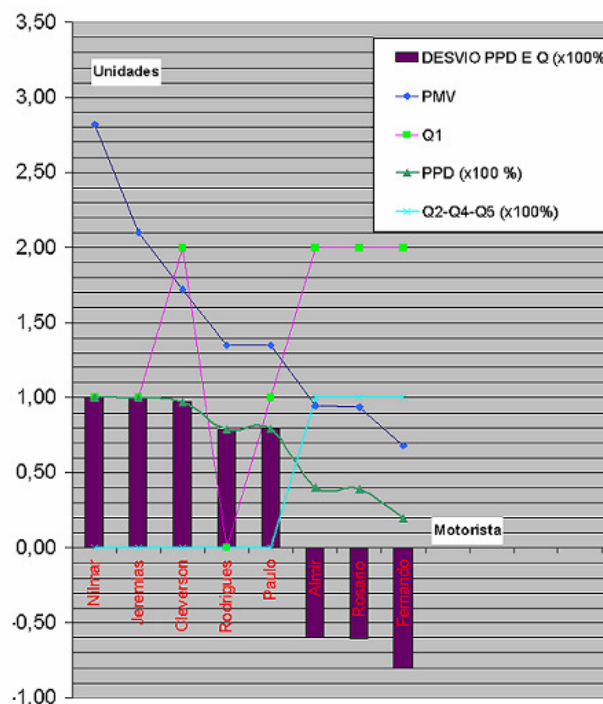


Gráfico 11: Valores de PPD, Q2-Q4-Q5, respectivas médias e Desvio (PPD-Q2/Q4/Q5) (maior amplitude)

Os principais pontos dessa verificação da aplicabilidade do cálculo da percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD):

- **Do ponto vista geral**, avaliação das médias, o cálculo apresenta-se adequado com pequena variação da média e com uma probabilidade razoável, superior de 5%, de as diferenças observadas nos dados serem provenientes de fatores casuais.
- **Do ponto vista individual**, avaliação dos desvios, assim como o cálculo PMV as diferenças individuais são invisíveis nas médias, mas na análise dos desvios percebe-se sua existência, mesmo sendo em menor frequência do que PMV. Em sua maioria conseqüentes da percepção individual quanto ao seu ambiente térmico.

### 4.3.3 Outros Aspectos Observados

Através dos dados elaborados puderam ser observados outros aspectos como segue:

a) **Diferença entre a média dos escores da condição a qual o ambiente se encontra (Q1) e a média dos escores da condição em que o indivíduo preferiria estar (Q3):** a diferença entre as médias desses escores apresenta a condição média que os motoristas estariam confortáveis (faixa conforto). Esse valor + 0,39 sugere que os motoristas apresentariam-se confortáveis mesmo em uma condição suavemente mais quente que o proposto pelo modelo de prognóstico de conforto (cujo ponto de referencia é o valor nulo).

b) **Valores PMV acima 2,00:** em seis (6) avaliações foram registradas condições de prognóstico acima de 2,00. A norma ISO7730/1994 recomenda o uso do índice PMV entre a faixa de -2,00 a 2,00, para as avaliações de conforto térmico. Sugere-se uma avaliação futura para verificar condições de estresse térmico em posto de motorista de ônibus.

### 4.3.4 Recomendações Ergonômicas

Com o objetivo de auxiliar nas avaliações de conforto térmico que tenham propósito de adaptar o ambiente as condições e necessidades dos motoristas de ônibus, propõem-se medidas que podem oferecer ao avaliador o melhor obtenção de dados e resultados. Dentre estas medidas estão:

- Nas avaliações preliminares ao nível de engenharia (nos estágios de projeto e protótipo): sugere-se a utilização do método de cálculo do prognóstico de conforto (PMV) e do percentual de pessoas insatisfeitas (PPD) pois oferece uma aproximação da percepção de conforto térmico do indivíduo e de sua satisfação com o mesmo e permite assim analisar e identificar os índices melhorando as condições de trabalho que estão sendo projetadas. Todavia conforme verificado nas análises dos desvios, é uma avaliação de condições gerais e não distingue as características individuais ou as características de pequenos grupos;
- Nas validações de produtos novos no estágio de pré-série e avaliações de condições já em uso: sugere-se a utilização do método de avaliação subjetiva, regulada pela ISO10551 (1995), assistido pelo método de prognóstico de conforto

ISO7730 (1994), onde além de apresentar a condição percebida pelo avaliado na condição de trabalho, possibilita um caráter mais descritivo a avaliação com nível de análise que permite perceber as características individuais e permite um conhecimento da relação indivíduo e ambiente térmico, o que pode contribuir para novas descobertas e pontos de vista.

## 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÃO

Este estudo direcionado para que projetistas, pesquisadores e demais profissionais que apresentam necessidade ou interesse em avaliar a condição de conforto térmico em posto de motorista de ônibus demonstrou através do capítulo 2 fundamentos teóricos que caracterizam os aspectos fisiológicos e psicológicos que influenciam o conforto térmico. Também a abordagem sobre os métodos de testes, tipos de instrumentos e medições complementam o caráter investigativo desse capítulo proporcionando um conhecimento do estágio de desenvolvimento do tema e referência para desenvolvimento de projetos e avaliações neste âmbito.

Outrosim, este estudo verificou a aplicabilidade do modelo de prognóstico de conforto (PMV) em avaliação de postos de trabalho de motorista de ônibus na situação real de trabalho do motorista, onde se constatou através da instrumental estatístico (razão t) que o valor médio dos índices prognosticados (PMV) e o valor médio das avaliações subjetivas (Q1 - considerada a condição real), tratar-se das mesmas médias, com pequena variação, e com uma probabilidade mínima, inferior de 5%, de as diferenças observadas nos dados não serem provenientes de fatores casuais. Do ponto vista individual, a avaliação das diferenças observadas (desvios), verificou-se estarem relacionadas: ao refinamento dos escores do questionário da avaliação subjetiva e as características individuais dos avaliados (idade, peso e PMV). Analogamente ocorreu com relação à estimativa da percentual de pessoas insatisfeitas (PPD), onde as médias entre o cálculo de PPD e as avaliações subjetivas tratam-se das mesmas médias, com pequena variação, e com uma probabilidade mínima, inferior de 5%, de as diferenças observadas nos dados não serem provenientes de fatores casuais. Do ponto vista individual, avaliação das diferenças observadas (desvios), verificou-se estarem relacionadas: ao refinamento dos escores do questionário da avaliação subjetiva e a características individuais dos avaliados (idade, peso e PMV). Ainda do ponto vista individual, avaliação dos desvios, assim como no cálculo PMV as diferenças individuais são invisíveis nas médias, mas na análise dos desvios percebe-se sua existência, mesmo sendo em menor frequência do que PMV. Em sua maioria, conseqüentes da percepção individual quanto ao seu ambiente térmico.

A aplicação das técnicas utilizadas para aquisição dos dados: ISO7726 (1998), ISO7730 (1994) e ISO10551 (1995) demonstraram-se exeqüíveis para utilização neste tipo de avaliação em postos de motorista. O modelo de prognóstico de conforto (PMV) e da percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) regulados pela norma ISO7730 (1994) apresentaram-se uma ferramenta adequada às avaliações preliminares de engenharia para o desenvolvimento de produtos, permitindo analisar e identificar os índices melhorando as condições de trabalho que estão sendo projetadas. Todavia, para validações de condições e projetos existentes a avaliação subjetiva, regulada pela ISO10551 (1995), além de apresentar a condição percebida pelo avaliado na condição de trabalho, possibilita um caráter mais descritivo a avaliação e permite um conhecimento da relação individuo e ambiente térmico, o que pode contribuir para novas descobertas e pontos de vista da diversidade humana.

Por fim, através do caráter participativo proporcionado pela pesquisa com os motoristas, percebeu-se o quanto os avaliados se sentiram interessados a cooperar em avaliar sua própria condição de trabalho, expondo sua percepção, preferência e aceitabilidade quanto a condição térmica.

## **5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como recomendações para trabalhos futuros relacionados a este estudo, sugerem-se:

- A ampliação desse estudo para avaliações com ênfase em condições térmicas frias;
- Devido aos escores de PMV acima de 2 verificados nesta pesquisa, sugere-se também o desenvolvido de uma avaliação do estresse térmico em postos de motorista de ônibus;
- Estudos para aprimoramento das escalas de avaliações subjetivas ISO10551 (1995) que possam permitir fracionamento e menor amplitude nos desvios entre o cálculo de PMV / PPD e as avaliações subjetivas;
- Estudos para aprimoramento das tabelas de metabolismos que permitam correções em função de outros aspectos individuais que afetam a taxa metabólica como, por exemplo, a idade e a dieta alimentar;

- Estudos para aprimoramento das tabelas de vestimenta que permitam a correção em função do percentual de gordura do indivíduo.

## REFERÊNCIAS

- ALCOBIA, C.J.O.P.J.; SILVA, M.C.G. A Comfort Field Study in Public Transportation Buses. In. **6. INTERNATIONAL CONFERENCE ON AIR DISTRIBUTIONS IN ROOMS**. June 14-17,1998. Stockholm, Sweden: 1998. 7 f.
- ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilista 2004**. [S.l.]. 2004. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 11 nov. 2004.
- ASHCROFT, Francês M. **A vida no limite**: a ciência da sobrevivência. Tradução Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.
- ASHRAE (American Society of Heating and Air Conditioning Engineers) Handbook Fundamentals. Atlanta: ASHRAE, 1993. Cap. 8: **Physiological principles for comfort and health**, p.8.1- 8.32.
- BARBETTA, P.A. **Estatística Aplicada as Ciências Sociais**. 5.ed. Florianópolis, UFSC, 2005.
- BATIZ, E.C. **Avaliação Conforto Ambiental** material didático para disciplina EPS 6205. Florianópolis, PPGEF, UFSC, 2001. 77 f. Fotocopiado.
- CANDAS, V. The Thermal Environment and Its Effects on Human. In. INTERNATIONAL CONFERENCE FLORENCE, 6., 18-19 nov 1999. Florença, Italia. Tema: “**Assessment of Thermal Climate in Operators’s Cabs**”. Ultima, Suécia: JTI, 2000. P.6-13.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P.A.. **Metodologia Científica**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CISTERINO, M. Thermal Climate in Cabs and Measurement Problems. In. INTERNATIONAL CONFERENCE FLORENCE, 6., 18-19 nov 1999. Florença, Italia. Tema: “**Assessment of Thermal Climate in Operators’s Cabs**”. Ultima, Suécia: JTI, 2000. P.15-23.
- CNT. **Relatório Analítico Pesquisa Seção Passageiros CNT 2002**. [S.l.]. 2002. Disponível em: <[http:// www.cnt.org.br](http://www.cnt.org.br)>. Acesso em: 11 nov. 2004.
- COUTINHO, A. S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. João Pessoa: Edições PPGEF, 1998.
- DAANEN, H.A.M.; HUANG, X.; VLIERT, E. Van de. Driving Performance in Cold, Warm and Thermoneutral Environments. **Applied Ergonomics**. v. 34, n. 6, p. 597-602, nov. 2003.



DAVIES, A.; ET AL. **Fisiologia Humana**. Tradução de Alfred Esbérard. POA: Artmed, 2003.

FABUS. **Produção de Carrocerias de Ônibus Dados dos Associados em 2003**. [S.I.]. 2003. Disponível em: <<http://www.fabus.com.br>>. Acesso em: 11 nov. 2004.

FLUENT. First Vehicle Passenger Thermal Comfort Model Helps Optimize HVAC Systems. [S.I.] 2002. Disponível em: <http://www.fluent.com/> Acesso em: 05 dez. 2005.

GUÉRIN, F. ET AL. **Compreender o Trabalho para Transforma-lo – A Prática da Ergonômica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2001.

GOEDERT, J.; BATIZ, E. C. Aspectos para Discussão de uma Proposta para Avaliação de Conforto Térmico em Postos de Motorista de Ônibus. In: Congresso SAE Brasil 2004. 22-25 nov, São Paulo, 2004.

GOEDERT, J.; SCHOLOSMACHER, I.D. **Relatório sobre a Análise Ergonômica Realizada no Posto de Motorista de Ônibus Rodoviário**. Relatório apresentado na disciplina AET. Florianópolis, PPGE, UFSC, 2003. 25 f. Fotocopiado.

GONÇALVES, E. C.. **Constrangimentos no Posto de Motorista de Ônibus Urbano Segundo Visão Macroergonomia**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, POA, 2003.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**. Adaptando o trabalho ao homem. 4.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

HAN, T.; ET AL. Virtual Thermal Comfort Engineerins. In. **SAE Word Congress 2001**, 5-8 mar, Detroit, USA, 2001.

HAN, T.; HUANG, L. A Model for Relating a Thermal Comfort Scale to EHT Comfort Index. In. **SAE Word Congress 2004**, 8-11 mar, Detroit, USA, 2004.

HÖPPE, PETER. Different Aspects of Assessing Indoor and Outdoor Thermal Comfort. In. **Energy and Buildings** v. 34, n. 6, p. 581-594, jul. 2002.

MEASUREMENT TECHNOLOGY NORTHWEST. **Advanced Thermal Manekin**. [entre 1995 e 2005]. (folheto). Disponível em: <<http://www.mtnw-usa.com>> Acesso em: 05 dez. 2005.

INNOVA AIR TECH INSTRUMENTS. Thermal Comfort. BG 2002-12 Ballerup, Denmark: Innova, 2002. 32 f. (folheto)

IPPUJ. **Sistema Transporte Integrado de Joinville. 2002**. Disponível em: <<http://www.ippuj.sc.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2006.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO7726:** Thermal Environment - Instruments and method for measuring physical quantities. Genève: 1998.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO7730:** Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genève: 1994.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO8996:** Ergonomics of the Thermal Environment - Determination of Metabolic Heat Production. Genève: 1990.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO9920:** Ergonomics of the Thermal Environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genève: 1995.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO10551:** Ergonomics of the Thermal Environment – Assessment of the influence of the Thermal Environment Using Subjective Judgment Scales. Genève: 1995.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO13731:** Ergonomics of the Thermal Environment - Definition and units. Genève: 1996.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO16121-4:** Road vehicles -Ergonomics requirements for the driver's workplace in line-service buses - Part 4: Cabin environment. Genève: 2005.

JONES, B.W. Capabilities and Limitations of Thermal Models for use in Thermal Comfort Standards. In. **Energy and Buildings**. V.34, n. 6, p. 653-659, jul., 2002.

KROEMER, K.H.E.; ET AL. **Engineering Physiology: Bases of Human Factors/Ergonomics**. 3. ed. New York, USA: Van Nostrand Feinhold, 1997.

LAMBERTS, R.; Xavier, A.A.P. **Conforto Térmico e Estresse Térmico:** material didático para disciplina Conforto Térmico: EVC4200. Florianópolis: PPGECC, UFSC, 2002. 109f. Fotocopiado.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.; **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1998.

LEVIN, J. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas**. 2. ed. São Paulo: Harbaa, 1987.

MARCONI, MARINA DE A.; LAKATOS, EVA M.; **Técnicas de Pesquisa: Planejamento e Execução de Pesquisas, Amostras e Técnicas de Pesquisa, Elaboração, Análise e Interpretação de Dados**. São Paulo: Atlas, 2002.

MCARDLE, W.D.; ET AL.. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 4. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1998.

MET. **Motoristas de ônibus urbanos, metropolitanos e rodoviários: 7824**. [S.I.]. 2002. Disponível em: <<http://www.mtecbo.gov.br>>. Acesso em: 12 set. 2004.

OLESEN, B.W.; PARSONS K.C. Introduction to Thermal Comfort Standards and to The proposed New Version of EN ISO 7730. **Energy and Buildings**. V. 34, n.6, p. 537-548, jul., 2002.

OLESEN, B.W. **Measurement of Thermal Comfort in Vehicles**. BO 0281-11. Ballerup, Denmark: Brüel&Kjaer, 1987 (folheto)

PARSONS, K.C.. The Assessment of Thermal Comfort in Vehicles Using Human Subjects. In. INTERNATIONAL CONFERENCE FLORENCE, 6a., 18-19 novembro 1999, Florença, Itália. Tema: “**Assessment of Thermal Climate in Operators’s Cabs**”. Ultima, Suécia: JTI, 2000. P.25-30.

\_\_\_\_\_. **Human Thermal Environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance**. 2. ed., Londres: Taylor & Francis, 2003.

PEACORK, B.; KARWOWSKI, W. **Automotive Ergonomics**. Bristol, USA: Taylor & Francis, 1993.

RODRIGUEZ, A., DELGADO, A. El método y las técnicas en Psicología del Trabajo y de las organizaciones. In: RODRIGUEZ, A. **Introducción a la Psicología del trabajo y de las Organizaciones**. Madri: Pirâmide, 1998. p. 71-84.

RUAS, ALVARO CESAR. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. Fundacentro: [S.I.] 1999.

SAE (Society of Automotive Enginneginr) **J1503**: Performance Test for Air Conditioned, Heated and Ventilated Off-road self-Propelled Work Machines. SAE: Detroit, 1986.

SANTOS, N. dos; FIALHO, F. **Manual de análise ergonômica do trabalho**. 2.ed. Curitiba: Gênese, 1997.

SANTOS, T. M. **Manual de Psicologia**. 2. Ed. São Paulo: Nacional, 1967.

SCHMIDT, R. F. **Fisiologia Sensorial**. São Paulo: EPU, 1980.

**VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído** [CD-ROM]. Anais. Curitiba: ENCAC, 2003. Seção de Conforto e Condicionamento Térmico.

SIMÕES, EDDA A. Q. ET AL. **Psicologia da Percepção**. São Paulo: EPU, 1985.

SILVA, E.L.da; MENEZES, E.M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SONNTAG, R. E.; BORGNAKKE, C.; WYLEN, G. J. Van. **Fundamentos da termodiâmica**. 5.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

**THERMOTRONICS**. Apresentação Recursos Câmera Termo Visor. Curitiba: 2003. CD-ROM.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho**. Ergonomia: método & técnica. São Paulo: FTD, 1987.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Modelo Preliminar do Questionário Escalas de Avaliação Subjetiva

APÊNDICE B – Modelo do Questionário Escalas de Avaliação Subjetiva

APÊNDICE C – Tabela dos Dados Coletados

APÊNDICE D – Tabela dos Dados Organizados

## APÊNDICE A: Modelo Preliminar do Questionário Escalas de Avaliação Subjetiva

**AVALIAÇÃO CONFORTO TÉRMICO DO MOTORISTA ÔNIBUS**

Local: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nome motorista avaliado: \_\_\_\_\_

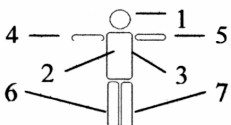
Idade: \_\_\_\_\_ anos      Peso: \_\_\_\_\_ kg      Altura: \_\_\_\_\_ m

Tipo de serviço:       municipal/metropolitano       intermunicipal/interestadual

Tempo de realização da rota: \_\_\_ horas \_\_\_ minutos      Distância percorrida: \_\_\_\_\_ Km      Horário: \_\_\_\_\_

Temperatura (B.S.): \_\_\_\_\_ °C      Umidade relativa: \_\_\_\_\_ %      Radiação Solar \_\_\_\_\_ (s/n)      Velocidade ar: \_\_\_\_\_ m/s

**1. Por favor marque X no quadro abaixo que expressa: Como você se sente AGORA?**



	CORPO	CABEÇA	TRONCO		BRAÇOS		PERNA	
	TODO		Fronte	Atrás	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
	0	1	2	3	4	5	6	7
9 Calor Excessivo								
8 Muito Calor								
7 Calor								
6 Pouco Calor								
5 Nem calor / nem frio								
4 Pouco Frio								
3 Frio								
2 Muito Frio								
1 Excessivo Frio								

**2. Por favor marque X no termo abaixo que expressa: Como se encontra o ambiente AGORA?**

Confortável      Pouco Desconfortável      Desconfortável      Muito Desconfortável      Extremamente Desconfortável

**3. Por favor marque X no termo abaixo que expressa: Como você preferia estar AGORA?**

Muito mais FRIO      Mais FRIO      Levemente mais FRIO      Sem mudança      Levemente mais QUENTE      Mais QUENTE      Muito mais QUENTE

**4 Por favor marque X no termo abaixo que expressa: Como você julga este ambiente térmico?**

Aceitável      Não Aceitável

**5. Por favor marque X no termo abaixo que expressa: Quanto este ambiente térmico é tolerável?**

Perfeitamente Tolerável      Pouco Difícil Tolerar      Razoavelmente Difícil Tolerar      Muito Difícil Tolerar      Intolerável

## APÊNDICE B: Modelo do Questionário Escalas de Avaliação Subjetiva

Número \_\_\_\_\_

### AVALIAÇÃO CONFORTO TÉRMICO

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos

Peso: \_\_\_\_\_ quilos

Altura: \_\_\_\_\_ metros

MARQUE UM "x" NO TERMO QUE EXPRESSA SUA RESPOSTA, NAS QUESTÕES ABAIXO:

**1. Como você se sente AGORA?**

- Com Muito Calor
- Com Calor
- Com Pouco Calor
- Nem calor / nem frio (NEUTRO)
- Com Pouco Frio
- Com Frio
- Com, Muito Frio

**2. Como esta o ambiente térmico do seu posto de trabalho AGORA?**

- Extremamente Desconfortável
- Muito Desconfortável
- Desconfortável
- Pouco Desconfortável
- Confortável

**3. Como você preferia estar AGORA?**

- Bem Mais Aquecido
- Mais Aquecido
- Pouco Mais Aquecido
- Sem mudança / Assim Mesmo
- Pouco Mais Refrescado
- Mais Refrescado
- Bem Mais Refrescado

**4 Como você julga o ambiente térmico do seu posto de trabalho?**

- Não Aceitável
- Aceitável

**5. Na sua opinião, quanto este ambiente térmico é tolerável ?**

- Intolerável
- Muito Difícil Tolerar
- Razoavelmente Difícil de Tolerar
- Pouco Difícil Tolerar
- Perfeitamente Tolerável

**SUA OPINIÃO É MUITO IMPORTANTE PARA NÓS, MUITO OBRIGADO!**

## APÊNDICE C: Tabela dos Dados Coletados

Pe rio do	Nome Motorista	Parâmetros Individuais				Parâmetros Ambientais				Prognóstico do Conforto		Avaliação Subjetiva						
		Peso (Kg)	Altura (m)	Idade (anos)	Vestis	MET	T <sub>bs</sub> (°C)	UR (%)	T <sub>g</sub> (°C)	V <sub>na</sub> (m/s)	DP <sub>vna</sub> (m/s)	PMV	PPD (%)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
P1	Tomio	86	1,77	32	V1	84,54	33,8	45,6	34,6	0,28	0,25	2,66	100	3	0	-1	1	1
	Atair	85	1,76	26	V1	83,78	33,4	46,9	34,5	0,12	0,13	2,67	100	1	2	-1	1	1
	Vamildo	84	1,71	47	V1	81,64	33,6	47,9	34	0,18	0,22	2,58	100	2	1	-2	1	1
	Valdir	71	1,72	55	V1	76,33	32,5	46,6	34,3	0,54	0,48	2,63	100	1	1	-1	0	1
	Nilmar	80	1,68	44	V1	78,94	34,4	45,8	35	0,16	0,21	2,82	100	1	0	-2	0	0
	Paulo	89	1,77	54	V1	85,79	28	56	29	0,29	0,17	1,35	79,38	1	0	0	0	0
P2	Melo	74	1,75	44	V1	78,66	28,5	54	29,5	0,20	0,12	1,43	85,3	2	1	-1	0	0
	Cardoso	71	1,67	57	V1	74,61	28,3	56	29,5	0,11	0,09	1,45	86,48	3	2	-2	0	2
	Eder	77	1,65	24	V1	76,66	28,8	53,6	30,1	0,23	0,19	1,49	88,89	1	1	-1	0	1
	Paulino	75	1,71	52	V1	77,80	28,3	56,2	29,7	0,30	0,21	1,47	87,38	1	3	-1	0	0
	Claudemir	79	1,74	31	V1	80,54	28,6	54,6	29,8	0,15	0,15	1,55	91,78	3	4	-3	1	4
	Anônimo 1	86	1,77	32	V1	84,54	27,9	55,2	29,8	0,36	0,26	1,43	85,29	2	1	-1	0	0
	Fernandes	80	1,72	36	V1	80,30	27,9	57	29,5	0,19	0,14	1,42	84,45	1	1	-1	0	0
	João Neto	72	1,72	30	V1	76,78	28,4	56,6	29,3	0,16	0,07	1,49	83,45	2	0	-2	0	1
	Anônimo 2	80	1,65	50	V1	77,92	28,6	55,9	30,2	0,16	0,14	1,60	93,90	1	1	0	0	2
	Cleverson	67	1,74	31	V1	75,10	30,2	50,4	30,7	0,27	0,27	1,72	97,37	2	0	-2	0	0
P3	Reginaldo	56	1,69	30	V2	68,13	29,9	51,1	31	0,22	0,22	1,74	97,79	2	2	-1	0	2
	Marcelino	102	1,71	43	V1	88,66	31,4	49,4	31,1	0,15	0,13	1,93	99,51	3	1	-2	1	1
	Rudimar	77	1,89	27	V1	84,59	29,1	49,5	31,3	0,35	0,24	1,75	97,98	3	2	-2	0	2
	Jeremias	73	1,65	52	V1	74,94	30,3	49,2	31,9	0,02	0,03	2,10	99,94	1	0	-1	0	0
	Antonio	68	1,68	41	V1	73,67	30	51	31,4	0,12	0,06	1,91	99,52	2	0	0	0	1



APÊNDICE C – Tabela dos Dados Coletados ( Continuação)

Pe ri o do	Nome Motorista	Parâmetros Individuais				Parâmetros Ambientais				Prognóstico do Conforto		Avaliação Subjetiva						
		Peso (Kg)	Altura (m)	Idade (anos)	Vestes	MET	T <sub>bs</sub> (°C)	UR (%)	T <sub>e</sub> (°C)	V <sub>na</sub> (m/s)	DP <sub>vna</sub> (m/s)	PMV	PPD (%)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
P4	Arthur Borba	96	1,73	50	V1	87,13	24,4	79,6	26	0,10	0,04	0,91	37,34	1	0	-1	0	0
	Fernando	69	1,73	28	V1	75,72	24,5	78,2	26,2	0,08	0,04	0,68	19,69	2	1	-2	1	1
	Nerison	83	1,80	37	V1	84,30	25	74,5	26,3	0,08	0,09	0,88	34,72	0	0	0	0	0
	Almir	80	1,64	42	V1	77,57	25,8	74,3	27	0,09	0,07	0,95	40,30	2	1	-3	1	2
	Rosario	84	1,76	39	V1	83,36	25,9	71,2	27,7	0,44	0,41	0,94	39,40	2	1	-1	0	1
	Edman	104	1,79	44	V1	92,41	26,2	70,1	27,9	0,11	0,07	1,31	75,50	1	0	0	1	1
	Leopoldo	105	1,65	43	V1	87,46	26,5	68,4	28,7	0,05	0,03	1,45	86,49	2	2	-1	0	1
	Messias	60	1,60	32	V1	67,43	27,8	65,6	31,3	0,18	0,07	1,75	97,90	2	1	-2	0	0
	Ferreira	72	1,79	40	V1	79,04	27,4	65,7	30,4	0,49	0,16	1,46	86,97	2	0	-3	0	1
	Rodrigues	63	1,72	45	V1	72,55	26,8	68,3	29	0,06	0,03	1,35	79,00	0	0	0	0	0

Legenda:

P1 Dia 09/12/2005 Horário entre 14:15 as 15:25h

P2 Dia 14/12/2005 Horário entre 13:00 as 14:00h

P3 Dia 14/12/2005 Horário entre 17:00 as 17:45h

P4 Dia 14/12/2005 Horário entre 10:25 as 12:10h

Q1: Como você se sente AGORA? Respostas: com muito calor (+3), com calor (+2), com pouco calor (+1), nem calor nem frio (0), com pouco frio (-1), com frio (-2), com muito frio (-3)

Q2: Como está o ambiente térmico do seu posto de trabalho AGORA? Respostas: extremamente desconfortável (4) muito desconfortável (+3), desconfortável (+2), Pouco desconfortável (+1), confortável (0)

Q3: Como você preferia estar AGORA? Respostas: bem mais aquecido (+3), mais aquecido (+2), pouco mais aquecido (+1), sem mudança (0), pouco mais resfriado (-1), mais resfriado (-2), bem mais resfriado (-3)

Q4: Como você julga o ambiente térmico do seu posto de trabalho? Respostas: não aceitável (1), aceitável (0)

Q5: Na sua opinião, quanto este ambiente térmico é tolerável? Respostas: Intolerável (4) muito difícil tolerar (+3), razoavelmente difícil tolerar (+2), pouco difícil tolerar (+1), tolerável (0)

V1: sapato, meia, cueca, calça comprida fina, camisa social curta (0,62CLO);

V2: sapato, meia, cueca, calça comprida fina, camisa social comprida (0,68 CLO);

Nota: MET utiliza é o valor  $7,5w/m^2$  para superfície do corpo  $1,8 m^2$ , corrigido pela área real de cada indivíduo pela equação Dubois ( $A = 0,202 * Peso^{0,725} * Altura^{0,725}$ )

### APÊNDICE D: Tabela dos Dados Organizados

Nome Motorista	Prognóstico do Conforto		Avaliação Subjetiva					Formulações
	PMV	PPD (%)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Discrepância Q2/Q4/Q5 ≠ 0
Tomio	2,66	100	3	0	-1	1	1	100
Atair	2,67	100	1	2	-1	1	1	100
Vanildo	2,58	100	2	1	-2	1	1	100
Valdir	2,63	100	1	1	-1	0	1	100
Nilmar	2,82	100	1	0	-2	0	0	0
Paulo	1,35	79,38	1	0	0	0	0	0
Melo	1,43	85,3	2	1	-1	0	0	100
Cardoso	1,45	86,48	3	2	-2	0	2	100
Eder	1,49	88,89	1	1	-1	0	1	100
Paulino	1,47	87,38	1	3	-1	0	0	100
Claudemir	1,55	91,78	3	4	-3	1	4	100
Anônimo 1	1,43	85,29	2	1	-1	0	0	100
Fernandes	1,42	84,45	1	1	-1	0	0	100
João Neto	1,49	83,45	2	0	-2	0	1	100
Anônimo 2	1,60	93,90	1	1	0	0	2	100
Cleverson	1,72	97,37	2	0	-2	0	0	0
Reginaldo	1,74	97,79	2	2	-1	0	2	100
Marcelino	1,93	99,51	3	1	-2	1	1	100
Rudimar	1,75	97,98	3	2	-2	0	2	100
Jeremias	2,10	99,94	1	0	-1	0	0	0
Antonio	1,91	99,52	2	0	0	0	1	100
Artur Borba	0,91	37,34	1	0	-1	0	0	0
Fernando	0,68	19,69	2	1	-2	1	1	100
Nerirson	0,88	34,72	0	0	0	0	0	0
Almir	0,95	40,30	2	1	-3	1	2	100
Rosario	0,94	39,40	2	1	-1	0	1	100
Edman	1,31	75,50	1	0	0	1	1	100
Leopoldo	1,45	86,49	2	2	-1	0	1	100
Messias	1,75	97,90	2	1	-2	0	0	100
Ferreira	1,46	86,97	2	0	-3	0	1	100
Rodrigues	1,35	79,00	0	0	0	0	0	0
Média	1,64	82,44	1,68	0,94	-1,29	0,26	0,87	77,42
Desvio Padrão	0,55	22,49	0,82	0,98	0,89	0,44	0,91	41,81

## **ANEXOS**

ANEXO A: Tabela de Valores de MET

ANEXO B: Tabela de Valores de CLO

ANEXO C: Cartas Temperatura Efetiva Corrigida (Pessoas Despidas)

ANEXO D: Cartas Temperatura Efetiva Corrigida (Pessoas Vestidas)

ANEXO E: Tabela de Valores t

ANEXO F: Mapa SIT

## ANEXO A – Tabela de Valores de MET

ATIVIDADES	Taxas Metabólicas	
	W/m <sup>2</sup>	met
Deitado, Reclinado	46	0,8
Sentado, Relaxado	58	1,0
Atividade Sedentária (escritório, residência, escola, laboratório)	70	1,2
Atividade leve em pé (compras, laboratório, indústria leve)	93	1,6
Atividade Média em pé (balconista, trabalho doméstico em máquinas)	116	2,0
Andando em nível à 2km/h	110	1,9
Andando em nível à 3km/h	140	2,4
Andando em nível à 4km/h	165	2,8
Andando em nível à 5km/h	200	3,4
Dirigindo carro	70 a 90	1,19 a 1,53
Dirigindo ônibus	75 a 125	1,275 a 2,125
Dirigindo trem	80 a 115	1,36 a 1,955
Dirigindo metro	80 a 125	1,36 a 2,125
Dirigindo guindaste	65 a 145	1,105 a 2,465

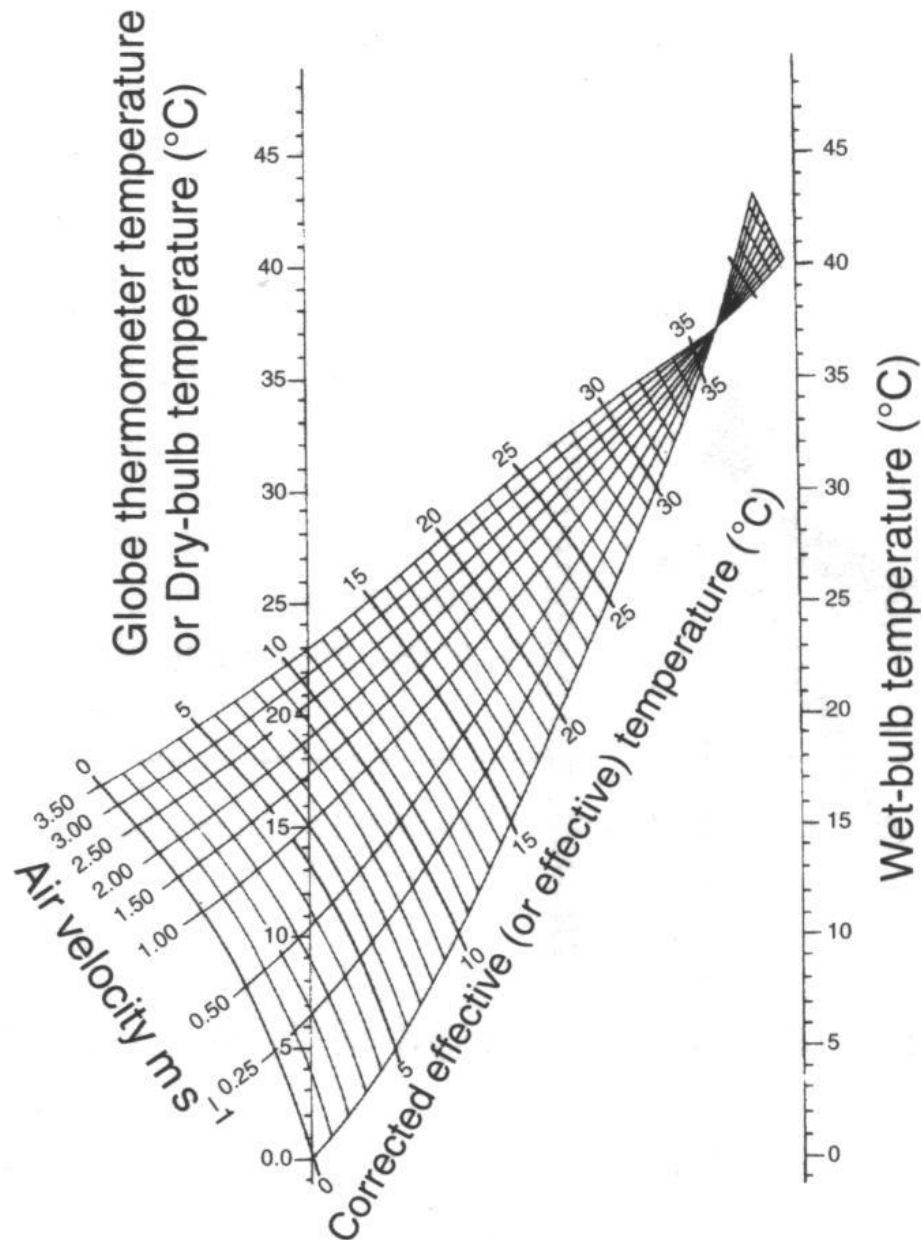
Fonte: ISO8996, 1990

## ANEXO B: Tabela de Valores de CLO

DESCRÇÃO DO VESTUÁRIO	ISOLAMENTO TÉRMICO		
	clo	m <sup>2</sup> .k/w	
<b>Roupa Intima</b>	Calcinha	0,03	0,005
	Cuecas	0,10	0,016
	Camiseta de mangas curtas	0,09	0,014
<b>Camisas e Blusas</b>	Manga curtas	0,20	0,031
	Leve de mangas comprida	0,22	0,034
	Normal de mangas compridas	0,26	0,040
<b>Calças</b>	Curta	0,06	0,009
	Fina Comprida	0,20	0,031
	Normal	0,26	0,040
<b>Acessórios</b>	Meias	0,02	0,003
	Meias grossas até tornozelo	0,05	0,008
	Sapato de sola fina	0,02	0,003
	Sapato de sola grossa	0,04	0,006
	Botas	0,10	0,016
	Luvas	0,05	0,008

Fonte: ISO9920, 1995.

## ANEXO C – Cartas Temperatura Efetiva Corrigida (Pessoas Despidas)



Onde:

**Air Velocity** – Velocidade do Ar (m/s)

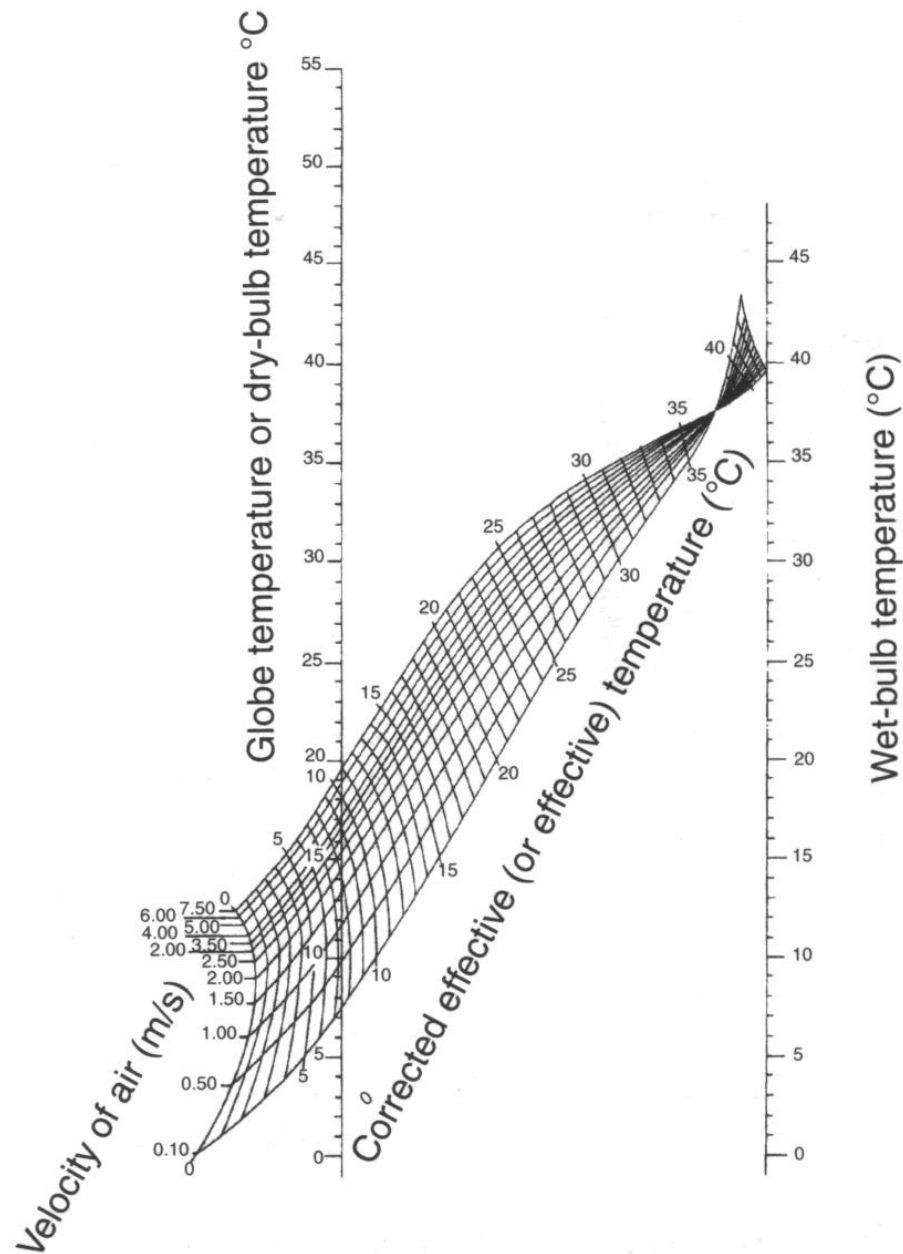
**Corrected effective (or effective) temperature** – Temperatura Efetiva Corrigida (°C)

**Wet-Bulb temperature** – Temperatura de bulbo úmido (°C)

**Globe thermometer temperature or Dry-bulb temperature** – Temperatura termômetro globo ou temperatura bulbo seco (°C)

Fonte: PARSONS, 2003.

## ANEXO D – Cartas Temperatura Efetiva Corrigida (Pessoas Vestidas)



Onde:

**Air Velocity** – Velocidade do Ar (m/s)

**Corrected effective (or effective) temperature** – Temperatura Efetiva Corrigida (°C)

**Wet-Bulb temperature** – Temperatura de bulbo úmido (°C)

**Globe thermometer temperature or Dry-bulb temperature** – Temperatura termômetro globo ou temperatura bulbo seco (°C)

Fonte: PARSONS, 2003.

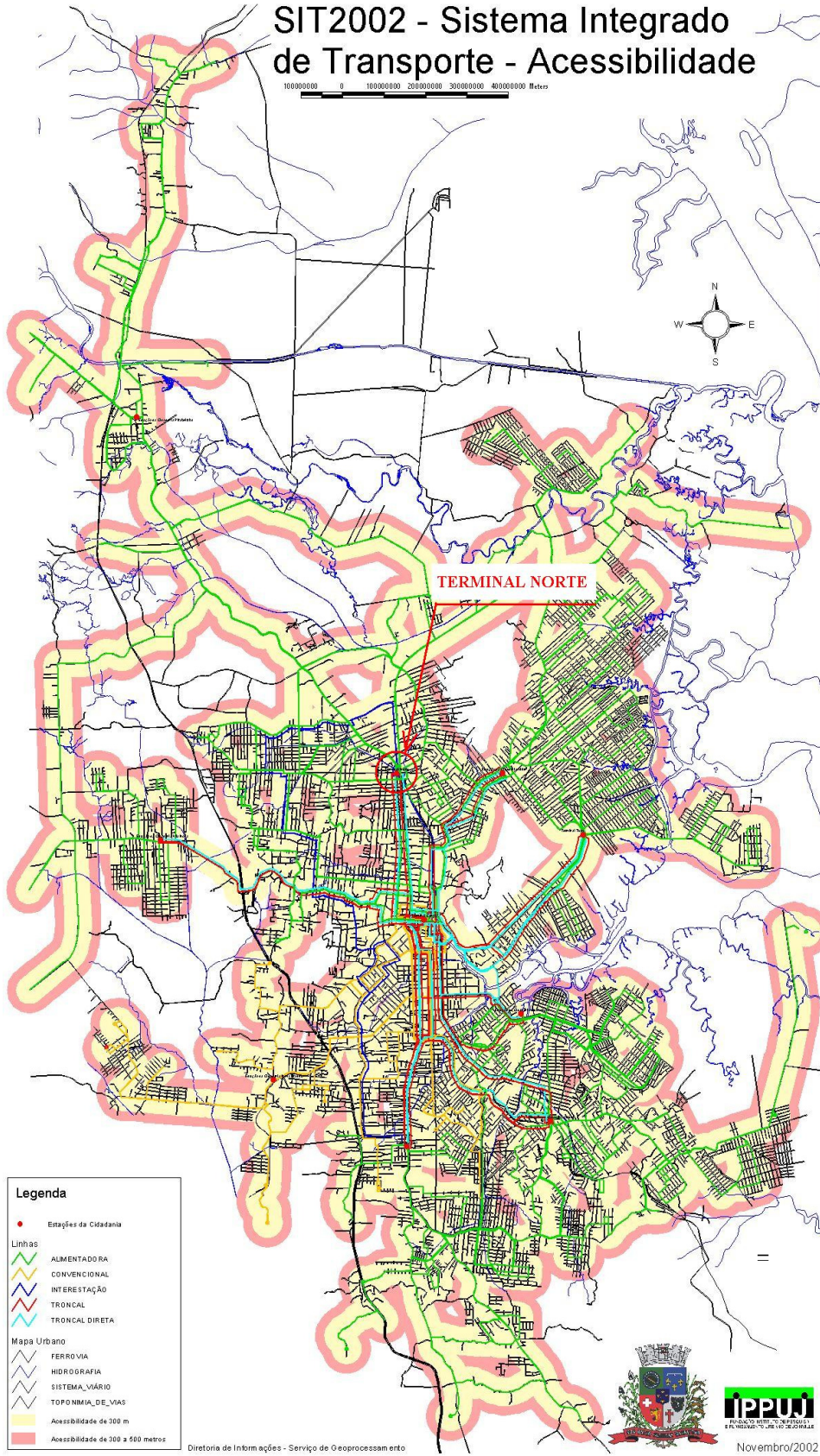
**ANEXO E: Tabela de Valores t**

<b>gl (graus de liberdade)</b>	<b>Nível Significância 0,05</b>	<b>Nível Significância 0,10</b>
1	12,706	63,657
2	4,303	9,925
3	3,182	5,841
4	2,776	4,604
5	2,571	4,032
6	2,447	3,707
7	2,365	3,499
8	2,306	3,355
9	2,262	3,250
10	2,228	3,169
11	2,201	3,106
12	2,179	3,055
13	2,160	3,012
14	2,145	2,977
15	2,131	2,947
16	2,120	2,921
17	2,110	2,898
18	2,101	2,878
19	2,093	2,861
20	2,086	2,845
21	2,080	2,831
22	2,074	2,819
23	2,069	2,807
24	2,064	2,797
25	2,060	2,787
26	2,056	2,779
27	2,052	2,771
28	2,048	2,763
29	2,045	2,756
30	2,042	2,750
40	2,021	2,704
60	2,000	2,660
120	1,980	2,617
$\alpha$	1,960	2,576

Fonte: Extraído de Levin (1987, p.358)



**ANEXO F: Mapa do SIT**



Fonte: IPPUJ , 2002.