

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

ANÁLISE DE CONFORTO E STRESS TÉRMICO

**Elaborado por:
ROGÉRIO MOREIRA YOKOTA**

**Orientador:
ALBERTO HERNANDEZ NETO**

**São Paulo
1999**


13/12/99

ROGÉRIO MOREIRA YOKOTA

ANÁLISE DE CONFORTO E STRESS TÉRMICO

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de
Graduação em Engenharia.

Orientador: Alberto Hernandez Neto

**São Paulo
1999**

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
1.1. Conceito de CGI.....	1
1.2. Servidor.....	3
2. Introdução à Análise de Conforto e Stress Térmico.....	5
3. Condições para Conforto Térmico.....	7
3.1. Balanço de energia.....	8
3.1.1. Produção interna de energia.....	9
3.1.2. Calor perdido por difusão na pele.....	13
3.1.3. Calor latente perdido na respiração.....	14
3.1.4. Calor sensível perdido na respiração.....	15
3.1.5. Condução de calor através da roupa.....	15
3.1.6. Calor perdido por radiação.....	18
3.1.7. Calor perdido por convecção.....	19
3.1.8. Equação de balanço de energia.....	19
3.2. Condições para conforto térmico.....	19
3.3. Equação de conforto.....	20
4. Determinação dos índices PMV e PPD.....	20
5. Análise de stress térmico.....	23
6. O Site implementado.....	25
7. Conclusões.....	30
8. Referências Bibliográficas.....	31
ANEXO 1 (fontes dos arquivos HTML).....	32
ANEXO 2 (fontes dos CGI's).....	53

1. Introdução

O objetivo desse Trabalho de Formatura é a criação de um site na Internet para fins didáticos que conterà um CGI executando dois programas :

- Programa que analisará o conforto térmico de um ambiente;
- Programa que calculará a carga térmica de uma ambiente através do método CLTD/CLF

Este volume trata apenas do cálculo de conforto térmico em ambientes condicionados.

1.1. Conceito de CGI

O CGI (Common Gateway Interface) permite interatividade entre um usuário e um servidor web através da World Wide Web (WWW) via HTTP (Hyper Text Tranfer Protocol).

Basicamente, o CGI permite que alguém que visite um site na Internet execute um programa num servidor web. O CGI pode ser escrito em qualquer linguagem, desde que o servidor tenha meios de interpretá-la ou compilá-la.

O funcionamento básico de um servidor web é o seguinte :

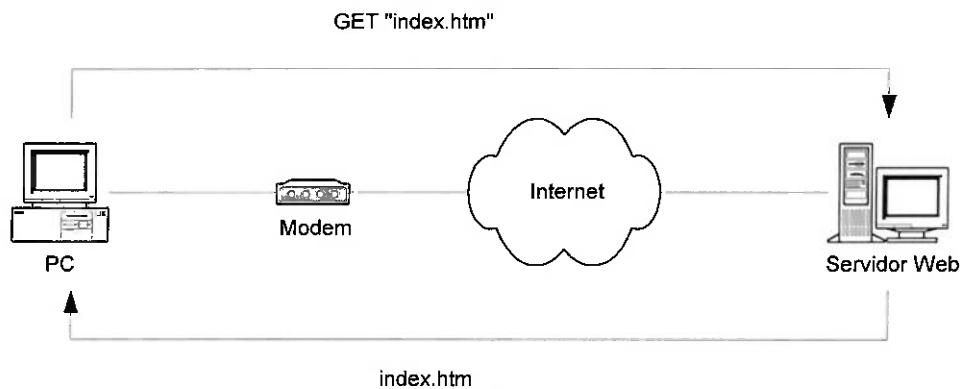


Figura 1 . Funcionamento de um servidor Web.

O usuário envia um pedido ao servidor web , e recebe em troca o arquivo solicitado. O pedido é feito pelo navegador do usuário ao acessar um URL (endereço de um site da Internet).

Porém, quando o usuário faz um pedido de um arquivo com extensão *cgi* o servidor primeiro executa um programa e depois envia o arquivo que resultou da execução desse programa para a tela do navegador.

O CGI ,como o próprio nome diz é uma interface, onde o usuário executa um programa remoto, entrando com dados num site da web e após a execução do programa no servidor, vê o resultado do programa também no site.

As vantagens de fazer um programa que execute num servidor ligado à Internet ao invés da máquina do usuário são claras : qualquer computador conectado à Internet pode executar a aplicação ,permitindo que estudantes acessem o site de suas casas e tenham a oportunidade de testar seus conhecimentos sem a necessidade de instalar nenhum programa, bastando para isso ter um navegador, o que é bastante comum hoje em dia. Além do mais, o servidor pode conter banco de dados para armazenar informações que

podem ser utilizadas pelo CGI, como tabelas, contendo os mais diversos tipos de dados.

1.2. Servidor

O servidor Web que será utilizado nesse projeto será o APACHE, altamente difundido na Internet, instalado num computador PC com o sistema operacional Linux, também bastante utilizado, pela sua performance e pelo fato de ser distribuído gratuitamente na própria Internet.

Para armazenar informações como tabelas, dados de materiais, etc, será utilizado um servidor de banco de dados chamado mSQL, que é uma simplificação do SQL Server da Microsoft para a plataforma Windows, mas que opera no sistema operacional Linux.

Finalmente, a linguagem utilizada para a programação será o PERL (Practical Extraction and Report Language), que é a linguagem mais utilizada para programação CGI, pela sua facilidade de uso. O PERL é uma linguagem que em muitos aspectos lembra a linguagem C/C++, sendo, no entanto, otimizada para lidar com texto, como diz o próprio nome.

O diagrama abaixo mostra, resumidamente, a estrutura do programa :

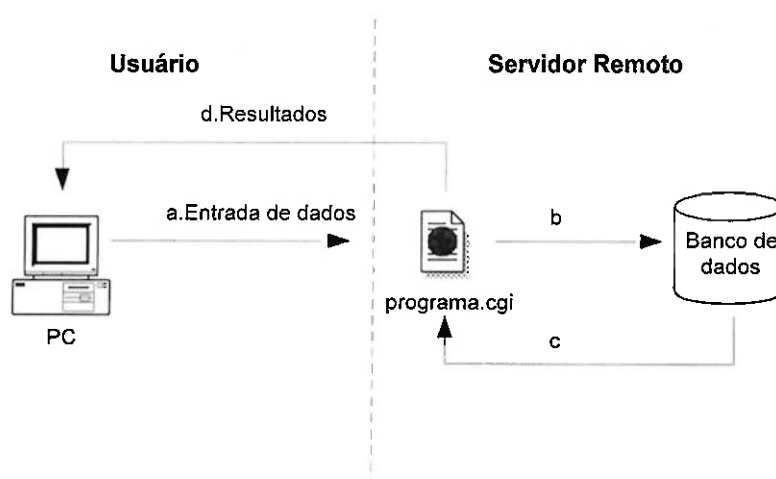


Figura 2 . Esquema do Site

2. Introdução à Análise de Conforto e Stress Térmico

De acordo com a norma ASHRAE 55-66, o conforto térmico de uma pessoa pode ser definido como “aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Mesmo que um grupo de pessoas esteja sujeito a um mesmo ambiente, não será possível, devido a variações biológicas, satisfazer a todos ao mesmo tempo.

As variáveis mais importantes que influenciam as condições de conforto térmico são:

- Nível de atividade (produção de energia no corpo);
- Resistência térmica da roupa;
- Temperatura do ar ao qual o grupo de pessoas está exposto;
- Temperatura radiante média;
- Velocidade relativa do ar;
- Pressão de vapor d'água no ar ambiente.

O conforto térmico pode ser atingido por diferentes combinações destas variáveis. Estudos mostram que é impossível considerar o efeito de um fator físico influenciando o conforto térmico independentemente, uma vez que o efeito de cada um deles depende do nível e condições dos outros fatores. É o efeito térmico combinado das variáveis sobre o corpo humano que é importante.

Experimentos mostram que a temperatura média da pele e a secreção de suor a um certo nível de atividade estão fortemente relacionadas com a

sensação de conforto térmico. Estes valores – ambos como função do nível de atividade – podem desta forma ser usados como condições básicas de conforto térmico. Estas duas funções, combinadas com um balanço de energia para o corpo humano utilizando a teoria geral de transferência de calor, formam a base para a dedução da equação geral de conforto, que contém as seis variáveis mencionadas acima. Esta equação apenas indica como os parâmetros deveriam ser combinados para se estabelecer conforto térmico ótimo. Ela não fornece informações sobre a sensação térmica do homem numa climatização que varie da ótima.

Para isso existe um índice de sensação térmica. Com este índice, que combina as mesmas seis variáveis da equação de conforto, é possível, quantitativamente, avaliar como cada climatização térmica influencia a sensação térmica das pessoas no ambiente. Este índice é o chamado PMV (“Predicted Mean Vote”), ou Voto Médio Estimado de um grande grupo de pessoas exposto a um mesmo ambiente. Ele provê informações sobre o desvio da equação de conforto térmico. Além disso, é útil estimar o número de pessoas que se sentem desconfortavelmente com calor ou frio. Para isso existe o índice PPD (“Predicted Percentage of Dissatisfied”), ou Porcentagem Estimada de Insatisfeitos.

3. Condições para Conforto Térmico

A primeira condição necessária para o conforto térmico de uma pessoa sob longa exposição a um dado ambiente é a existência de um balanço de energia entre esta pessoa e o ambiente, condição esta que está longe de ser suficiente. O sistema termoregulatório do homem é eficiente e desta forma tentará manter um balanço de energia com grandes variações das variáveis de ambiente, mesmo que não exista conforto.

Com o estabelecimento de um balanço de energia podemos obter uma função como a dada pela equação abaixo:

$$f\left(\frac{H}{A_{Du}}, I_{cl}, t_a, t_{mrt}, p_a, v, t_s, \frac{E_{sw}}{A_{Du}}\right) = 0 \quad (1)$$

Onde :

$\frac{H}{A_{Du}}$ = Produção interna de calor por unidade de área do corpo (A_{Du} = DuBois area)

I_{cl} = resistência térmica da roupa

t_a = temperatura do ar

t_{mrt} = temperatura média radiante

p_a = pressão de vapor d'água no ar ambiente

v = velocidade relativa do ar

t_s = temperatura média da pele

$\frac{E_{sw}}{A_{Du}}$ = calor perdido pela evaporação do suor por unidade de área do corpo

Experimentos envolvendo um grupo de pessoas a diferentes níveis de atividade foram realizados para se determinar valores médios de temperatura

da pele e secreção de suor, como função dos níveis de atividade, para pessoas em conforto térmico. Os resultados têm a seguinte forma:

$$t_s = f\left(\frac{H}{A_{Du}}\right) \quad (2)$$

$$E_{sw} = A_{Du} f\left(\frac{H}{A_{Du}}\right) \quad (3)$$

As equações (2) e (3) são apresentadas como a segunda e a terceira condições básicas para conforto térmico. Substituindo as duas na primeira, temos:

$$f\left(\frac{H}{A_{Du}}, I_{cl}, t_a, t_{mrt}, p_a, v\right) = 0 \quad (4)$$

Usando a equação de conforto (4), é possível, para qualquer nível de atividade (H/A_{Du}) e qualquer tipo de roupa (I_{cl}), calcular todas as combinações de temperatura do ar (t_a), temperatura média radiante (t_{mrt}), umidade do ar (p_a) e velocidade relativa do ar (v) que criarão conforto térmico ótimo.

3.1. Balanço de energia

Uma vez que o objetivo do sistema termoregulatório do corpo humano é manter constante a temperatura interna, pode-se assumir que para longas exposições a um ambiente térmico constante com um grau de metabolismo constante existirá um balanço de energia para o corpo, ou seja, a produção de energia será igual à dissipação, e não haverá armazenamento significativo de energia.

O balanço de energia nesta condição é:

$$H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = K = R + C \quad (5)$$

Onde:

H = produção interna de calor no corpo humano

E_d = calor perdido pela difusão de vapor d'água através da pele

E_{sw} = calor perdido pela evaporação do suor da superfície da pele

E_{re} = calor latente perdido na respiração

L = calor sensível perdido na respiração

K = calor transferido da pele para a superfície externa da roupa
(condução através da roupa)

R = calor perdido por radiação da superfície externa da roupa

C = calor perdido por convecção da superfície externa da roupa

A equação (5) mostra que a produção interna de calor (H) menos o calor perdido por evaporação a partir da pele ($E_d + E_{sw}$) e pela respiração ($E_{re} + L$) é igual ao calor conduzido através da roupa (K) e ao dissipado por radiação e convecção na superfície externa da roupa. Assume-se que a evaporação correspondente à E_{sw} e E_d ocorre na superfície da pele.

3.1.1. Produção interna de energia

A energia liberada pelos processos de oxidação no corpo humano por unidade de tempo (grau de metabolismo M) é às vezes parcialmente convertida em trabalho mecânico externo W , mas é principalmente convertida em energia interna, H , de forma que:

$$M = H + W \quad (\text{kcal/h}) \quad (6)$$

Introduzindo a definição de eficiência mecânica externa:

$$\eta = \frac{W}{M} \quad (7)$$

Desta forma:

$$\frac{H}{A_{Du}} = \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) \quad (\text{kcal/h m}^2) \quad (8)$$

O grau de metabolismo M/A_{Du} é função do nível de atividade da pessoa. Para a maioria das atividades, $\eta=0$. Valores dos mesmos podem ser encontrados na Tabela 1 – Grau de Metabolismo a diferentes tipos de atividades – extraída das páginas 24 a 26 do livro *Thermal Comfort*, de P. O. Fanger.

Table 1. *Metabolic Rate at Different Typical Activities*¹

Activity		Metabolic Rate M/A _{Du} kcal/hr m ²	Mechanical Efficiency η	Relative Velocity in Still Air m/s
<i>Resting</i>				
Sleeping.....		35	0	0
Reclining.....		40	0	0
Seated, quiet.....		50	0	0
Standing, relaxed.....		60	0	0
<i>Walking</i>				
On the level		km/hr		
	3.2.....	100	0	0.9
	4.0.....	120	0	1.1
	4.8.....	130	0	1.3
	5.6.....	160	0	1.6
	6.4.....	190	0	1.8
	8.0.....	290	0	2.2
Up a Grade				
% Grade	km/hr			
5.....	1.6.....	120	0.07	0.6
5.....	3.2.....	150	0.10	0.9
5.....	4.8.....	200	0.11	1.3
5.....	6.4.....	305	0.10	1.8
15.....	1.6.....	145	0.15	0.4
15.....	3.2.....	230	0.19	0.9
15.....	4.8.....	350	0.19	1.3
25.....	1.6.....	180	0.20	0.4
25.....	3.2.....	335	0.21	0.9
<i>Miscellaneous occupations</i>				
Bakery (e.g. cleaning tins, packing boxes).....		70-100	0 - 0.1	0 - 0.2
Brewery (e.g. filling bottles, loading beer boxes onto belt).....		60-120	0 - 0.2	0 - 0.2
Carpentry				
Machine sawing.....		90	0	0 - 0.1
Sawing by hand.....		200-240	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2
Planing by hand.....		280-320	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2
Foundry Work				
Fettling (pneumatic hammer).....		160	0 - 0.1	0.1 - 0.2
Tipping the moulds.....		200	0 - 0.1	0.1 - 0.2
Roughing (i.e. carrying 60 kg).....		270	0 - 0.2	0.1 - 0.2

¹ Compiled from refs. 326, 253, 314, 225, 185.

Table 1. *Metabolic Rate at Different Typical Activities (cont.)*

Activity	Metabolic Rate M/A _{DW} kcal/hr m ²	Mechanical Efficiency η	Relative Velocity in Still Air m/s
Tending the furnaces.....	340	0 – 0.1	0.1 – 0.2
Slag removal.....	380	0 – 0.1	0.1 – 0.2
Garage Work (e.g. replacing tyres, raising cars by jack)....	110–150	0 – 0.1	0.2
Laboratory Work			
Examining slides.....	70	0	0
General laboratory work.....	80	0	0 – 0.2
Setting up apparatus.....	110	0	0 – 0.2
Locksmith.....	110	0 – 0.1	0.1 – 0.2
Machine Work			
Light (e.g. electrical industry)...	100–120	0 – 0.1	0 – 0.2
Machine fitter.....	140	0 – 0.1	0 – 0.9
Heavy (e.g. paint industry)...	200	0 – 0.1	0 – 0.2
Manufacture of tins (e.g. filling, labelling and despatch)....	100–200	0 – 0.1	0 – 0.2
Seated, heavy limb movements (e.g. metal worker).....	110	0 – 0.2	0.1 – 0.4
Shoemaker.....	100	0 – 0.1	0 – 0.1
Shop assistant.....	100	0 – 0.1	0.2 – 0.5
Teacher.....	80	0	0
Watch repairer.....	55	0	0
Vehicle driving			
Car (light traffic).....	50	0	0
Car (heavy traffic).....	100	0	0
Heavy vehicle (e.g. power truck).....	160	0 – 0.1	0.05
Night flying.....	60	0	0
Instrument landing.....	90	0	0
Combat flying.....	120	0	0
<i>Heavy Work</i>			
Pushing Wheelbarrow (57 kg at 4.5 km/hr).....	125	0.2	1.4
Handling 50 kg bags.....	200	0.2	0.5
Pick & shovel work.....	200–240	0.1 – 0.2	0.5
Digging trenches.....	300	0.2	0.5
<i>Domestic Work</i>			
House cleaning.....	100–170	0 – 0.1	0.1 – 0.3
Cooking.....	80–100	0	
Washing dishes, standing.....	80	0	0 – 0.2
Washing by hand and ironing...	100–180	0 – 0.1	0 – 0.2
Shaving, washing and dressing..	85	0	0 – 0.2

Onde:

- E_d = calor perdido pela difusão de vapor através da pele (kcal/h)
 λ = 575kcal/kg = calor de vaporização da água (a 35°C)
 m = $6,1 \times 10^{-4}$ = coeficiente de permeabilidade da pele (kg/h m² mmHg)
 p_s = pressão de vapor saturado à temperatura da pele (mmHg)
 p_a = pressão de vapor no ar ambiente (mmHg)

p_s pode ser dado em função de t_s :

$$p_s = 1,92t_s - 25,3 \quad (\text{mmHg}) \quad (10)$$

Substituindo os valores na equação (9):

$$E_d = 0,35A_{Du}(1,92t_s - 25,3 - p_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (9a)$$

3.1.3. Calor latente perdido na respiração

Esta perda de calor é função da ventilação pulmonar e da diferença entre o conteúdo de água do ar expirado e inspirado:

$$E_{re} = \dot{V}(W_{ex} - W_a)\lambda \quad (\text{kcal/h}) \quad (11)$$

Onde:

- E_{re} = calor latente perdido na respiração (kcal/h)
 $\dot{V}$ = ventilação pulmonar (kg/h)
 W_{ex} = grau de umidade do ar expirado (kg água/kg ar seco)
 W_a = grau de umidade do ar inspirado (kg água/kg ar seco)
 λ = 575 kcal/kg = calor de vaporização da água (a 35°C)

Como:

$$\dot{V} = 0,0060M \quad (\text{kg/h}) \quad (12)$$

$$W_{\text{ex}} - W_a = 0,029 - 0,00066 p_a \quad (\text{kg água/kg ar seco}) \quad (13)$$

Onde:

p_a = pressão parcial de vapor d'água no ar inspirado (ambiente) (mmHg)

Temos:

$$E_{re} = 0,0023M(44 - p_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (11a)$$

3.1.4. Calor sensível perdido na respiração

O calor perdido pelo corpo devido à diferença de temperatura entre o ar expirado e o inspirado pode ser expressa por:

$$L = \dot{V} c_p (t_{\text{ex}} - t_a) = 0,0014M(t_{\text{ex}} - t_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (14)$$

Onde:

$c_p = 0,24 \text{kcal/kg}^\circ\text{C}$ = calor específico do ar à pressão constante

$$t_{\text{ex}} = 32,6 + 0,066t_a + 32W_a \quad (^\circ\text{C}) \quad (15)$$

Considerando $t_{\text{ex}} = 34^\circ\text{C}$:

$$L = 0,0014M(34 - t_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (14a)$$

3.1.5. Condução de calor através da roupa

Uma expressão adimensional (I_{cl}) para a resistência térmica total entre a pele e a superfície externa da roupa é dada por:

$$I_{cl} = \frac{R_{cl}}{0,18} \quad (\text{clo}) \quad (16)$$

Onde:

R_{cl} = resistência térmica total entre a pele e a superfície externa da roupa ($m^2h^{\circ}C/kcal$)
 $0,100^{\circ}Cm^2 / W = 0,116^{\circ}Cm^2h / kcal = 0,645clo$

A fórmula da condução de calor através da roupa é dada por:

$$K = A_{Du} \frac{t_s - t_{cl}}{0,18I_{cl}} \quad (kcal/h) \quad (17)$$

É difícil medir a magnitude de I_{cl} para certos tipos de roupa. Alguns valores podem ser encontrados na Tabela 2 – Dados para diferentes tipos de roupa – extraída da página 33 do livro *Thermal Comfort*, de P. O. Fanger.

Table 2. *Data for Different Clothing Ensembles*

Clothing Ensemble	I_{cl} clo	f_{cl}
Nude.....	0	1.0
Shorts.....	0.1	1.0
Typical Tropical Clothing Ensemble:		
Shorts, open-neck shirt with short sleeves, light socks and sandals.....	0.3–0.4	1.05
Apollo Constant Wear Garment (astronauts):		
Light cotton undergarment with short sleeves and ankle length legs, cotton socks ¹	0.35	1.05
Light Summer Clothing:		
Long light-weight-trousers, open neck shirt with short sleeves.....	0.5	1.1
Light Working Ensemble:		
Athletic shorts, woollen socks, cotton work shirt (open-neck), and work trousers, shirt tail out (208)	0.6	1.1
U.S. Army "Fatigues", Man's:		
Light-weight underwear, cotton shirt and trousers, cushion sole socks and combat boots ³	0.7	1.1
Combat Tropical Uniform:		
Same general components as U.S. Army fatigues but with shirt and trousers of cloth, wind resistant, poplin ³	0.8	1.1
Typical Business Suit.....	1.0	1.15
Typical Business Suit + Cotton Coat.....	1.5	1.15
Light Outdoor Sportswear:		
Cotton shirt, trousers, T-shirt, shorts, socks, shoes and single ply poplin (cotton and dacron) jacket ²	0.9	1.15
Heavy Traditional European Business Suit:		
Cotton underwear with long legs and sleeves, shirt, woollen socks, shoes, suit including trousers, jacket and vest (256).....	1.5	1.15–1.2
U.S. Army Standard Cold-wet Uniform:		
Cotton-wool undershirt and drawers, wool and nylon flannel shirt, wind resistant, water repellent trousers and field coat, cloth mohair and wool coat liner and wool socks ³	1.5–2.0	1.3–1.4
Heavy Wool Pile Ensemble:		
(Polar weather suit).....	3–4	1.3–1.5

¹ James M. Waligora, Manned Spacecraft Center, Houston, personal communication.² J. Jaax, Kansas State University, personal communication.³ J. R. Breckenridge, U.S. Army Research Institute, Natick, personal communication.

Tabela 2 . Dados para diferentes tipos de roupa.

3.1.6. Calor perdido por radiação

O calor perdido por radiação da superfície externa da roupa pode ser expresso pela lei de Stefan-Boltzmann:

$$R = A_{eff} \varepsilon \sigma \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mri} + 273)^4 \right] \quad (\text{kcal/h}) \quad (18)$$

Onde:

A_{eff} = área efetiva de radiação (m^2)

ε = emitância da superfície externa da roupa

σ = constante de Stefan - Boltzmann : $4,96 \times 10^{-8} \quad (\text{kcal/m}^2 \text{hK}^4)$

t_{mri} = temperatura média radiante $(^\circ\text{C})$

Mas:

$$A_{eff} = f_{eff} f_{cl} A_{Du} \quad (\text{m}^2) \quad (19)$$

Onde:

f_{eff} = fator de área efetiva de radiação = 0,71

f_{cl} = relação entre a área vestida do corpo e a área total

A_{Du} = área DuBois (m^2)

Ou seja:

$$R = 3,4 \times 10^{-8} A_{Du} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mri} + 273)^4 \right] \quad (\text{kcal/h}) \quad (18a)$$

Valores de f_{cl} podem ser encontrados na Tabela 2.

3.1.7. Calor perdido por convecção

Pode ser expresso pela seguinte equação:

$$C = A_{Du} f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \quad (\text{kcal/h}) \quad (20)$$

Onde:

h_c = coeficiente de transferência de calor por convecção (kcal/m²h°C)

Para convecção livre:

$$h_c = 2,05(t_{cl} - t_a)^{0.25} \quad (\text{kcal/hm}^2\text{°C}) \quad (21)$$

Para convecção forçada:

$$h_c = 10,4\sqrt{v} \quad (\text{kcal/hm}^2\text{°C}) \quad (22)$$

Onde v=velocidade relativa (m/s)

3.1.8. Equação de balanço de energia

Substituindo todos os termos derivados acima, temos:

$$\begin{aligned} \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35[1,92t_s - 25,3 - p_a] - \frac{E_{SW}}{A_{Du}} - 0,0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - \\ - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - t_a) = 3,4 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \quad (23)$$

3.2. Condições para conforto térmico

A primeira condição para se ter conforto térmico é que a equação acima seja satisfeita. Além disso, é necessário que a temperatura da pele (t_s) e a secreção de suor (E_{SW}) estejam dentro de intervalos limitados.

Os valores destas duas variáveis foram obtidos experimentalmente para pessoas a diferentes níveis de atividades, expressando estar em conforto térmico. Desta forma foram obtidas as seguintes funções:

$$\bar{t}_s = 35,7 - 0,032 \frac{H}{A_{Du}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (24)$$

$$\bar{E}_{SW} = 0,42 A_{Du} \left(\frac{H}{A_{Du}} - 50 \right) \quad (\text{kcal/h}) \quad (25)$$

3.3. Equação de conforto

Substituindo as expressões acima chegamos à equação geral de conforto:

$$\begin{aligned} & \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - p_a \right] - 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - 50 \right] \\ & - 0,0023 \frac{M}{A_{Du}} (44 - p_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}} (34 - t_a) = \\ & 3,4 \times 10^{-8} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4 \right] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \quad (26)$$

Que contém as seguintes variáveis:

I_{cl} , f_{cl} - função do tipo de roupa

M/A_{Du} , η , v - função do tipo de atividade

v , t_a , p_a , t_{mrt} - variáveis de ambiente

4. Determinação dos índices PMV e PPD

O Voto Médio Estimado (PMV) é um índice que prevê o valor médio dos votos de um grande grupo de pessoas de acordo com a seguinte escala de sensação térmica:

- +3 Muito quente
- +2 Quente
- +1 Levemente quente
- 0 Neutro
- 1 Levemente frio
- 2 Frio
- 3 Muito frio

Este índice pode ser determinado quando o nível de atividade e o tipo de roupa são definidos e são medidas as variáveis de ambiente como temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade relativa do ar e pressão parcial de vapor d'água.

O índice PMV é dado pela seguinte equação:

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028)((M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)) \quad (27)$$

Onde:

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

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

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

Onde:

PMV é o Voto Médio Estimado

M é o grau de metabolismo (em watts por metro quadrado de área do corpo)

W é o trabalho externo (em watts por metro quadrado)

I_{cl} é a resistência térmica da roupa (em metros quadrados graus Celsius por watt)

f_{cl} é a relação entre a área vestida do corpo e a área total

t_a é a temperatura do ar (em graus Celsius)

t_{mrt} é a temperatura radiante média (em graus Celsius)

v é a velocidade do ar relativa ao corpo (em metros por segundo)

p_a é a pressão parcial de vapor d'água (em Pascal)

h_c é o coeficiente de transferência de calor por convecção (em watts por metro quadrado graus Celsius)

t_{cl} é a temperatura da superfície da roupa (em graus Celsius)

A Porcentagem Estimada de Insatisfeitos é um índice que prevê quantitativamente o número de pessoas insatisfeitas termicamente dentro de um grande grupo de pessoas, ou seja, que sentem muito frio ou muito calor, ou ainda, que votem (na escala definida acima) +3, +2, -2 ou -3. Uma vez determinado o índice PMV, o PPD pode ser obtido de um gráfico ou através da equação:

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)} \quad (28)$$

O resto do grupo deve se sentir termicamente neutro ou com pequenas variações para frio ou quente. A distribuição estimada dos votos é dada na Tabela 3, extraída da norma ISO 7730.

PMV	PPD	Porcentagem de pessoas de acordo com os votos		
		0	-1, 0 ou +1	-2, -1, 0, +1 ou +2
+2	75	5	25	70
+1	25	27	75	95
0	5	55	95	100
-1	25	27	75	95
-2	75	5	25	70

Tabela 3 – Distribuição dos votos individuais de sensação térmica (baseada em experimentos envolvendo 1300 indivíduos) para diferentes valores de voto médio.

Os métodos para a determinação destes dois índices estão definidos na norma ISO 7730.

5. Análise de stress térmico

Além da análise de conforto térmico descrita acima, existem métodos de análise de stress térmico de pessoas trabalhando em ambientes muito insalubres do ponto de vista térmico. O stress térmico a que estas pessoas estão expostas é relacionado à produção de calor em seus corpos resultante da atividade física e das características do ambiente que definem a transferência de calor entre a atmosfera e o corpo. Por exemplo pode-se calcular o índice WBGT ("Wet Bulb Globe Temperature"), que combina medidas dos parâmetros t_{nw} (temperatura de bulbo úmido natural), t_g (temperatura de globo) e às vezes a temperatura do ar, e compará-lo com valores de referência para analisar se há stress térmico ou não (método definido pela ISO 7243). Há também um

método de determinação e interpretação analítica de stress térmico usando o cálculo do nível de suor necessário (definido pela ISO 7933).

Em ambientes fechados ou em ambientes abertos sem carga solar o índice WBGT é dado por:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,3t_g \quad (29)$$

Em ambientes abertos com carga solar o índice WBGT é dado por:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a \quad (30)$$

Uma vez coletados os dados e calculado o WBGT, ele é comparado com valores de referência, como os encontrados na Tabela 4, extraída da norma ISO 7243. Se tiverem sido encontrados valores acima dos de referência é necessário utilizar métodos para se reduzir diretamente o stress térmico ou utilizar métodos mais detalhados de análise.

Annex A (informative)

Table of reference values of the WBGT heat stress index

Table A.1 – Reference values corresponding to a given situation

Metabolic rate class	Metabolic rate, M		Reference value of WBGT			
	Related to a unit skin surface area W/m^2	Total (for a mean skin surface area of $1,8 m^2$) W	Person acclimatized to heat $^{\circ}C$		Person not acclimatized to heat $^{\circ}C$	
0 (resting)	$M < 65$	$M < 117$	33		32	
1	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	30		29	
2	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	28		26	
3	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	No sensible air movement 25	Sensible air movement 26	No sensible air movement 22	Sensible air movement 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

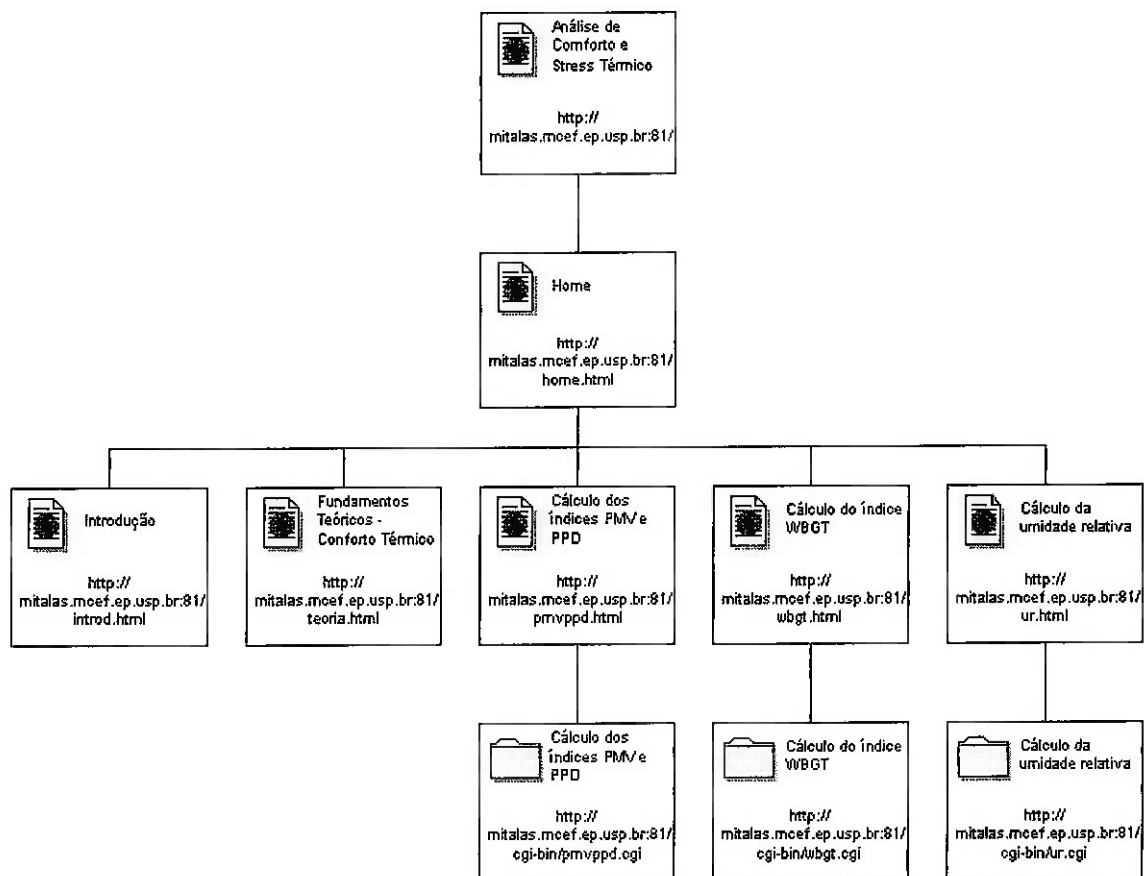
NOTE – The values given have been established allowing for a maximum rectal temperature of $38^{\circ}C$ for the persons concerned.

Tabela 4 . Valores de referência para o índice WBGT.

6. O Site implementado

Com base nos conceitos e formulações apresentados nos itens anteriores, foram elaboradas algumas páginas em HTML e alguns CGI's em PERL de forma a implementar um site em que o visitante possa fazer análises através da entrada de dados via formulários, que são então recebidos e utilizados para o cálculo dos índices PMV, PPD e WBGT.

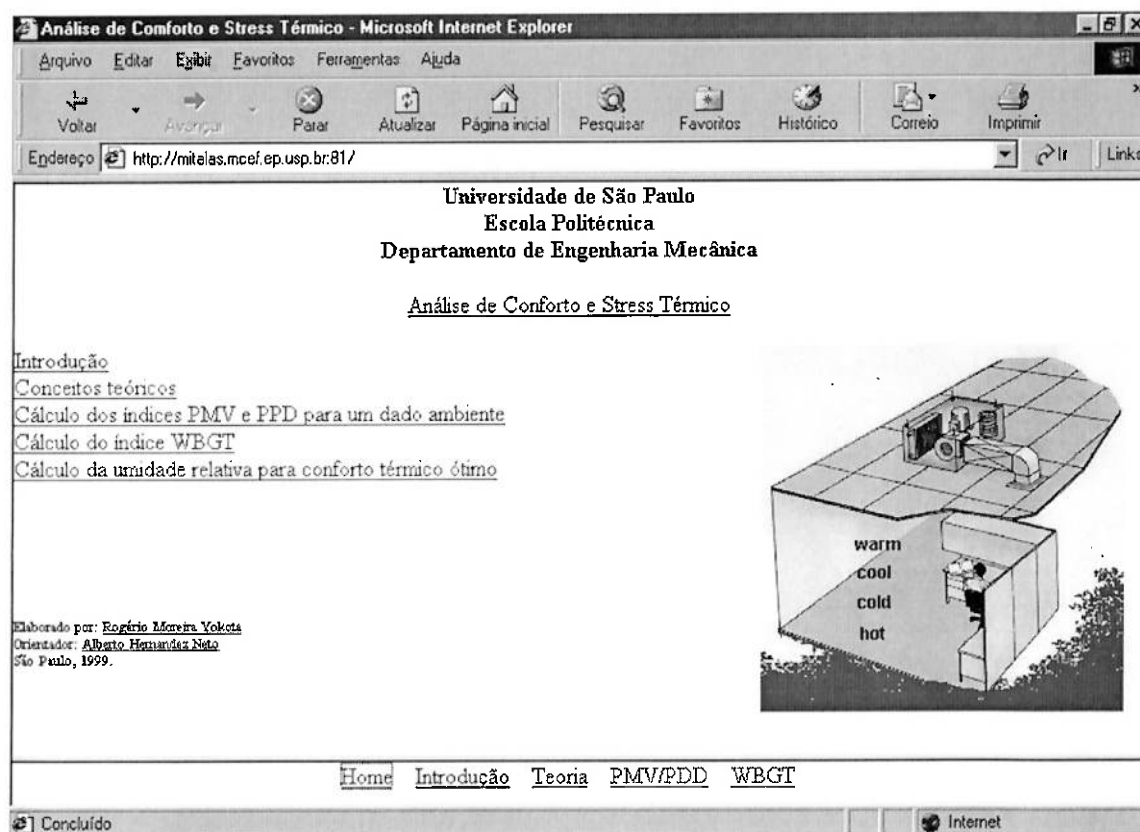
A estrutura de links do site é apresentada a seguir:



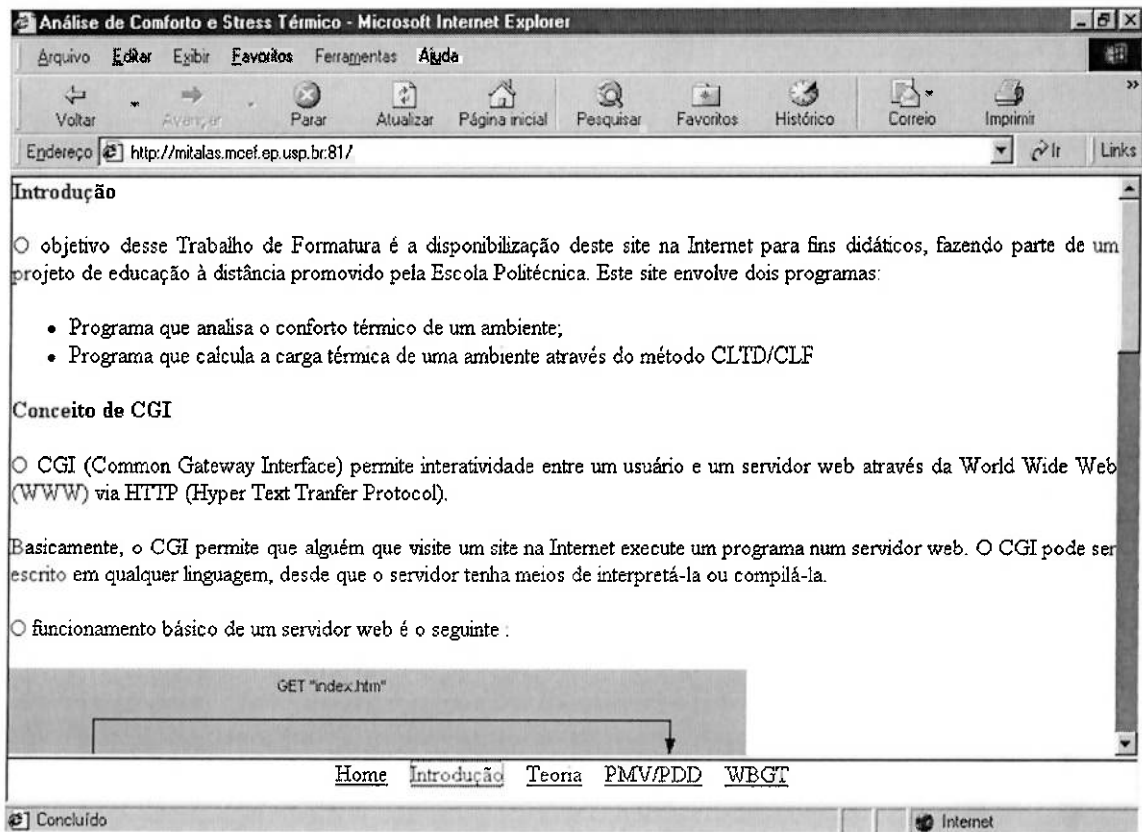
As páginas pmvpdpd.html, wbgt.html e ur.html contêm cada uma um formulário, por onde o usuário entra os dados que serão então utilizados para os cálculos por seus respectivos CGI's, que geram a página com os resultados.

Foram implementados menus do tipo “drop-down”, através dos quais o usuário pode selecionar entre valores tabelados, sendo inseridos nos campos correspondentes através de funções em Javascript. Algumas funções utilizadas nos CGI's estão definidas no arquivo formulas.pl. As fontes dos arquivos HTML relevantes encontram-se no Anexo 1, enquanto que as fontes dos CGI's relevantes encontram-se no Anexo 2.

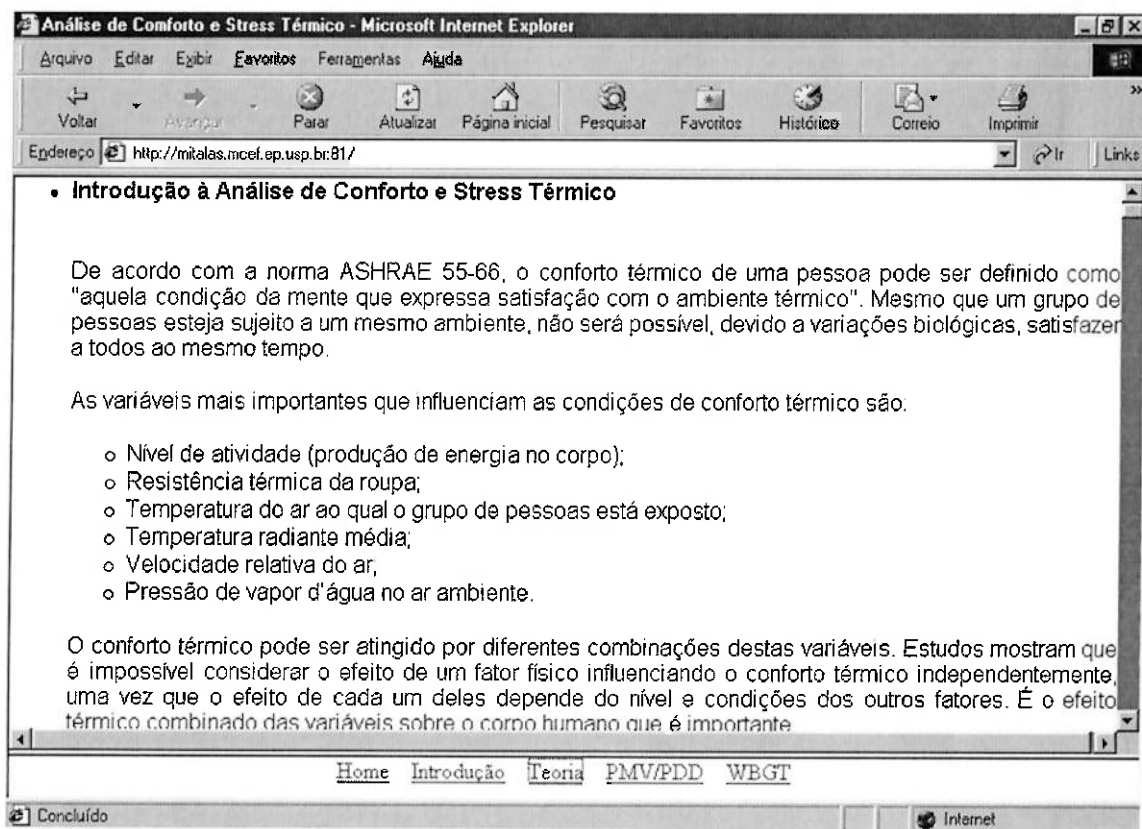
A seguir serão apresentadas as principais telas do site:



Tela 1 . Página de entrada do site.



Tela 2 . Página de introdução sobre o trabalho.



Tela 3 . Página com os conceitos físicos envolvidos.

Análise de Conforto e Stress Térmico - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Voltar Avançar Parar Atualizar Página inicial Pesquisar Favoritos Histórico Correio Imprimir

Endereço <http://mitalas.mcef.ep.usp.br:81/> Links

Resistência térmica da roupa: 1 (clo) Escolha o tipo de roupa

Grau de Metabolismo: 1.2 (met) Escolha o tipo de atividade

Trabalho externo: 0 (met) Escolha o tipo de atividade

Temperatura do ar: 19 (C) -Descansando-

Temperatura radiante média: 18 (C) Dormindo

Velocidade relativa do ar: 1 (m/s) Recostado

Umidade relativa: 40 (%) Sentado, quieto

OU Em pé, relaxado

Pressão de vapor d'água: (Pa) -Andando-

Plano - 3.2 km/h

Plano - 4.0 km/h

Plano - 4.8 km/h

Plano - 5.6 km/h

Calcular Limpar

[Home](#) [Introdução](#) [Teoria](#) [PMV/PPD](#) [WBGT](#)

Concluído Internet

Tela 4 . Página de entrada de dados para o cálculo dos índices PMV/PPD.

Análise de Conforto e Stress Térmico - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Voltar Avançar Parar Atualizar Página inicial Pesquisar Favoritos Histórico Correio Imprimir

Endereço <http://mitalas.mcef.ep.usp.br:81/> Links

Resultado

Voto Médio Estimado (PMV): -0.7

Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PPD): 15.3

Para simples referência:

PMV	PPD	Porcentagem de pessoas estimadas a votar		
		0	-1, 0 ou +1	-2, -1, 0, +1 ou +2
+2	75	5	25	70
+1	25	27	75	95
0	2	55	95	100
-1	25	27	75	95
-2	75	5	25	70

Tabela - Distribuição dos votos individuais de sensação térmica

[Voltar](#)

[Home](#) [Introdução](#) [Teoria](#) [PMV/PPD](#) [WBGT](#)

Concluído Internet

Tela 5 . Página com o resultado do cálculo dos índices PMV/PPD.

Análise de Conforto e Stress Térmico - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Voltar Avançar Parar Atualizar Página inicial Pesquisar Favoritos Histórico Correio Imprimir

Endereço: <http://mitales.mcef.ep.usp.br:81/>

Nível de atividade: 116.3 (W/m²) Fabricação de latas

Temperatura de bulbo úmido: 28 (°C)

Temperatura de globo: 26 (°C)

Pessoas climatizadas com o calor? Sim Não

Movimento sensível do ar? Sim Não

Em caso de ambiente externo com carga solar, preencha também o item abaixo:

Temperatura do ar: (°C)

Calcular Limpar

[Home](#) [Introdução](#) [Teoria](#) [PMV/PDD](#) [WBGT](#)

Concluído Internet

Tela 6 . Página de entrada de dados para o cálculo do índice WBGT.

Análise de Conforto e Stress Térmico - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Voltar Avançar Parar Atualizar Página inicial Pesquisar Favoritos Histórico Correio Imprimir

Endereço: <http://mitales.mcef.ep.usp.br:81/>

Resultado				
WBGT:	27.4			
Valor de referência:	30			
Há stress térmico:	Não			

Para simples referência:

Classe de grau de metabolismo	Grau de metabolismo, M		Valor de referência do WBGT	
	Relacionado à unidade de área da superfície da pele W/m ²	Total (para uma área média da superfície da pele de 1,8 m ²) W	Pessoas aclimatizadas com o calor °C	Pessoas não aclimatizadas com o calor °C
0 (descansando)	M < 65	M < 117	33	32
1	65 < M < 130	117 < M < 234	30	29
2	130 < M < 200	234 < M < 360	28	26
3	200 < M < 260	360 < M < 468	25 Movimento sensível do ar 26	22 Movimento não sensível do ar 23

[Home](#) [Introdução](#) [Teoria](#) [PMV/PDD](#) [WBGT](#)

Concluído Internet

Tela 7 . Página com o resultado do cálculo do índice WBGT.

7. Conclusões

Este trabalho de formatura teve o intuito de implementar um site de fácil utilização, com objetivos puramente didáticos, dentro de um projeto de educação à distância proposto pelo Prof. Alberto Hernandez Neto, de forma que possa vir a ser utilizado por alunos da Escola Politécnica ou qualquer outra pessoa que simplesmente deseje fazer uma análise de qualquer ambiente condicionado. Por isso, foram disponibilizados no site não apenas os scripts que efetivamente fazem os cálculos, mas também páginas com os conceitos teóricos envolvidos numa análise de conforto e stress térmico.

8. Referências Bibliográficas

Fanger, P.O. *Thermal Comfort – Analysis and applications in environmental engineering*. McGraw-Hill Book Company, 1972

ASHRAE Standard 55-1992. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.

ISO 7730-1994. *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*.

ISO 7243-1989. *Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature)*.

ANEXO 1**home.html:**

```

<html>

<head>
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 3.0">

<title>Home</title>
<base target="main">
<meta name="Microsoft Border" content="none"></head>

<body>

<p align="center"><strong>Universidade de São Paulo<br>
Escola Politécnica<br>
Departamento de Engenharia Mecânica</strong></p>

<p align="center"><u>Análise de Conforto e Stress
Térmico</u></p>

<table border="0" width="100%" cellpadding="0">
  <tr>
    <td width="50%" valign="top"><a
href="introd.html">Introdução</a><br>
    <a href="teoria.html">Conceitos teóricos</a><br>
    <a href="pmvppd.html">Cálculo dos índices PMV e PPD para um
    dado ambiente</a><br>
    <a href="wbgt.html">Cálculo do índice WBGT</a><br>
    <a href="ur.html">Cálculo da umidade relativa para conforto
    térmico ótimo</a><p>&nbsp;</p>
    <p>&nbsp;</p>
    <p><small><small>Elaborado por: <a
href="mailto:rogerio@kdd.com.br">Rogério Moreira
    Yokota</a><br>
    Orientador: <a href="mailto:ahneto@usp.br">Alberto Hernandez
    Neto</a></small></small><br>
    <small><small>São Paulo, 1999.</small></small></td>
    <td width="50%"><p align="right"></td>
  </tr>
</table>
</body>
</html>

```

pmvppd.html:

```

<html>

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-
8859-1">
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 3.0">
<title>Cálculo dos índices PMV e PPD</title>
</head>

<body>
<script>

function roupa (Form) {

W = Form.D1.selectedIndex;

if (W == 0) {
    Form.CLO.value="";
}
if (W == 1) {
    Form.CLO.value="0";
}
if (W == 2) {
    Form.CLO.value=".1";
}
if (W == 3) {
    Form.CLO.value=".3";
}
if (W == 4) {
    Form.CLO.value=".35";
}
if (W == 5) {
    Form.CLO.value=".5";
}
if (W == 6) {
    Form.CLO.value=".6";
}
if (W == 7) {
    Form.CLO.value=".7";
}
if (W == 8) {
    Form.CLO.value=".8";
}
if (W == 9) {
    Form.CLO.value="1";
}
if (W == 10) {
    Form.CLO.value="1.5";
}
if (W == 11) {
    Form.CLO.value=".9";
}
}

```

```
if (W == 12){  
    Form.CLO.value="1.5";  
}  
if (W == 13){  
    Form.CLO.value="1.5";  
}  
if (W == 14){  
    Form.CLO.value="3";  
}  
}
```

```
function atividade(Form){
```

```
    X = Form.D2.selectedIndex;
```

```
    if (X == 0){  
        Form.MET.value="";  
        Form.WME.value="";  
        Form.VEL.value="";  
    }  
    if (X == 1){  
        Form.MET.value="";  
        Form.WME.value="";  
        Form.VEL.value="";  
    }  
    if (X == 2){  
        Form.MET.value="35"*.02";  
        Form.WME.value="0";  
        Form.VEL.value="0";  
    }  
    if (X == 3){  
        Form.MET.value="40"*.02";  
        Form.WME.value="0";  
        Form.VEL.value="0";  
    }  
    if (X == 4){  
        Form.MET.value="50"*.02";  
        Form.WME.value="0";  
        Form.VEL.value="0";  
    }  
    if (X == 5){  
        Form.MET.value="60"*.02";  
        Form.WME.value="0";  
        Form.VEL.value="0";  
    }  
    if (X == 6){  
        Form.MET.value="";  
        Form.WME.value="";  
        Form.VEL.value="";  
    }  
    if (X == 7){  
        Form.MET.value="100"*.02";  
        Form.WME.value="0";  
        Form.VEL.value=".9";  
    }  
}
```

```
    }
if (X == 8){
    Form.MET.value="120"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value="1.1";
}
if (X == 9){
    Form.MET.value="130"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value="1.3";
}
if (X == 10){
    Form.MET.value="160"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value="1.6";
}
if (X == 11){
    Form.MET.value="190"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value="1.8";
}
if (X == 12){
    Form.MET.value="290"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value="2.2";
}
if (X == 13){
    Form.MET.value="120"*.02";
    Form.WME.value=".07"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".6";
}
if (X == 14){
    Form.MET.value="150"*.02";
    Form.WME.value=".10"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".9";
}
if (X == 15){
    Form.MET.value="200"*.02";
    Form.WME.value=".11"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value="1.3";
}
if (X == 16){
    Form.MET.value="305"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value="1.8";
}
if (X == 17){
    Form.MET.value="145"*.02";
    Form.WME.value=".15"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".4";
}
if (X == 18){
    Form.MET.value="230"*.02";
    Form.WME.value=".19"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".9";
}
```

```
    }
if (X == 19){
    Form.MET.value="350"*.02";
    Form.WME.value=".19"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value="1.3";
}
if (X == 20){
    Form.MET.value="180"*.02";
    Form.WME.value=".2"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".4";
}
if (X == 21){
    Form.MET.value="335"*.02";
    Form.WME.value=".21"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".9";
}
if (X == 22){
    Form.MET.value="";
    Form.WME.value="";
    Form.VEL.value="";
}
if (X == 23){
    Form.MET.value="70"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".1";
}
if (X == 24){
    Form.MET.value="60"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".1";
}
if (X == 25){
    Form.MET.value="90"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value=".1";
}
if (X == 26){
    Form.MET.value="200"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".1";
}
if (X == 27){
    Form.MET.value="280"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".1";
}
if (X == 28){
    Form.MET.value="160"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".1";
}
if (X == 29){
    Form.MET.value="200"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".1";
```

```
    }  
if (X == 30){  
    Form.MET.value="270"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 31){  
    Form.MET.value="340"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 32){  
    Form.MET.value="380"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 33){  
    Form.MET.value="110"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".2";  
    }  
if (X == 34){  
    Form.MET.value="70"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value="0";  
    }  
if (X == 35){  
    Form.MET.value="80"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 36){  
    Form.MET.value="110"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 37){  
    Form.MET.value="110"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 38){  
    Form.MET.value="100"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 39){  
    Form.MET.value="140"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".5";  
    }  
if (X == 40){  
    Form.MET.value="200"*.02";  
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;  
    Form.VEL.value=".1";
```

```
    }
    if (X == 41){
        Form.MET.value="100"*.02";
        Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
        Form.VEL.value=".1";
    }
    if (X == 42){
        Form.MET.value="110"*.02";
        Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
        Form.VEL.value=".2";
    }
    if (X == 43){
        Form.MET.value="100"*.02";
        Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
        Form.VEL.value=".1";
    }
    if (X == 44){
        Form.MET.value="100"*.02";
        Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
        Form.VEL.value=".4";
    }
    if (X == 45){
        Form.MET.value="80"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="0";
    }
    if (X == 46){
        Form.MET.value="55"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="0";
    }
    if (X == 47){
        Form.MET.value="50"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="0";
    }
    if (X == 48){
        Form.MET.value="100"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="0";
    }
    if (X == 49){
        Form.MET.value="160"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value=".05";
    }
    if (X == 50){
        Form.MET.value="60"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="0";
    }
    if (X == 51){
        Form.MET.value="90"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="0";
    }
```

```
    }
if (X == 52){
    Form.MET.value="120"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value="0";
}
if (X == 53){
    Form.MET.value="";
    Form.WME.value="";
    Form.VEL.value="";
}
if (X == 54){
    Form.MET.value="125"*.02";
    Form.WME.value=".2"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value="1.4";
}
if (X == 55){
    Form.MET.value="200"*.02";
    Form.WME.value=".2"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".5";
}
if (X == 56){
    Form.MET.value="200"*.02";
    Form.WME.value=".1"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".5";
}
if (X == 57){
    Form.MET.value="300"*.02";
    Form.WME.value=".2"*Form.MET.value;
    Form.VEL.value=".5";
}
if (X == 58){
    Form.MET.value="";
    Form.WME.value="";
    Form.VEL.value="";
}
if (X == 59){
    Form.MET.value="100"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value=".2";
}
if (X == 60){
    Form.MET.value="80"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value="0";
}
if (X == 61){
    Form.MET.value="80"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value=".1";
}
if (X == 62){
    Form.MET.value="100"*.02";
    Form.WME.value="0";
    Form.VEL.value=".1";
```

```
    }  
if (X == 63){  
    Form.MET.value="85"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 64){  
    Form.MET.value="80"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".6";  
    }  
if (X == 65){  
    Form.MET.value="";  
    Form.WME.value="";  
    Form.VEL.value="";  
    }  
if (X == 66){  
    Form.MET.value="45"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".05";  
    }  
if (X == 67){  
    Form.MET.value="50"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".05";  
    }  
if (X == 68){  
    Form.MET.value="55"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".05";  
    }  
if (X == 69){  
    Form.MET.value="60"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".05";  
    }  
if (X == 70){  
    Form.MET.value="60"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value="0";  
    }  
if (X == 71){  
    Form.MET.value="50"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 72){  
    Form.MET.value="60"*.02";  
    Form.WME.value="0";  
    Form.VEL.value=".1";  
    }  
if (X == 73){  
    Form.MET.value="";  
    Form.WME.value="";  
    Form.VEL.value="";  
    }
```

```

    }
    if (X == 74){
        Form.MET.value="150"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="1";
    }
    if (X == 75){
        Form.MET.value="120"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="1";
    }
    if (X == 76){
        Form.MET.value="230"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="1";
    }
    if (X == 77){
        Form.MET.value="350"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="1";
    }
    if (X == 78){
        Form.MET.value="360"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="1";
    }
    if (X == 79){
        Form.MET.value="380"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value="2";
    }
    if (X == 80){
        Form.MET.value="435"*.02";
        Form.WME.value="0";
        Form.VEL.value=".2";
    }
}

```

```
</script>
```

```

<form method="POST" action="/cgi-bin/pmvppd.cgi" name="F">
  <table border="0" width="100%" cellpadding="0"
cellspacing="1">
    <tr>
        <td width="34%">Resistência térmica da roupa: </td>
        <td width="66%"><input type="text" size="10" name="CLO">
(clo)<select name="D1" size="1"
    onchange="roupa(F)">
        <option>Escolha o tipo de roupa</option>
        <option>Nu</option>
        <option>Shorts</option>
        <option>Roupa tropical típica</option>
        <option>Peças de roupa estilo astronautas</option>

```

```

    <option>Roupa leve de verão</option>
    <option>Roupa para trabalho leve</option>
    <option>Roupa estilo Exército</option>
    <option>Uniforme tropical de combate</option>
    <option>Terno típico</option>
    <option>Terno típico + casaco de algodão</option>
    <option>Traje esportivo leve</option>
    <option>Terno pesado (estilo europeu)</option>
    <option>Uniforme pesado do Exército (para frio-
chuva)</option>
    <option>Roupa para ambiente polar</option>
  </select></td>
</tr>
<tr>
  <td width="34%">Grau de Metabolismo:</td>
  <td width="66%"><input type="text" size="10" name="MET">
(met) <select name="D2" size="1"
onchange="atividade(F)">
  <option>Escolha o tipo de atividade</option>
  <option>--Descansando--</option>
  <option>Dormindo</option>
  <option>Recostado</option>
  <option>Sentado, quieto</option>
  <option>Em pé, relaxado</option>
  <option>--Andando--</option>
  <option>Plano - 3.2 km/h</option>
  <option>Plano - 4.0 km/h</option>
  <option>Plano - 4.8 km/h</option>
  <option>Plano - 5.6 km/h</option>
  <option>Plano - 6.4 km/h</option>
  <option>Plano - 8.0 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 5% - 1.6 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 5% - 3.2 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 5% - 4.8 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 5% - 6.4 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 15% - 1.6 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 15% - 3.2 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 15% - 4.8 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 25% - 1.6 km/h</option>
  <option>Subida, inclinação de 25% - 3.2 km/h</option>
  <option>--Ocupações variadas--</option>
  <option>Padaria</option>
  <option>Cervejaria</option>
  <option>Carpintaria - Serra elétrica</option>
  <option>Carpintaria - Serra manual</option>
  <option>Carpintaria - Plaina manual</option>
  <option>Fundição - Fettling</option>
  <option>Fundição - Tipping the moulds</option>
  <option>Fundição - Roughing</option>
  <option>Fundição - Tending the furnaces</option>
  <option>Fundição - Slag removal</option>
  <option>Trabalho em garagem</option>
  <option>Laboratório - Examinando slides</option>
  <option>Laboratório - Trabalho geral</option>
  <option>Laboratório - Configurando aparelhos</option>

```

```

<option>Locksmith</option>
<option>Trabalho com máquinas - Leve</option>
<option>Trabalho com máquinas - Ajustador</option>
<option>Trabalho com máquinas - Pesado</option>
<option>Fabricação de latas</option>
<option>Sentado, movimento pesado dos braços</option>
<option>Sapataria</option>
<option>Assistente de loja</option>
<option>Professor</option>
<option>Relojoeiro</option>
<option>Motorista - Carro (tráfego leve)</option>
<option>Motorista - Carro (tráfego pesado)</option>
<option>Motorista - Veículos pesados</option>
<option>Piloto - Noturno</option>
<option>Piloto - Pouso por instrumentos</option>
<option>Piloto - Combate</option>
<option>--Trabalho pesado--</option>
<option>Empurrando carrinho de mão</option>
<option>Carregando sacos de 50kg</option>
<option>Cavando com pá</option>
<option>Cavando trincheiras</option>
<option>--Trabalho doméstico--</option>
<option>Limpeza doméstica</option>
<option>Cozinhando</option>
<option>Lavando louças, de pé</option>
<option>Lavando e passando</option>
<option>Barbeando, lavando e vestindo</option>
<option>Fazendo compras</option>
<option>--Trabalho de escritório--</option>
<option>Digitação (elétrica) - 30 ppm</option>
<option>Digitação (elétrica) - 40 ppm</option>
<option>Digitação (mecânica) - 30 ppm</option>
<option>Digitação (mecânica) - 40 ppm</option>
<option>Máquina de somar</option>
<option>Trabalho genérico</option>
<option>Projetista</option>
<option>--Atividades de lazer--</option>
<option>Ginástica</option>
<option>Dança</option>
<option>Tênis</option>
<option>Esgrima</option>
<option>Squash</option>
<option>Basquete</option>
<option>Luta romana</option>
</select></td>
</tr>
<tr>
<td width="34%">Trabalho externo:</td>
<td width="66%"><input type="text" size="10" name="WME">
(met)</td>
</tr>
<tr>
<td width="34%">Temperatura do ar: </td>
<td width="66%"><input type="text" size="10" name="TA">
(C)</td>

```

```

    </tr>
    <tr>
        <td width="34%">Temperatura radiante média: </td>
        <td width="66%"><input type="text" size="10" name="TR">
(C) </td>
    </tr>
    <tr>
        <td width="34%">Velocidade relativa do ar: </td>
        <td width="66%"><input type="text" size="10" name="VEL">
(m/s) </td>
    </tr>
    <tr>
        <td width="34%">Umidade relativa:</td>
        <td width="66%"><input type="text" size="10" name="RH">
(%) </td>
    </tr>
    <tr>
        <td width="34%">OU</td>
        <td width="66%"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td width="34%">Pressão de vapor d'água: </td>
        <td width="66%"><input type="text" size="10" name="PA">
(Pa) </td>
    </tr>
</table>
<p><input type="submit" name="B1" value="Calcular"><input
type="reset" name="B2"
value="Limpar"></p>
</form>
</body>
</html>

```

wbgt.html:

```
<html>

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-
8859-1">
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 3.0">
<title>Cálculo do índice WBGT</title>
</head>

<body>
<script>

function atividade(Form){

X = Form.D2.selectedIndex;

if (X == 0){
    Form.MET.value="";
}
if (X == 1){
    Form.MET.value="";
}
if (X == 2){
    Form.MET.value="35"*"1.163";
}
if (X == 3){
    Form.MET.value="40"*"1.163";
}
if (X == 4){
    Form.MET.value="50"*"1.163";
}
if (X == 5){
    Form.MET.value="60"*"1.163";
}
if (X == 6){
    Form.MET.value="";
}
if (X == 7){
    Form.MET.value="100"*"1.163";
}
if (X == 8){
    Form.MET.value="120"*"1.163";
}
if (X == 9){
    Form.MET.value="130"*"1.163";
}
if (X == 10){
    Form.MET.value="160"*"1.163";
}
if (X == 11){
    Form.MET.value="190"*"1.163";
}
```

```
if (X == 12){  
    Form.MET.value="290"*"1.163";  
}  
if (X == 13){  
    Form.MET.value="120"*"1.163";  
}  
if (X == 14){  
    Form.MET.value="150"*"1.163";  
}  
if (X == 15){  
    Form.MET.value="200"*"1.163";  
}  
if (X == 16){  
    Form.MET.value="305"*"1.163";  
}  
if (X == 17){  
    Form.MET.value="145"*"1.163";  
}  
if (X == 18){  
    Form.MET.value="230"*"1.163";  
}  
if (X == 19){  
    Form.MET.value="350"*"1.163";  
}  
if (X == 20){  
    Form.MET.value="180"*"1.163";  
}  
if (X == 21){  
    Form.MET.value="335"*"1.163";  
}  
if (X == 22){  
    Form.MET.value="";  
}  
if (X == 23){  
    Form.MET.value="70"*"1.163";  
}  
if (X == 24){  
    Form.MET.value="60"*"1.163";  
}  
if (X == 25){  
    Form.MET.value="90"*"1.163";  
}  
if (X == 26){  
    Form.MET.value="200"*"1.163";  
}  
if (X == 27){  
    Form.MET.value="280"*"1.163";  
}  
if (X == 28){  
    Form.MET.value="160"*"1.163";  
}  
if (X == 29){  
    Form.MET.value="200"*"1.163";  
}  
if (X == 30){
```

```
Form.MET.value="270"*"1.163";  
    }  
if (X == 31){  
    Form.MET.value="340"*"1.163";  
    }  
if (X == 32){  
    Form.MET.value="380"*"1.163";  
    }  
if (X == 33){  
    Form.MET.value="110"*"1.163";  
    }  
if (X == 34){  
    Form.MET.value="70"*"1.163";  
    }  
if (X == 35){  
    Form.MET.value="80"*"1.163";  
    }  
if (X == 36){  
    Form.MET.value="110"*"1.163";  
    }  
if (X == 37){  
    Form.MET.value="110"*"1.163";  
    }  
if (X == 38){  
    Form.MET.value="100"*"1.163";  
    }  
if (X == 39){  
    Form.MET.value="140"*"1.163";  
    }  
if (X == 40){  
    Form.MET.value="200"*"1.163";  
    }  
if (X == 41){  
    Form.MET.value="100"*"1.163";  
    }  
if (X == 42){  
    Form.MET.value="110"*"1.163";  
    }  
if (X == 43){  
    Form.MET.value="100"*"1.163";  
    }  
if (X == 44){  
    Form.MET.value="100"*"1.163";  
    }  
if (X == 45){  
    Form.MET.value="80"*"1.163";  
    }  
if (X == 46){  
    Form.MET.value="55"*"1.163";  
    }  
if (X == 47){  
    Form.MET.value="50"*"1.163";  
    }  
if (X == 48){  
    Form.MET.value="100"*"1.163";
```

```
    }
if (X == 49){
    Form.MET.value="160"*"1.163";
}
if (X == 50){
    Form.MET.value="60"*"1.163";
}
if (X == 51){
    Form.MET.value="90"*"1.163";
}
if (X == 52){
    Form.MET.value="120"*"1.163";
}
if (X == 53){
    Form.MET.value="";
}
if (X == 54){
    Form.MET.value="125"*"1.163";
}
if (X == 55){
    Form.MET.value="200"*"1.163";
}
if (X == 56){
    Form.MET.value="200"*"1.163";
}
if (X == 57){
    Form.MET.value="300"*"1.163";
}
if (X == 58){
    Form.MET.value="";
}
if (X == 59){
    Form.MET.value="100"*"1.163";
}
if (X == 60){
    Form.MET.value="80"*"1.163";
}
if (X == 61){
    Form.MET.value="80"*"1.163";
}
if (X == 62){
    Form.MET.value="100"*"1.163";
}
if (X == 63){
    Form.MET.value="85"*"1.163";
}
if (X == 64){
    Form.MET.value="80"*"1.163";
}
if (X == 65){
    Form.MET.value="";
}
if (X == 66){
    Form.MET.value="45"*"1.163";
}
```

```

if (X == 67){
    Form.MET.value="50"*"1.163";
}
if (X == 68){
    Form.MET.value="55"*"1.163";
}
if (X == 69){
    Form.MET.value="60"*"1.163";
}
if (X == 70){
    Form.MET.value="60"*"1.163";
}
if (X == 71){
    Form.MET.value="50"*"1.163";
}
if (X == 72){
    Form.MET.value="60"*"1.163";
}
if (X == 73){
    Form.MET.value="";
}
if (X == 74){
    Form.MET.value="150"*"1.163";
}
if (X == 75){
    Form.MET.value="120"*"1.163";
}
if (X == 76){
    Form.MET.value="230"*"1.163";
}
if (X == 77){
    Form.MET.value="350"*"1.163";
}
if (X == 78){
    Form.MET.value="360"*"1.163";
}
if (X == 79){
    Form.MET.value="380"*"1.163";
}
if (X == 80){
    Form.MET.value="435"*"1.163";
}
}

```

</script>

```

<form action="/cgi-bin/wbgt.cgi" method="POST" name="F">
    <table border="0" cellspacing="1" cellpadding="0" width="759">
        <tr>
            <td width="282">Nível de atividade: </td>
            <td width="473"><input type="text" size="10" name="MET">
(W/m^2) <select name="D2"
                size="1" onchange="atividade(F)">

```

<option>Escolha o tipo de atividade</option>
<option>--Descansando--</option>
<option>Dormindo</option>
<option>Recostado</option>
<option>Sentado, quieto</option>
<option>Em pé, relaxado</option>
<option>--Andando--</option>
<option>Plano - 3.2 km/h</option>
<option>Plano - 4.0 km/h</option>
<option>Plano - 4.8 km/h</option>
<option>Plano - 5.6 km/h</option>
<option>Plano - 6.4 km/h</option>
<option>Plano - 8.0 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 5% - 1.6 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 5% - 3.2 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 5% - 4.8 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 5% - 6.4 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 15% - 1.6 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 15% - 3.2 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 15% - 4.8 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 25% - 1.6 km/h</option>
<option>Subida, inclinação de 25% - 3.2 km/h</option>
<option>--Ocupações variadas--</option>
<option>Padaria</option>
<option>Cervejaria</option>
<option>Carpintaria - Serra elétrica</option>
<option>Carpintaria - Serra manual</option>
<option>Carpintaria - Plaina manual</option>
<option>Fundição - Fettling</option>
<option>Fundição - Tipping the moulds</option>
<option>Fundição - Roughing</option>
<option>Fundição - Tending the furnaces</option>
<option>Fundição - Slag removal</option>
<option>Trabalho em garagem</option>
<option>Laboratório - Examinando slides</option>
<option>Laboratório - Trabalho geral</option>
<option>Laboratório - Configurando aparelhos</option>
<option>Locksmith</option>
<option>Trabalho com máquinas - Leve</option>
<option>Trabalho com máquinas - Ajustador</option>
<option>Trabalho com máquinas - Pesado</option>
<option>Fabricação de latas</option>
<option>Sentado, movimento pesado dos braços</option>
<option>Sapataria</option>
<option>Assistente de loja</option>
<option>Professor</option>
<option>Relojoeiro</option>
<option>Motorista - Carro (tráfego leve)</option>
<option>Motorista - Carro (tráfego pesado)</option>
<option>Motorista - Veículos pesados</option>
<option>Piloto - Noturno</option>
<option>Piloto - Pouso por instrumentos</option>
<option>Piloto - Combate</option>
<option>--Trabalho pesado--</option>
<option>Empurrando carrinho de mão</option>

```

        <option>Carregando sacos de 50kg</option>
        <option>Cavando com pá</option>
        <option>Cavando trincheiras</option>
        <option>--Trabalho doméstico--</option>
        <option>Limpeza doméstica</option>
        <option>Cozinhando</option>
        <option>Lavando louças, de pé</option>
        <option>Lavando e passando</option>
        <option>Barbeando, lavando e vestindo</option>
        <option>Fazendo compras</option>
        <option>--Trabalho de escritório--</option>
        <option>Digitação (elétrica) - 30 ppm</option>
        <option>Digitação (elétrica) - 40 ppm</option>
        <option>Digitação (mecânica) - 30 ppm</option>
        <option>Digitação (mecânica) - 40 ppm</option>
        <option>Máquina de somar</option>
        <option>Trabalho genérico</option>
        <option>Projetista</option>
        <option>--Atividades de lazer--</option>
        <option>Ginástica</option>
        <option>Dança</option>
        <option>Tênis</option>
        <option>Esgrima</option>
        <option>Squash</option>
        <option>Basquete</option>
        <option>Luta romana</option>
    </select></td>
</tr>
<tr>
    <td width="282" height="19">Temperatura de bulbo úmido:
</td>
    <td width="473" height="19"><input type="text" size="10"
name="TNW"> (°C)</td>
</tr>
<tr>
    <td width="282" height="19">Temperatura de globo:</td>
    <td width="473" height="19"><input type="text" size="10"
name="TG"> (°C)</td>
</tr>
<tr>
    <td width="282" height="19">Pessoas climatizadas com o
calor? </td>
    <td width="473" height="19">Sim <input type="radio"
value="S" name="R1"> <br>
    Não <input type="radio" value="N" name="R1"> </td>
</tr>
<tr>
    <td width="282" height="19">Movimento sensível do ar?
</td>
    <td width="473" height="19">Sim <input type="radio"
value="S" name="R2"> <br>
    Não <input type="radio" value="N" name="R2"> </td>
</tr>
<tr>

```

```
<td width="282">Em caso de ambiente externo com carga
solar, preencha também o item
abaixo:<p>Temperatura do ar:</td>
<td width="473" valign="bottom"><input type="text"
size="10" name="TA"> (°C)</td>
</tr>
</table>
<p><input type="submit" name="B1" value="Calcular"><input
type="reset" name="B2"
value="Limpar"></p>
</form>
</body>
</html>
```

ANEXO 2

formulas.pl:

```
#!/usr/bin/perl

# Função que calcula o calor perdido por difusão na pele
sub perdapele {
    $MW=@_[0];
    $PA=@_[1];
    $perdapele=3.05*.001*(5733-6.99*$MW-$PA);
    return $perdapele;
}

# Função que calcula o calor perdido pela evaporação do suor
sub perdasuor {
    $MW=@_[0];
    if ($MW>58.15) {
        $perdasuor=.42*($MW-58.15);
    }
    else{
        $perdasuor=0;
    }
    return $perdasuor;
}

# Função que calcula o calor latente perdido na respiração
sub perdalatresp {
    $M=@_[0];
    $PA=@_[1];
    $perdalatresp=1.7*.00001*$M*(5867-$PA);
    return $perdalatresp;
}

# Função que calcula o calor sensível perdido na respiração
sub perdasenresp {
    $M=@_[0];
    $TA=@_[1];
    $perdasenresp=.0014*$M*(34-$TA);
    return $perdasenresp;
}

# Função que calcula o calor perdido por radiação
sub perdarad {
    $FCL=@_[0];
    $XN=@_[1];
    $TRA=@_[2];
    $perdarad=3.96*$FCL*($XN**4-($TRA/100)**4);
    return $perdarad;
}

# Função que calcula o calor perdido por convecção
```

```
sub perdaconv {  
$FCL=@_[0];  
$HC=@_[1];  
$TCL=@_[2];  
$TA=@_[3];  
$perdaconv=$FCL*$HC*($TCL-$TA);  
return $perdaconv;  
}  
  
1;
```

pmvppd.cgi:

```
#!/usr/bin/perl
```

```
#####
#####
# CGI desenvolvido por Rogério Moreira Yokota como parte do
# trabalho #
# de formatura para a Escola Politécnica da Universidade de São
# Pau- #
# lo sob orientação do Prof. Alberto Hernandez Neto, que calcula
# o #
# Voto Médio Estimado (PMV) e a Porcentagem Estimada de
# Insatisfei- #
# tos (PPD) para um dado ambiente, de acordo com a norma ISO
# 7730. #
# São Paulo, 1999.
#
#####
#####
```

```
require 'cgi-lib.pl';
require 'formulas.pl';
```

```
&ReadParse(*data);
```

```
# Entrada de dados do formulário
$CLO=$data{'CLO'};
$MET=$data{'MET'};
$WME=$data{'WME'};
$TA=$data{'TA'};
$TR=$data{'TR'};
$VEL=$data{'VEL'};
$RH=$data{'RH'};
$PA=$data{'PA'};
```

```
# Cálculo da Pressão de vapor d'água a partir da umidade
relativa
```

```
if (!($PA)){
    $PA=$RH*10*exp(16.6536-4030.183/($TA+235));
}
```

```
# Resistência térmica da roupa em m^2 K/W
```

```
$ICL=.155*$CLO;
```

```
# Grau de metabolismo em W/m^2
```

```
$M=$MET*58.15;
```

```
# Trabalho externo em W/m^2
```

```
$W=$WME*58.15;
```

```
# Produção interna de energia no corpo humano
```

```
$MW=$M-$W;
```

```
# Cálculo do fator de área da roupa
```

```
if ($ICL < .078){
    $FCL=1+1.29*$ICL;
```

```

}
else{
    $FCL=1.05+.645*$ICL;
}

# Coeficiente de transferência de calor por convecção forçada
$HCF=12.1*sqrt($VEL);
# Temperatura do ar em K
$TAA=$TA+273;
# Temperatura radiante média em K
$TRA=$TR+273;

# Valor de partida para a temperatura da superfície da roupa
$TCLA=$TAA+(35.5-$TA)/(3.5*(6.45*$ICL+.1));

# Termos de cálculo
$P1=$ICL*$FCL;
$P2=$P1*3.96;
$P3=$P1*100;
$P4=$P1*$TAA;
$P5=308.7-.028*$MW+$P2*($TRA/100)**4;
$XN=$TCLA/100;
$XF=$XN;
# Número de iterações
$N=0;
# Critério de parada das iterações
$EPS=.00015;

# Iteração
while((abs($XN-$XF)>$EPS || $N==0) && $N<=150){
    $XF=($XF+$XN)/2;
    $HCN=2.38*abs(100*$XF-$TAA)**.25;
    if($HCF>$HCN){
        $HC=$HCF;
    }
    else{
        $HC=$HCN;
    }
    $XN=($P5+$P4*$HC-$P2*$XF**4)/(100+$P3*$HC);
    $N=$N+1;
}

# Temperatura da superfície da roupa
$TCL=100*$XN-273;

# Coeficiente de sensação térmica
$TS=.303*exp(-.036*$M)+.028;

# Cálculo do índice PMV
$PMV=$TS*($MW-&perdapele($MW,$PA)-&perdasuor($MW)-
&perdalatresp($M,$PA)-&perdase
nresp($M,$TA)-&perdarad($FCL,$XN,$TRA)-
&perdaconv($FCL,$HC,$TCL,$TA));

# Cálculo do índice PPD

```

```

$PPD=100-95*exp(-.03353*$PMV**4-.2179*$PMV**2);

# Caso o processo iterativo não tenha convergido
if($N>150){
    $PMV=999999;
    $PPD=100;
}

# Impressão da saída em HTML
print &PrintHeader;

print << "EOF";

<html>
<head>
<title>PMV/PPD</title>
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 3.0">
</head>

<body>
<div align="center"><center>

<table border="0" cellpadding="0">
  <tr>
    <td width="100%" colspan="2" bgcolor="#0000FF"><p
align="center"><font color
="#FFFFFF"><strong>Resultado</strong></font></td>
  </tr>
  <tr>
    <td bgcolor="#008080"><strong>Voto Médio Estimado
(PMV):</strong></td>
    <td bgcolor="#0000FF" width="40" align="center"><font
color="#FFFFFF"><strong>
g>
EOF
printf("%.1f",$PMV);

print << "EOF";

</strong></font></td>
  </tr>
  <tr>
    <td bgcolor="#008080"><strong>Porcentagem Estimada de
Insatisfeitos (PPD):</
strong></td>
    <td bgcolor="#0000FF" align="center"><font
color="#FFFFFF"><strong>
EOF

printf("%.1f",$PPD);

print << "EOF";

</strong></font></td>
  </tr>

```

```

</table>
</center></div>

<p>&nbsp;</p>
<div align="center"><center>

<table border="1" cellpadding="0" cellspacing="0">
  <caption>Para simples referência:</caption>
  <tr>
    <td rowspan="2" align="center">PMV</td>
    <td rowspan="2" align="center">PPD</td>
    <td colspan="3" align="center">Porcentagem de pessoas
estimadas a votar</td>
  </tr>
  <tr>
    <td align="center">0</td>
    <td align="center">-1, 0 ou +1</td>
    <td align="center">-2, -1, 0, +1 ou +2</td>
  </tr>
  <tr>
    <td align="center">+2<br>
+1<br>
0<br>
-1<br>
-2</td>
    <td align="center">75<br>
25<br>
2<br>
25<br>
75</td>
    <td align="center">5<br>
27<br>
55<br>
27<br>
5</td>
    <td align="center">25<br>
75<br>
95<br>
75<br>
25</td>
    <td align="center">70<br>
95<br>
100<br>
95<br>
70</td>
  </tr>
  <tr>
    <td align="center" colspan="5" bordercolor="#FFFFFF"><p
align="left">Tabela
- Distribuição dos votos individuais de sensação térmica</p>
  </td>
  </tr>
</table>
</center></div>

<p align="center"><a href="/home.html">Voltar</a></p>

```

```
</body>  
</html>
```

EOF

wbgt.cgi:

```
#!/usr/bin/perl

#####
#####
# CGI desenvolvido por Rogério Moreira Yokota como parte do
# trabalho #
# de formatura para a Escola Politécnica da Universidade de São
# Pau- #
# lo sob orientação do Prof. Alberto Hernandez Neto, que calcula
# o #
# índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) para um dado
# ambiente, de #
# acordo com a norma ISO 7243.
#
# São Paulo, 1999.
#
#####
#####

require 'cgi-lib.pl';

&ReadParse(*data);

# Entrada de dados do formulário
$M=$data{'MET'};
$TNW=$data{'TNW'};
$TG=$data{'TG'};
$TA=$data{'TA'};
$CLI=$data{'R1'};
$SAM=$data{'R2'};

# Cálculo do WBGT para ambientes internos e externos sem carga
solar
if (!( $TA )){
    $WBGT=.7*$TNW+.3*$TG;
}
# Cálculo do WBGT para ambientes externos com carga solar
else {
    $WBGT=.7*$TNW+.2*$TG+.1*$TA;
}

# Valores de referência para pessoas climatizadas com o calor
if ($CLI eq "S"){
    if ($M < 65){
        $REF=33;
    }
    if ($M >= 65 && $M < 130){
        $REF=30;
    }
    if ($M >= 130 && $M < 200){
        $REF=28;
    }
}
```

```

    if ($M >= 200 && $M < 260){
        if ($SAM eq "S"){
            $REF=26;
        }
        else {
            $REF=25;
        }
    }
    if ($M >= 260){
        if ($SAM eq "S"){
            $REF=25;
        }
        else {
            $REF=23;
        }
    }
}
# Valores de referência para pessoas não climatizadas com o
calor
else {
    if ($M < 65){
        $REF=32;
    }
    if ($M >= 65 && $M < 130){
        $REF=29;
    }
    if ($M >= 130 && $M < 200){
        $REF=26;
    }
    if ($M >= 200 && $M < 260){
        if ($SAM eq "S"){
            $REF=23;
        }
        else {
            $REF=22;
        }
    }
    if ($M >= 260){
        if ($SAM eq "S"){
            $REF=20;
        }
        else {
            $REF=18;
        }
    }
}

print &PrintHeader;

# Situação em que há stress térmico
if ($WBGT > $REF){
    $stress="Sim";
    $color="#FF0000";
}
# Situação em que não há stress térmico

```

```

else {
    $stress="Não";
    $color="#008000";
}

# Impressão da saída em HTML
print << "EOF";

<html>

<head>
<meta name="GENERATOR" content="Microsoft FrontPage 3.0">
<title>WBGT</title>
</head>

<body>
<div align="center"><center>

<table border="0" cellpadding="0">
  <tr>
    <td width="100%" colspan="2" bgcolor="#0000FF"><p
align="center"><font color
="#FFFFFF"><strong>Resultado</strong></font></td>
  </tr>
  <tr>
    <td bgcolor="#008080"><strong>WBGT:</strong></td>
    <td bgcolor="#0000FF" width="40" align="center"><font
color="#FFFFFF"><strong>
g>$WBGT</strong></font></td>
  </tr>
  <tr>
    <td bgcolor="#008080"><strong>Valor de
referência:</strong></td>
    <td bgcolor="#0000FF" align="center"><font
color="#FFFFFF"><strong>$REF</str
ong></font></td>
  </tr>
  <tr>
    <td bgcolor="#008080"><strong>Há stress
térmico:</strong></td>
    <td bgcolor="$color" align="center"><font
color="#FFFFFF"><strong>$stress</s
trong></font></td>
  </tr>
</table>
</center></div>

<p>&nbsp;</p>

<table border="1" cellpadding="0" cellspacing="0">
  <caption>Para simples referência:</caption>
  <tr>
    <td rowspan="2" align="center">Classe de grau de
metabolismo</td>
    <td colspan="2" align="center">Grau de metabolismo, M</td>
  </tr>

```

```

        <td colspan="4" align="center">Valor de referência do
WBGT</td>
    </tr>
    <tr>
        <td align="center">Relacionado à unidade de área da
superfície da pele<br>
        W/m^2</td>
        <td align="center">Total<br>
        (para uma área média da superfície da pele de 1,8 m^2)<br>
        W</td>
        <td colspan="2" align="center">Pessoas aclimatizadas com o
calor<br>
        °C</td>
        <td colspan="2" align="center">Pessoas não aclimatizadas com
o calor<br>
        °C</td>
    </tr>
    <tr>
        <td align="center">0 (descansando)</td>
        <td align="center">M &lt; 65</td>
        <td align="center">M &lt; 117</td>
        <td colspan="2" align="center">33</td>
        <td colspan="2" align="center">32</td>
    </tr>
    <tr>
        <td align="center">1</td>
        <td align="center">65 &lt; M &lt; 130</td>
        <td align="center">117 &lt; M &lt; 234</td>
        <td colspan="2" align="center">30</td>
        <td colspan="2" align="center">29</td>
    </tr>
    <tr>
        <td align="center">2</td>
        <td align="center">130 &lt; M &lt; 200</td>
        <td align="center">234 &lt; M &lt; 360</td>
        <td colspan="2" align="center">28</td>
        <td colspan="2" align="center">26</td>
    </tr>
    <tr>
        <td align="center">3</td>
        <td align="center">200 &lt; M &lt; 260</td>
        <td align="center">360 &lt; M &lt; 468</td>
        <td align="center">25</td>
        <td align="center">Movimento sensível do ar<br>
        26</td>
        <td align="center">22</td>
        <td align="center">Movimento não sensível do ar<br>
        23</td>
    </tr>
    <tr>
        <td align="center">4</td>
        <td align="center">M &gt; 260</td>
        <td align="center">M &gt; 468</td>
        <td align="center">23</td>
        <td align="center">25</td>
    </tr>

```

```
<td align="center">18</td>
<td align="center">20</td>
</tr>
<tr>
  <td align="center" colspan="7" bordercolor="#FFFFFF"><p
align="left">Tabela
- Valores de referência para uma dada situação.</td>
</tr>
</table>

<p align="center"><a href="/home.html">Voltar</a></p>
</body>
</html>
```

EOF