

A INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E PESSOAIS NAS SENSAÇÕES TÉRMICAS DOS TRABALHADORES FABRIS E AS RECOMENDAÇÕES DA BIOCLIMATOLOGIA

HACKENBERG, A. M. (1); PEREIRA, J. T. V. (2); LIMA FILHO, E. C. (3)

(1) Lab. Meteorologia/DEC/CCT/UDESC / Cx.P. 631 / CEP: 89223-100 - Joinville/SC/BR

E-mail: amckeg@zaz.com.br

(2) D. Energia/FEM/UNICAMP / CEP: 13083-970 / Campinas/SP/BR E-mail:

tomaz@fem.unicamp.br

(3) L.Biomecânica/FEF/UNICAMP/CEP: 13083-970/Campinas/SP/BR E-mail:

euclides@fef.unicamp.br

RESUMO

As sensações térmicas de trabalhadores foram comparadas em seis indústrias, em duas regiões diferentes no Brasil, com características climáticas e sistemas de controle térmico diferentes. Os parâmetros ambientais foram medidos de acordo com a ISO 7726. A produção de calor metabólico dos trabalhadores foi avaliada conforme a ISO 8996 e a resistência térmica da vestimenta conforme a ISO 9920. As sensações térmicas foram estimadas de acordo com o questionário da ISO 10551 aplicado a 2080 trabalhadores, do sexo feminino e masculino, no inverno e no verão. A influência das condições térmicas ambientais, da resistência térmica da vestimenta e da atividade nas respostas foram analisadas e comparadas com as recomendações da bioclimatologia para as condições de conforto térmico.

ABSTRACT

The thermal sensations of workers were evaluated for six industries, located in two different areas in Brazil, with different climatic characteristics and thermal control systems. Ambient parameters were measured based on the ISO 7726 specifications. The workers' metabolic heat production was evaluated according to ISO 8996 and the clothing thermal resistance according to ISO 9920. The thermal sensations were estimated according to ISO 10551 questionnaire applied to 2080 workers (male and female), both, in winter and summer. The influence of the environmental thermal conditions, clothing thermal resistance and workers activity on the answers of the questionnaire were analyzed and compared with the bioclimatology recommendations for thermal comfort. conditions

1. INTRODUÇÃO

O ser humano responde simultaneamente a diferentes fatores ambientais e a influência de um depende do nível dos outros. Pesquisas efetuadas em diferentes climas identificaram os efeitos da temperatura, umidade e velocidade do ar e da radiação nas respostas fisiológicas e sensoriais do corpo humano. Alguns estudos geraram índices que avaliam o conforto e o “stress” térmico, o rigor fisiológico, o tempo de tolerância e a sensação térmica das pessoas nos ambientes. Os índices biofísicos, fisiológicos ou subjetivos, avaliam o ambiente térmico e apresentam em uma única variável os fatores que o caracterizam e a influência que estes exercem no ser humano.

O Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG), adotado pelas normas ISO 7243 e NR15, envolve a radiação solar, as temperaturas de globo, de orvalho e do ambiente, indica a sobrecarga térmica no trabalho humano e estabelece limites de tolerância ao calor.(ASHRAE, 1993). O Índice de Conforto de Fanger (1970), Voto Médio Estimado (PMV), se baseia no equilíbrio térmico do corpo humano, estimando a sensação térmica dos usuários, através da escala de julgamento da tabela 4,

combinando as variáveis pessoais (atividade e vestimenta) com as variáveis ambientais (temperatura, umidade e velocidade do ar e TRM), em temperaturas ambientais de 18,9°C a 32,2°C.

A bioclimatologia adaptou a edificação às necessidades humanas avaliando o efeito dos elementos climáticos na mesma. A Carta Bioclimática de Olgyay (1963) e o Diagrama Psicrométrico de Givoni (1981), indicam a zona de conforto e as medidas corretivas para a obtenção do conforto térmico nas edificações. Mahoney, num conjunto de quadros, analisa os dados climáticos, avalia o rigor térmico, a umidade e a aridez do clima, e fornece diretrizes de projeto para obtenção de conforto na edificação. (Koenigsberger,1973)

2. PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo foi realizada por Hackenberg (2000) em duas regiões com características climáticas diferentes: Joinville e Campinas. A cidade de Joinville, situada a latitude 26°17'30" sul, no Estado de Santa Catarina, no sul do Brasil, num estuário ao fundo da baía da Babitonga, ao nível do mar e próxima a Serra do Mar possui clima temperado e chuvoso, constantemente úmido, com verões muito quentes. Campinas situada a latitude 22° 53' sul, no estado de São Paulo, no sudeste do Brasil, no planalto, sofre a influência do clima sub-tropical de altitude e apresenta duas estações bem definidas: verões quentes e úmidos e invernos frios e secos.

Em Joinville, foram analisadas duas empresas: um fabricante de compressores (empresa A) e um fabricante de refrigeradores (empresa B) e em Campinas 4 empresas: dois fabricantes de papel e papelão (empresas C e D), um fabricante de ferramentas elétricas (empresa E) e um de autopeças (empresa F). Foram selecionados ambientes termicamente homogêneos, sem fontes radiantes de calor e linhas de montagem com atividades metabólicas dos trabalhadores semelhantes, para avaliar um número maior de usuários sob a mesma condição térmica.

Na empresa A foram avaliados ambientes climatizados e com ventilação forçada, nas empresas B, C e D ambientes com ventilação natural, na empresa E ambientes com ventilação forçada e na empresa F ambientes climatizados e com ventilação natural. As avaliações foram efetuadas no verão e no inverno, pela manhã e a tarde, sendo entrevistados trabalhadores do sexo feminino e masculino. A tabela 1 mostra as abreviações adotadas, a tabela 2 as variações climáticas nos períodos da pesquisa nas duas regiões e a tabela 3 as condições térmicas internas encontradas.

Tabela 1 - Abreviações adotadas

S = Sensação	VN = Ventilação Natural	Tbs = Temperatura de bulbo seco (°C)
P = Preferência	VF = Ventilação Forçada	TRM = Temperatura radiante média (°C)
C = Conforto	AC = ar condicionado central	UR = Umidade relativa do ar (%)
T = Tolerância	M. térmica = massa térmica	Var = Velocidade do ar (m/s)
A = Aceitação	Vent = ventilação	Clo = Resistência térmica da roupa (Clo)
M = manhã	Inv = Inverno	Met = Atividade metabólica (W/m ²)
T = tarde	Ver = verão	Aq = aquecimento

Tabela 2 – Clima no período das pesquisas

Região	Estação	Tbs (°C)	UR (%)	Var (m/s)
Joinville	Verão	19,0 a 34,5	62 a 100	0,0 a 0,2
	Inverno	11,5 a 26,0	62 a 100	0,0 a 0,4
Campinas	Verão	18,0 a 35,0	60 a 93	0,3 a 5,3
	Inverno	6,9 a 26,4	35 a 98	0,0 a 5,5

As temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo e a velocidade do ar, foram medidas, das 9:00 às 17:00 horas, de acordo com a norma ISO 7726. A produção de calor metabólico dos trabalhadores foi avaliada de acordo com a ISO 8996 e a resistência térmica da vestimenta de acordo com a ISO 9920. A sensação térmica dos trabalhadores foi estimada de acordo com o índice PMV da ISO 7730. O Stress térmico foi avaliado com o índice IBUTG, de acordo com a ISO

7243 e a NR15. As características pessoais de idade, altura, peso, vestimenta e atividade dos trabalhadores nos ambientes avaliados foram muito semelhantes.

Tabela 3 - Condições térmicas e índices térmicos nos ambientes avaliados nas empresas

Ambientes		Tbs - °C	UR %	Var m/s	TRM -°C	PMV	IBUTG			
A	Inv	AC	19,5 – 24,3	47 - 73	0,0 – 0,3	21,0 – 25,9	-0,2 a 1,1	16,5 a 19,7		
		VF	16,8 – 25,9	56 - 90	0,0 – 0,6	17,6 – 26,0	-0,2 a 1,1	15,8 a 21,4		
ver	M	AC	19,6 – 26,8	43 - 64	0,0 – 0,3	23,5 – 33,6	-0,4 a 2,1	17,3 a 22,7		
		VF	27,8 – 30,8	64 - 72	0,3 – 2,0	28,3 – 30,9	1,3 a 2,6	25,1 a 26,9		
	T	AC	22,2 – 26,7	44 - 64	0,0 – 0,3	23,5 – 27,8	-0,5 a 2,1	18,4 a 21,5		
		VF	32,4 – 36,6	45 - 60	0,3 – 3,0	33,0 – 38,7	2,4 a 3,0	27,3 a 29,8		
B	Inv	VN	18,5 – 27,5	49 - 88	0,0	19,2 – 27,7	0,0 a 1,7	17,6 a 22,2		
		Ver	M	VN	23,7 – 33,3	54 - 77	0,0 – 2,5	37,0 – 36,0	1,4 a 3,0	22,1 a 28,9
			T	VN	30,2 – 37,5	41 - 64	0,0 – 2,6	31,7 – 37,9	1,9 a 3,0	25,9 a 31,9
C	ver	VN	28,8 – 30,7	54 - 63	0,1 – 0,3	29,6 – 33,9	1,2 a 3,0	23,8 a 26,8		
D	Ver	VN	26,8 – 32,2	59 - 80	0,1 – 0,2	28,9 – 35,9	1,2 a 3,0	24,8 a 28,7		
		Inv	VN	23,6 – 25,3	45 - 56	0,1 – 0,2	25,6 – 29,1	1,2 a 3,0	19,3 a 20,3	
E	Ver	VF	28,3 – 32,4	61 - 72	0,0 – 0,4	28,2 – 32,7	1,3 a 3,0	25,3 a 28,0		
		Inv	VF	21,6 – 29,6	47 - 78	0,0 – 0,2	23,1 – 29,9	-0,1 a 2,2	19,6 a 25,4	
F	Ver	AC	23,7 – 28,0	56 - 74	0,0 – 0,5	24,3 – 28,5	0,9 a 2,2	21,0 a 23,2		
		VN	27,5 – 32,3	50 - 67	0,0 – 1,7	38,4 – 34,6	1,6 a 2,9	24,1 a 27,5		
	Inv	AC	22,2 – 28,2	51 - 61	0,0	22,8 – 27,3	0,1 a 1,7	18,7 a 21,9		
VN		23,8 – 28,1	53 - 69	0,0	25,0 – 29,3	1,0 a 2,3	21,0 a 23,5			

2.1. Sensação Térmica dos Trabalhadores

A sensação térmica dos trabalhadores foi avaliada concomitante com as medições ambientais, aplicando-se o questionário de múltipla escolha da ISO 10551, composto por cinco perguntas sobre sensação, conforto, preferência, aceitação e tolerância térmica utilizando-se as escalas da tabela 4, onde o ponto zero (0) indica conforto térmico ótimo. Na sensação e na preferência térmica os pontos positivos indicam calor e os negativos frio. No conforto e na tolerância, os pontos positivos indicam desconforto e intolerância e na aceitação o ponto positivo indica a não aceitação do ambiente térmico.

Tabela 4 - Escalas de julgamento da ISO 10551

Esc	Sensação	Preferência	Conforto	Tolerância	Aceitação
+4	Muito quente		Extrema/e desconfortável	Intolerável	
+3	Quente	Muito mais quente	Muito desconfortável	Muito difícil de tolerar	
+2	Morno	Mais quente	Desconfortável	Difícil de tolerar	
+1	Levemente morno	Pouco mais quente	Pouco desconfortável	Pouco difícil de tolerar	Inaceitável
0	Neutro	Ótimo	Confortável	Tolerável	Aceitável
-1	Levemente fresco	Pouco mais frio			
-2	Fresco	Mais frio			
-4	Muito frio				

As respostas dos 2080 trabalhadores entrevistados, nos diferentes climas e ambientes industriais, foram separadas em grupos, utilizando-se critérios de sexo, de ambientes e períodos de trabalho anuais e diários e reagrupadas por semelhança de frequência. Em sua grande maioria a classificação por frequência de respostas (Tabela 3) coincidiu com a classificação por ambiente. Não foram encontradas diferenças significativas entre os sexos e em Joinville, no inverno, entre os turnos. No verão, nos mesmos ambientes, houve diferenças significativas entre os períodos matutino e vespertino. Em Campinas, devido ao horário das pesquisas, não foi possível efetuar a análise diferenciada por turno.

Estas respostas geraram dados categóricos, cujas distribuições de frequência, ajustam-se a distribuição de Poisson, onde a média é igual a variância, que é o quadrado do desvio padrão. Na análise da combinação das respostas duas a duas, constatou-se a correlação entre as respostas. Esta associação foi

avaliada aplicando-se o coeficiente de contingência de Pearson, fixando-se um nível de significância de 5% no Chi-square Test, para testar a dependência das respostas. Nos ambientes climatizados as combinações foram dependentes entre si e nos ambientes com ventilação natural e forçada, algumas foram independentes e outras dependentes.

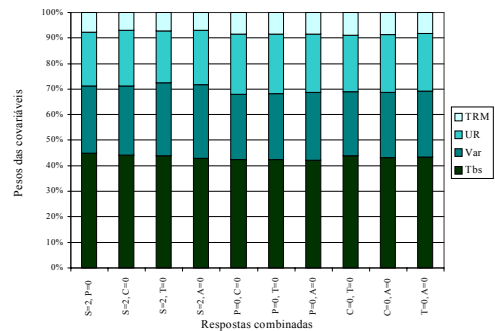
As respostas dos questionários, denominadas variáveis, refletem o que o trabalhador sente no ambiente de trabalho e as condições ambientais, a resistência térmica da vestimenta e a atividade, denominadas covariáveis, influenciaram estas respostas. Para verificar a relação das variáveis com as covariáveis utilizou-se a modelagem linear generalizada, aplicando-se a função GLM no programa S-plus 4.5, tendo como suporte a distribuição de Poisson.

Examinou-se a influência das covariáveis nas combinações das respostas duas a duas, quando estas são dependentes nos ambientes da Tabela 3. Nas respostas com alta frequência, avaliou-se quais as covariáveis que poderiam estar favorecendo tal evento, utilizando-se a teoria estatística de Componentes Principais, que atribui pesos as covariáveis em jogo. Ajustou-se com probidade a relação entre as covariáveis e as respostas, como por exemplo a influência das condições térmicas, nas respostas de sensação “quente” e preferência “pouco mais frio” nos ambientes. Para apresentar com detalhes a influencia das covariáveis nas variáveis foram selecionados os ambientes climatizados na empresa A e os ambientes com ventilação natural na empresa B.

Na empresa A, no inverno, nos ambientes climatizados a Tbs exerceu a maior influência na satisfação ao ambiente térmico dos 268 trabalhadores entrevistados, seguida da velocidade do ar, e UR (Tabela 5). A influência da Tbs, UR e Var ultrapassou um pouco os 90 %.(Figura 1) A atividade dos trabalhadores foi considerada homogênea e a influência da vestimenta foi insignificante devido a homogeneidade da mesma.

Tabela 5 e Figura 1 – Pesos das covariáveis nas respostas - Empresa A – Inverno - AC

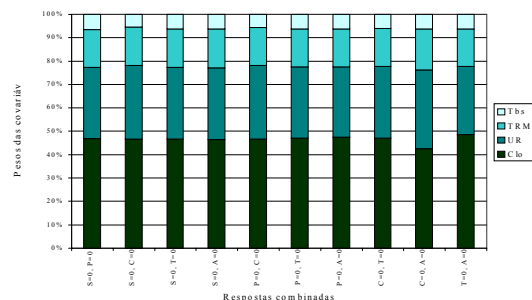
Variáveis		Pesos das Covariáveis				
Categories	Nº	Tbs	Var	UR	TRM	Clo
S= 2 P= 0	48	1.68	0.98	0.79	0.29	---
S= 2 C= 0	44	1.64	1.01	0.81	0.26	---
S= 2 T= 0	60	1.73	1.13	0.81	0.28	---
S= 2 A= 0	76	1.72	1.15	0.85	0.28	---
P= 0 C= 0	112	1.54	0.93	0.85	0.31	---
P= 0 T= 0	130	1.51	0.91	0.83	0.30	---
P= 0 A= 0	152	1.51	0.94	0.82	0.30	---
C= 0 T= 0	154	1.56	0.90	0.78	0.32	---
C= 0 A= 0	160	1.55	0.91	0.81	0.31	---
T= 0 A= 0	201	1.57	0.94	0.81	0.30	---



Na empresa B, no inverno, nas 319 pessoas entrevistadas, a vestimenta apresentou a maior influência nas respostas combinadas analisadas, seguida da UR, TRM e Tbs, (Tabela 6) mostrando que em um ambiente sem controle térmico, num clima não muito rigoroso, a vestimenta é uma maneira do ser humano obter conforto térmico. A roupa foi responsável por quase 50% nas respostas de satisfação ao ambiente térmico (Figura 2). Adicionando-se a ela a UR, a influência na satisfação aproximou-se dos 80% e acrescentando a TRM ultrapassou os 90 %. A atividade dos trabalhadores foi considerada homogênea e devido a baixa velocidade do ar o anemômetro não a registrou.

Tabela 6 e Figura 2 - Pesos das covariáveis nas respostas - Empresa B - inverno – VN

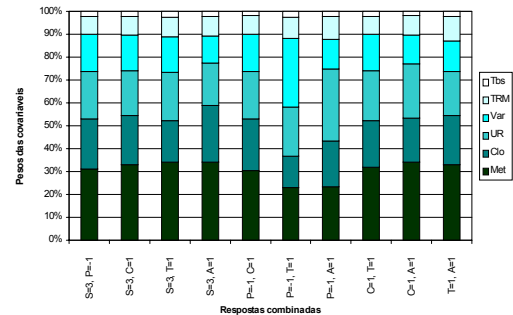
Variáveis		Pesos das covariáveis			
Categories	Nº	Clo	UR	TRM	Tbs
S= 0 P= 0	97	1.52	0.99	0.53	0.21
S= 0 C= 0	116	1.47	0.99	0.52	0.17
S= 0 T= 0	116	1.49	0.98	0.52	0.20
S= 0 A= 0	119	1.48	0.98	0.53	0.20
P= 0 C= 0	193	1.50	1.02	0.52	0.18
P= 0 T= 0	208	1.57	1.01	0.54	0.21
P= 0 A= 0	209	1.57	1.00	0.53	0.21
C= 0 T= 0	253	1.53	1.00	0.52	0.20
C= 0 A= 0	261	1.24	0.98	0.51	0.18
T= 0 A= 0	290	1.61	0.97	0.53	0.21



Na empresa B, no verão, a tarde, 198 pessoas foram entrevistadas. A baixa velocidade do ar exerceu a maior influência na insatisfação ao ambiente térmico (Tabela 7), seguida alternadamente pela atividade, vestimenta e UR. A Var, o Clo, a atividade e a UR correspondem a aproximadamente 80% da influência nas respostas combinadas (Figura 3). A TRM e a Tbs exerceram a menor influência.

Tabela 7 e Figura 3 – Pesos das covariáveis nas respostas- empresa B - verão - tarde - VN

Vaiáveis		Pesos das Covariáveis						
Categorias	Nº	Var	Met	Clo	UR	TRM	Tbs	
S=3	P=-1	61	1.24	0.39	1.00	0.91	0.74	0.20
S=3	C=1	47	1.34	0.51	0.70	0.93	0.62	0.28
S=3	T=1	44	1.22	0.46	0.73	0.97	0.64	0.24
S=3	A=1	57	0.99	0.69	1.33	0.90	0.55	0.22
P=-1	C=1	52	1.32	0.71	0.84	0.99	0.52	0.23
P=-1	T=1	49	1.08	1.24	0.80	0.83	0.64	0.16
P=-1	A=1	61	1.08	1.19	1.24	0.77	0.59	0.17
C=1	T=1	39	1.25	1.13	0.79	0.92	0.57	0.25
C=1	A=1	39	1.16	1.10	0.76	0.94	0.57	0.21
T=1	A=1	62	1.11	1.29	0.67	1.03	0.61	0.22



2.2. Recomendações da Bioclimatologia

As condições climáticas dos dias das pesquisas foram aplicadas ao diagrama psicrométrico de Givoni (1981), à carta bioclimática de Olgay (1973) e às tabelas de Mahoney. Em Joinville, no inverno, com temperaturas externas variando de 11,5 a 26,0°C a bioclimatologia recomenda aquecimento solar passivo e pela massa térmica da edificação nos horários mais frios e ventilação nos horários mais quentes para a obtenção de conforto térmico. No verão com temperaturas ambientais externas variando de 19,0 a 34,5°C indica a condição de conforto térmico no início da manhã, e nos horários mais quentes recomenda ventilação climatização.

Em Campinas, no inverno, com temperaturas externas variando de 6,9 a 26,4°C, para a obtenção de conforto recomenda, no início da manhã, aquecimento ativo, passando a aquecimento solar passivo e pela massa da edificação e nos horários mais quentes indica conforto térmico. No verão, com temperaturas ambientais externas variando de 18,0 a 35,0°C, indica a condição de conforto no início da manhã, e recomenda ventilação e climatização no decorrer do dia.

As influências das covariáveis nas respostas combinadas foram comparadas com as recomendações da bioclimatologia para a obtenção ou melhoria das condições de conforto térmico. A tabela 9 mostra um resumo das influências em ordem decrescente nos ambientes analisados e as respectivas recomendações da bioclimatologia.

2.2.1. Ambientes com Ar Condicionado Central

Em Joinville, no inverno, na empresa A, quando a bioclimatologia recomenda aquecimento solar passivo e pela massa térmica da edificação pela manhã, passando a situação de conforto e ventilação a tarde, o índice PMV indicava conforto na maior parte do tempo e desconforto moderado em alguns momentos. Nestas condições, a satisfação térmica foi influenciada, principalmente pela temperatura de bulbo seco (Tbs), demonstrando que o ar condicionado estava cumprindo seu papel. As demais influências foram a velocidade do ar (Var), umidade relativa do ar (UR) e temperatura radiante média (TRM) em ordem decrescente. A atividade dos trabalhadores (MET) foi considerada homogênea e a variação da resistência térmica da vestimenta (Clo) foi tão pequena que a análise estatística a desconsiderou. (Tab. 5 e Fig. 1)

No verão, pela manhã, iniciando com conforto térmico e passando a recomendação de ventilação, o PMV variou de conforto a desconforto moderado e a insatisfação térmica foi influenciada pela atividade, seguida do Clo, UR e TRM. A tarde, com recomendação de ventilação e climatização, o

PMV também variou de conforto a desconforto moderado e a satisfação dos trabalhadores foi influenciada principalmente pelo Clo, seguida da atividade e UR. Nos dois períodos a Tbs e a Var exerceram as menores influências.

Tabela 9 – Influência das covariáveis e as recomendações da bioclimatologia

Ambiente		Covariáveis		Recomendações da bioclimatologia	
A	AC	Ver	M	Met, Clo, UR, TRM, Var, Tbs	Conforto, ventilação
			T	Met, Clo, UR, TRM, Var, Tbs	Ventilação, ar condicionado
		Inv		Tbs, Var, UR, TRM	Aq. solar passivo / m. térmica, conforto, vent.
VF	Ver	M	Var, Clo, UR, Met, Tbs, TRM	Conforto, ventilação	
		T	Met, Var, Clo, UR, TRM, Tbs	Ventilação, ar condicionado	
	Inv		Var, Clo, UR, TRM, Tbs	Aq. solar passivo / m. térmica, conforto, vent.	
B	VN	Ver	M	Met, Clo, UR, Var, TRM, Tbs	Conforto, ventilação
			T	Var, Met, Clo, UR, Tbs, TRM	Ventilação, ar condicionado
	Inv		Clo, UR, TRM, Tbs	Aq. solar passivo / m. térmica, conforto, vent.	
C	VN	Ver		Met, Var, Clo, Tbs, UR, TRM	Conforto, ventilação, ar condicionado
D	VN	Ver		Met, UR, Tbs, TRM, Clo, Var	Conforto, ventilação, ar condicionado
		Inv		Clo, Tbs, Met, TRM, UR	Aq. solar passivo / massa térmica, conforto
E	VF	Ver		Tbs, Clo, UR, Met, Var, TRM	Conforto, ventilação, ar condicionado
		Inv		Clo, Var, Met, Tbs, UR, TRM	Aq. solar passivo / massa térmica, conforto
F	AC	Ver		Clo, Tbs, Met, UR, TRM	Conforto, ventilação, ar condicionado
		Inv		Clo, Tbs, Met, UR, TRM	Aq. solar passivo / massa térmica, conforto
	VN	Ver		Var, Met, Tbs, Clo, UR, TRM	Conforto, ventilação, ar condicionado
		Inv		Met, Clo, Tbs, Var, UR, TRM	Aq. solar passivo / massa térmica, conforto

Em Campinas, no inverno e no verão, com diferentes recomendações da bioclimatologia, nos ambientes climatizados na empresa F, o PMV variou de conforto a desconforto moderado e a satisfação térmica foi influenciada pelo CLO, seguida da Tbs e atividade alternadamente. A influência da UR e da TRM foram insignificantes. O anemômetro não registrou a baixa velocidade do ar.

2.3.2. Ambientes com Ventilação Natural

Em Joinville, no inverno, na empresa B, com recomendação de aquecimento solar passivo e pela massa da edificação, seguida de conforto e indicação de ventilação, o PMV variou de conforto a desconforto moderado e o Clo exerceu a maior influência na satisfação, seguido da UR, TRM e Tbs, mostrando que, em climas não muito rigorosos, na falta de aquecimento ambiental artificial, o aquecimento do corpo humano é suprido pela vestimenta. A atividade foi considerada homogênea e o anemômetro não registrou a baixa velocidade do ar. (Tab.6 e Fig.2)

No verão, na empresa B, iniciando a manhã com conforto e passando a recomendação de ventilação, o PMV indicou desconforto e a atividade exerceu a maior influência na insatisfação, seguida do Clo, UR, Var, TRM e Tbs em ordem decrescente. A tarde, com recomendação de ventilação e climatização, e o PMV e o IBUTG indicando desconforto e stress térmico, a insatisfação térmica foi influenciada pela baixa velocidade do ar, seguida da atividade, Clo, UR, Tbs e TRM. (Tabela 7 e Figura 3)

Em Campinas, no inverno, com indicação de aquecimento solar passivo e pela massa da edificação no início da manhã e passando a situação de conforto, na empresa D, o PMV variou de desconforto moderado a desconforto e a satisfação térmica foi influenciada pelo Clo, seguida da Tbs e da atividade alternadamente, e por último pela TRM e UR. A influência da Var, nos poucos locais em que o equipamento a registrou, foi insignificante. Na empresa F, o PMV indicou desconforto moderado a desconforto e a satisfação foi influenciada pela atividade, seguida do Clo, Tbs e UR. A influência da TRM foi insignificante. Nestes ambientes o Clo médio dos trabalhadores estava abaixo do considerado pelas normas para atividades sedentárias. Como a atividade dos trabalhadores foi moderada, um clo mais baixo pode ter ajudado a dissipar o calor gerado pelo organismo ao ambiente.

No verão, com conforto térmico no início do dia e passando a recomendação de ventilação e climatização, em todas as empresas o PMV indicou desconforto. Na empresa C, a insatisfação foi influenciada pela atividade, seguida da baixa velocidade do ar, Clo, Tbs, UR e TRM. Na empresa D, devido ao reduzido número de funcionários entrevistados, as respostas combinadas geraram amostras pequenas impossibilitando uma análise confiável. Nas poucas interações obtidas, a atividade e o Clo exerceram a maior influência na insatisfação, seguida da UR. Nos poucos registros da velocidade do ar, esta foi significativa. A Tbs exerceu alguma influência e a da TRM foi insignificante. Na empresa F, a baixa velocidade do ar foi a maior responsável pela insatisfação, seguida da atividade, Tbs e Clo alternadamente. A influência da UR foi pequena e a da TRM insignificante.

2.3.3. Ambientes com Ventilação Forçada

Em Joinville, no inverno, com recomendações de aquecimento solar passivo e pela massa da edificação, passando a conforto e ventilação, na empresa A, nos ambientes com ventilação forçada, o PMV indicou conforto e a Var exerceu a maior influência nas respostas de satisfação, seguida do Clo, UR e TRM e Tbs. A atividade do trabalhador foi considerada constante

No verão, com conforto no início da manhã e recomendação de ventilação e climatização no decorrer do dia, pela manhã, o PMV indicou desconforto e a insatisfação foi influenciada pela Var, seguida do Clo, UR e atividade. A influência da Tbs e TRM foram insignificantes. A tarde, quando o PMV indicou desconforto e o IBUTG stress térmico a maior responsável pela insatisfação foi a atividade, seguida da Var, Clo, UR e TRM e Tbs.

Em Campinas, no inverno, com recomendações de aquecimento solar passivo e pela massa da edificação e passando a situação de conforto, na empresa E, nos ambientes com ventilação forçada, o PMV variou de conforto a desconforto moderado e o Clo exerceu a maior influência na satisfação ao ambiente térmico, seguida da Tbs e da atividade. A influência da UR foi pequena e a da TRM insignificante. No verão, com conforto no início da manhã e recomendação de ventilação e climatização no decorrer do dia, o PMV indicou desconforto e a insatisfação foi influenciada pela Tbs seguida do Clo, UR, atividade e Var respectivamente. A influência da TRM foi insignificante.

3. CONCLUSÃO

A avaliação das sensações térmicas dos trabalhadores brasileiros de duas regiões com climas distintos, Joinville, SC e Campinas, SP, foi efetuada utilizando a metodologia proposta pela ISO, caracterizando o ambiente térmico e o trabalhador, objeto de estudo. O caráter multidisciplinar do trabalho envolveu conhecimentos de conforto térmico e estatística, obedecendo três etapas distintas: o planejamento, a pesquisa e a análise dos dados coletados. O cuidado na escolha dos ambientes foi um fator importante no planejamento, principalmente ao delimitar o problema a ser estudado. A organização dos dados e a respectiva análise foram resultados do planejamento efetuado.

A estatística foi uma ferramenta valiosa na análise dos dados multivariados, mostrando a distribuição de frequência, a combinação e a dependência entre as respostas dos questionários. A modelagem linear generalizada identificou a influência das condições ambientais térmicas, da vestimenta e da atividade dos trabalhadores nas respostas. A análise de componentes principais deu pesos às covariáveis nas respostas combinadas, mostrando que uma pesquisa e uma análise estatística bem fundamentadas podem orientar as soluções de problemas de conforto ambiental.

No verão, nos ambientes não climatizados, a vestimenta, a atividade, a UR e a baixa velocidade do ar exerceram uma grande influência na insatisfação térmica dos usuários. Em climas quentes e úmidos, a atividade aumenta a produção de calor do corpo humano, e a vestimenta, a ventilação insuficiente e a alta UR dificultam a perda deste calor. Em ambientes quentes e úmidos, termicamente homogêneos, sem fontes radiantes de calor e sem necessidade de vestimenta de proteção, roupas leves, que facilitem a perda do calor do corpo humano são uma opção para minimizar o desconforto térmico.

Em ambientes climatizados as influências da atividade e da resistência térmica da vestimenta (Clo) sobre a sensação de conforto dos trabalhadores foram mais significativas. A influência do Clo foi mais

significativa quando a diferença entre os ambientes interno e externo era maior. A influência da atividade ocorreu como esperada. Uma atividade mais intensa requereu uma temperatura de conforto mais baixa e vice-versa.

No inverno, com temperaturas próximas da faixa de conforto, a satisfação dos trabalhadores foi influenciada principalmente pela resistência térmica do uniforme, em todos os ambientes. Nos ambientes com ventilação forçada a velocidade do ar exerceu uma forte influência e nos ambientes climatizados a maior influência foi da temperatura do ar. A influência da TRM foi insignificante em todas as empresas devido a não existência de fontes radiantes de calor..

Foi observado que as edificações poderiam ter suas condições de conforto melhoradas se em seus projetos tivessem sido observadas as recomendações da bioclimatologia, como orientação adequada a trajetória do sol, direção e intensidade dos ventos predominantes, isolamento e inércia térmica.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE *of Fundamentals Handbook*, 1993.

ABNT Norma Regulamentadora: NR-15 - Atividades e Operações Insalubres 1993:

FANGER, P. O. *Thermal Comfort*, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.

GIVONI, BARUCH. (1981) *Man, Climate and Architecture*. London: Applied Science, 2^o ed.

HACKENBERG, A. M. *Conforto e Stress Térmico em Indústrias: Pesquisas efetuadas nas regiões de Joinville, SC e Campinas, SP* Campinas: FEM, UNICAMP, 2000. Tese.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7726: 1985, Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities.

_____. ISO 7243: 1989, Hot environments – Estimation of heat stress on working man, WBGT

_____. ISO 7730: 1994, Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD

_____. ISO 8996: 1990, Ergonomics – Determination of imetabolic heat production.

_____. ISO 9920: 1995, Ergonomics of thermal environments -resistance of clothing ensemble.

_____. ISO DIS 10551: 1995, Assessment of the influence of the thermal environment

Koenigsberger, O. et all. *El Clima y el Diseno de Casas*. Nueva York, Naciones Unidas, 1973.

Mathsoft, Inc. *S-plus User's Guide*. Version 4.5 Seattle, Washington, 1998.

OLGYAY, V. *Design with Climate*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1973.