



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

ERGONOMIA DE AMBIENTES CONSTRUÍDOS – ADEQUABILIDADE TÉRMICA DE SALAS DE AULA NA UTFPR - CAMPUS PONTA GROSSA

Ana Caroline Dzulinski (1); Evandro Eduardo Broday (2); Antônio Augusto de Paula Xavier (3)

- (1) Acadêmica de Engenharia de Produção em Controle e Automação, Bolsista Fundação Araucária - acdzulinski@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(2) Acadêmico de Engenharia de Produção Mecânica, Grupo de Ergonomia em Processos Produtivos - evandrobroyday@ibest.com.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(3) Doutor em Engenharia – Professor do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – augustox@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida Monteiro Lobato s/n – Km 04, CEP 84016-210, Ponta Grossa, Paraná, Telefone: +55 (42) 3220-4800.

RESUMO

A ergonomia pode ser conceituada como a aplicação de conhecimentos científicos relativos ao homem, necessários para conceber ferramentas, máquinas, ambientes e dispositivos que possam ser utilizados pelo maior número de pessoas com o máximo de conforto e eficiência. Sendo assim, é possível ligar a Ergonomia à concepção e adequação de espaços internos onde são desenvolvidas atividades laborais, inclusive ambientes educacionais. Dentre os vários fatores que influenciam no desenvolvimento educacional pode-se destacar também o conforto térmico. Logo, este trabalho tem como objetivo analisar a adequabilidade térmica dos ambientes de salas de aula de maneira analítica, a partir da obtenção do percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente por quatro interpretações distintas dos dados de sensação e preferência térmica. O percentual de pessoas insatisfeitas foi obtido de 04 (quatro) maneiras distintas, a partir da interpretação de seus votos de sensação térmica. Na primeira interpretação, foram considerados como insatisfeitos os ocupantes que votaram +2, +3, -2 e -3 na escala de sensações térmicas, modelo este constante na Norma ISO 7730:1994 e adaptado na Norma ISO 7730:2005. A segunda interpretação é que todas as pessoas que votaram diferente de zero na escala de sensações de 7 (sete) pontos também seriam consideradas insatisfeitas. A terceira interpretação leva em consideração que metade das pessoas que votaram +1 e -1 na escala de sensações, e também os que votaram em +2, +3, -2 e -3 eram também insatisfeitas, enquanto que a quarta interpretação partiu do entendimento de que as pessoas que votaram +1 e -1 na escala de sensações e não votaram em zero na escala de preferências térmicas, além dos votos em +2, +3, -2 e -3, seriam insatisfeitas. O método utilizado para este trabalho foi a coleta de dados com equipamentos devidamente aferidos e também através de questionários respondidos por 190 (cento e noventa) alunos, nos quais os mesmos manifestavam seus votos de sensações e preferências térmicas nos respectivos ambientes. Após esta coleta, os dados foram tratados estatisticamente por ajustes não lineares, e os resultados da pesquisa mostraram que a interpretação de Fanger (1970), foi o que apresentou a melhor aderência com a realidade do local.

Palavras-chave: Conforto Térmico, Sensação Térmica, Ambiente Escolar.

ABSTRACT

Ergonomics can be defined as the application of scientific knowledge relating to man, necessary to develop tools, machines, environment and devices that can be used by a great number of people, with the maximum comfort and efficiency. Therefore, it is possible to connect to the ergonomics design and adequacy of internal spaces where work activities, including educational environment, are developed. Among the many factors influencing the educational development, it may also be highlighted thermal comfort. Therefore, this

study aims to examine the suitability of thermal environment of classrooms analytically, from obtaining the percentage of people dissatisfied with the environment through four distinct interpretations of the data sensation and thermal preference. The percentage of dissatisfied people was obtained from 04 (four) different ways, from the interpretation of their votes of thermal sensation. In the first interpretation, it was considered as dissatisfied, those people who voted +2, +3, -2 and -3 in the range of thermal sensations. This model is in ISO 7730:1994, having been adapted for use in ISO 7730:2005. The second interpretation states that all people who voted differently from zero in the range of sensations of 7 (seven) points would also be considered unsatisfied. The third interpretation takes into account that half the people who voted +1 and -1 in the range of sensations, and the ones who voted in +2, +3, -2 and -3 were dissatisfied, while the fourth interpretation comes from the understanding that people who voted +1 and -1 in the range of sensations and did not vote on a scale of zero thermal preferences, and voted in +2, +3, -2 and -3, were not satisfied. The method used for this study was to collect data with properly calibrated equipment and through questionnaires answered by 190 (one hundred ninety) students, in which they manifested their feelings and preferences of votes in their respective thermal environment. After this collection, the data were treated statistically by non-linear adjustments, and the survey results stated that Fanger's interpretation (1970), showed the best adherence to the actual site.

Keywords: Thermal Comfort, Thermal Sensation, School Environment.

1. INTRODUÇÃO

Um ambiente agradável é primordial para o bom desempenho de qualquer atividade. Entre as diversas variáveis que tornam um ambiente propício de bons rendimentos, o conforto térmico tem destaque. O estudo voltado ao conforto térmico é baseado principalmente em três fatores: a satisfação do homem, a performance humana e a conservação de energia. (LAMBERTS e XAVIER, 2002)

Em um ambiente escolar segundo a norma ISO 7730:2005 referente a ergonomia de ambientes térmicos, a atividade desempenhada é sedentária. Nogueira e Nogueira (2003) destacam entre os diversos fatores que influenciam a aprendizagem, a condição térmica do ambiente. Tal afirmativa não foge à realidade de qualquer ambiente destinado às atividades que exigem eficiência humana, pois assim como Lamberts e Xavier (2002) citam, os resultados de muitas pesquisas não são conclusivos a respeito da relação entre conforto térmico e performance, porém, a tendência de que o desconforto térmico reduz a eficiência das atividades desempenhadas é clara. Essa tendência torna-se mais evidente quando se trata de atividades intelectuais, assim como manuais e perceptivas.

O conforto térmico de um ambiente não pode ser analisado, portanto, levando-se em consideração apenas informações referentes às condições físicas do local, mas também às sensações e preferências das pessoas submetidas a esse ambiente. Frota e Schiffer (2005) subdividem as variáveis relativas ao conforto térmico em três grandes grupos:

- Biofísicos: são as variáveis referentes às trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente;
- Fisiológicos: Reações inerentes ao funcionamento do corpo humano que são estimuladas a partir de variáveis ambientais;
- Subjetivos: São as variáveis obtidas a partir de sensações subjetivas de cada ocupante do ambiente;

Tais variáveis estão presentes em qualquer tipo de ambiente, sendo moderado ou não. Coutinho (2005) define como ambiente moderado aquele que não propicia calor ou frio extremo, havendo possibilidade de conforto térmico ou de condições ligeiramente desconfortáveis. Tendo em vista que o ambiente analisado nesse trabalho caracteriza-se como moderado, e que o objetivo está relacionado a uma análise analítica, utiliza-se como uma forma de referência a norma ISO 7730:2005 destinada à determinação e interpretação analítica do conforto térmico a partir dos índices de voto médio estimado (PMV) e percentual de pessoas insatisfeitas (PPD).

A interpretação sobre o que é um ambiente termicamente confortável sugerida pela norma ISO 7730:2005 tem como base os estudos do dinamarquês Povl Ole Fanger, que em 1970 criou um modelo para estimar a opinião das pessoas a respeito do aspecto térmico do ambiente que ocupam, chamado de Voto Médio Estimado (PMV), que considera as variáveis envolvidas no balanço térmico do corpo humano. Para isso, Fanger submeteu as pessoas em câmaras climáticas onde as variáveis ambientais relacionadas ao conforto térmico eram modificadas em cada teste. Depois de um intervalo de tempo, cada pessoa expressava sua sensação térmica de acordo com uma escala semelhante a da Figura 1. (COUTINHO, 2005)

+ 3	Hot	+ 3	Quente
+ 2	Warm	+ 2	Aquecido
+ 1	Slightly warm	+ 1	Levemente Aquecido
0	Neutral	0	Neutro
- 1	Slightly cool	- 1	Levemente Fresco
- 2	Cool	- 2	Fresco
- 3	Cold	- 3	Frio

Figura 1- Escala de sensação térmica de sete pontos. (ISO 7730:2005)

Foi constatado que a sensação térmica possuía relação com uma percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD), obtendo a equação citada pela norma ISO 7730:2005 (Equação 1). Fanger obteve a relação da equação do PPD considerando como insatisfeitos todos os ocupantes do ambiente que votaram na escala de sensações (Figura 1) em uma das seguintes opções: -3,-2,+2 e +3. A partir da curva da equação dos insatisfeitos obtida, para que a condição de conforto seja dita como ótima (PMV=0) haverá um equivalente de 5% de insatisfeitos (PPD). (COUTINHO, 2005)

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad \text{Equação 1}$$

A ISO 7730:2005 apresenta três interpretações distintas para conforto térmico a partir dos insatisfeitos, considerando como fator para determinação de qual interpretação seguir, o desconforto térmico local. São três categorias, sendo que a categoria (B) cita a interpretação obtida através das análises de Fanger, onde o ambiente é dito confortável se tiver no máximo 10% de votos de insatisfeitos, com os valores de PMV situados entre +0,5 e -0,5.

Outras formas de interpretação do conforto térmico a partir da análise das sensações foram publicadas, sendo que Araújo (1996) em estudo de ambientes escolares na região nordeste do Brasil, considerou como insatisfeitos todos os votos na escala de sensação térmica (Figura 1) que não fossem zero (Neutro).

Xavier (1999) em estudo do conforto térmico em estudantes na região sul do Brasil (Florianópolis, SC), utilizou duas interpretações distintas dos votos de sensação e preferência térmica do ambiente para determinar a adequabilidade térmica do mesmo. Uma delas considera como insatisfeitos todos os votos em -3, -2,+2 e +3, e também 50% dos que votaram em +1 e -1. A outra interpretação sugerida por Xavier (1999) considera como insatisfeitos os votos em -3, -2,+2 e +3 e também aqueles que votaram em -1 e +1 e que não preferiam continuar com essa sensação, marcando votos diferentes de zero da escala das preferências (Figura 2).

- 3	Bem mais aquecido
- 2	Mais aquecido
- 1	Um pouco mais Aquecido
0	Assim mesmo
+ 1	Mais refrescado
+ 2	Um pouco mais Refrescado
+ 3	Bem mais Refrescado

Figura 2- Escala de Preferência. (ISO 10551:95)

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é avaliar analiticamente a adequabilidade térmica de onze salas de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ponta Grossa, a partir de quatro interpretações distintas dos votos de sensação e preferência térmica para determinação de insatisfeitos com o

ambiente, sendo uma das interpretações referente ao estudo de Fanger (1970), outra interpretação segundo Araújo (1996), e as duas últimas são interpretações distintas elaboradas por Xavier (1999).

3. MÉTODO

Para análise da adequabilidade térmica das onze salas de aula da UTFPR campus Ponta Grossa, o método é composto basicamente pela coleta de dados por meio de equipamento devidamente aferido, questionários e pela análise estatística dos dados por meio de ajuste não-linear.

3.1. Coleta de dados

Os dados utilizados para realização desse artigo foram coletados no mês de Maio do ano de 2009 por Soares (2009). Antes de iniciar a coleta dos dados seguindo as recomendações da norma ISO 7726:1998, efetuou-se um estudo piloto para determinação do tamanho de amostra e ponto significativo de medições de temperatura, onde as salas não eram ocupadas por alunos, apenas pelo pesquisador. Como os ambientes são uniformes, ou seja, não possui variedade de móveis e distribuição de lugares a serem ocupados, a área de avaliação foi dividida em 15 pontos significativos formando uma malha retangular (Figura 3) onde posteriormente, o ponto mais significativo é aquele que mais se aproxima do valor da média de todos os pontos. Este ponto é utilizado para medições definitivas de variáveis ambientais. (SOARES, 2009)

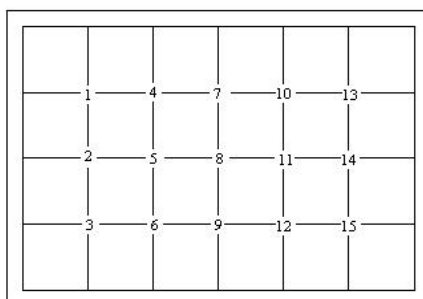


Figura 3- Malha retangular. (SOARES, 2009)

Os dados ambientais foram obtidos com auxílio de um aparelho que realiza medições da temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura de globo nos pontos de maior significância, em horários de aula com alunos e professores presentes em sala de aula em situação cotidiana. Os dados pessoais foram obtidos a partir de questionários onde as seguintes questões foram apresentadas:

1. Sexo, altura, idade e massa;
2. Vestimenta;
3. Sensação térmica de acordo com a escala de sete pontos (Figura 1);
4. Preferência térmica de acordo com a escala de sete pontos (Figura 2).

No total, cento e noventa (190) alunos responderam aos questionários, homens e mulheres situados na faixa etária entre 17 e 25 anos. Onze salas de aula foram analisadas não estando o total de alunos distribuídos uniformemente para cada ambiente. Tendo em vista que o trabalho tem como foco o estudo analítico do conforto térmico, mais especificadamente voltado para valores de sensação e preferência térmica, as condições que levam a um estudo adaptativo não foram levadas em consideração.

Outro fator característico do presente trabalho relacionado ao método é que apenas valores obtidos com os questionários foram utilizados. Ou seja, uma curva de sensação e preferência foi obtida mas não com valores calculados de PMV e PPD, e sim com valores reais obtidos.

3.2. Tratamento de dados

O tratamento dos dados no presente trabalho foi realizado especificadamente sobre duas variáveis pessoais: sensação e preferência térmica. Como já citado anteriormente, o conforto térmico está relacionado com o número de insatisfeitos com o ambiente. Para cada interpretação dos votos de sensação e preferência térmica, obtém-se o percentual de insatisfeitos. Sendo assim, para a interpretação segundo Fanger, há possibilidade de $x\%$ de insatisfeitos para cada uma das 11 salas, seguindo a mesma lógica para as outras 3 interpretações consideradas neste trabalho.

A partir das porcentagens de insatisfeitos obtidas para cada interpretação, é necessário verificar qual a correlação dos dados. Ou seja, em quanto os percentuais de insatisfeitos condizem com os dados de

satisfeitos que foram assinalados nos questionários. Para obter a correlação utilizou-se a equação de PPD (Equação 1) disponível na Norma ISO 7730:2005.

A pesar do uso da equação do PPD (que é obtido através do PMV, sendo esse calculado), a variável PMV é substituída pelos valores reais de sensação térmica (valores marcados na escala de sete pontos), e o PPD é substituído pela porcentagem de insatisfeitos obtidas pelas 4 interpretações distintas. O propósito é obter, além do coeficiente de correlação, os coeficientes da equação que levem ao melhor ajuste da curva. Logo, a equação de PPD pode ser reescrita como a Equação 2, onde a , b e c serão calculados para melhor ajustar a curva de acordo com os valores de insatisfeitos e sensações. Para tal cálculo, devido a complexidade utilizou-se programa computacional de estatística (Statistica 6.0).

$$\text{Insatisfeitos} = 100 - a \cdot e^{-(b \cdot \text{Sensação}^4 + c \cdot \text{Sensação}^2)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Insatisfeitos é a porcentagem de insatisfeitos segundo cada modelo, ou seja, para o modelo de Fanger assume-se (I1), para Araújo (I2), para o primeiro modelo de Xavier (I3), e para o segundo (I4);

a, b e c são coeficientes da fórmula de PPD que para essa análise serão obtidos com auxílio de um software onde é feito o ajuste não linear, esses coeficientes são determinados de forma que o coeficiente de correlação seja o melhor possível;

Sensação é o valor real de sensação térmica dos ocupantes do ambiente, o qual é obtido através do questionário com a escala de sete pontos;

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Como início da análise dos resultados, apresenta-se a seguir os valores relevantes às médias das sensações térmicas em cada sala assim como a temperatura média. Ressaltando que as sensações são as reais, ou seja, são as sensações obtidas através dos votos de cada ocupante do ambiente.

Tabela 1: Dados

Data (2009)	SALAS	Temperatura Média (C°)	Média de Sensações Térmicas
06/mai	G-107	21,9	0,22
06/mai	H-001	20,2	0,08
08/mai	H-207	21,9	0,50
12/mai	G-106	27,7	1,13
18/mai	G-105	20,7	0,47
19/mai	G-103	21,5	0,12
19/mai	G-104	22,6	0,10
20/mai	LCD	19,4	-1,00
26/mai	G-005	19,5	0,42
27/mai	C-104	20,7	-0,20
29/mai	G-101	20,2	0,21

Com os dados dos questionários referentes à sensação térmica, foram avaliadas as porcentagens de insatisfeitos em cada sala. Para isso, primeiramente considerou-se a interpretação dos votos segundo Fanger, caracterizando como insatisfeitas todas as pessoas que marcaram na escala +3,-3,-2 e +2. Todos os votos em +1 e -1 além do zero foram considerados como satisfeitos, ou confortáveis. A Tabela 2 ilustra o resumo da porcentagem de insatisfeitos (I1) segundo a interpretação de Fanger.

A segunda análise (I2 da Tabela 2) dos insatisfeitos foi feita a partir da interpretação de Araújo (1996), onde os insatisfeitos são todos aqueles que não votaram em zero (neutro). A Tabela 2 ilustra o resumo da porcentagem de insatisfeitos segundo Araújo (1996).

A terceira análise foi baseada nos estudos de Xavier (1999) (I3 da Tabela 2), onde os insatisfeitos são aqueles que votaram em +3,-3,-2 e +2, e ainda 50% daqueles que votaram em +1 e -1. Xavier (1999) considerou dessa forma porque a escala de sete pontos não apresenta a faixa de aceitação térmica citada na norma 7730:1994 correspondente a +0,5 e -0,5.

Outra consideração de insatisfeitos feita por Xavier (1999) diz que se o indivíduo votou +1 ou -1, e assinalou em zero na preferência térmica, o mesmo sente-se confortável, ou ainda, satisfeito. Portanto são considerados insatisfeitos aqueles que além dos votos +3,-3,-2 e +2, votaram em +1 e -1 e não preferiam continuar com essa sensação, ou seja, não votaram em zero na escala de preferências. A Tabela 2 ilustra o resumo de insatisfeitos segundo essa percepção (I4).

Tabela 2: Resumo da percentagem de insatisfeitos segundo Fanger (I1), Araujo (I2) e Xavier (I3 e I4).

SALAS	Insatisfeitos			
	I1	I2	I3	I4
G-107	0,00%	44,44%	22,22%	11,11%
H-001	8,00%	52,00%	30,00%	28,00%
H-207	8,33%	50,00%	29,17%	33,33%
G-106	25,00%	87,50%	56,25%	87,50%
G-105	0,00%	73,33%	36,67%	40,00%
G-103	2,94%	55,88%	29,41%	41,18%
G-104	0,00%	70,00%	35,00%	50,00%
LCD	20,00%	80,00%	50,00%	40,00%
G-005	13,89%	66,67%	40,28%	50,00%
C-104	0,00%	60,00%	30,00%	40,00%
G-101	7,14%	85,71%	46,43%	64,28%

4.1. Análise dos insatisfeitos, considerando como insatisfeitos apenas aqueles que votaram +2, +3, -2 e -3 na escala de sensações térmicas de sete pontos.

Utilizando o software Statistica 6.0, os dados de sensação térmica e percentagem de insatisfeitos segundo o modelo de Fanger, ou seja, votaram diferente de +1 ou -1 na escala de sete pontos, foram expostos ao programa, que forneceu a seguinte Equação 3 e o gráfico da Figura 4:

$$I1 = 100 - (99,9705) \cdot e^{-(0,371e^{-4S^4}) - (0,001688 \cdot S^2)} \quad \text{Equação 3}$$

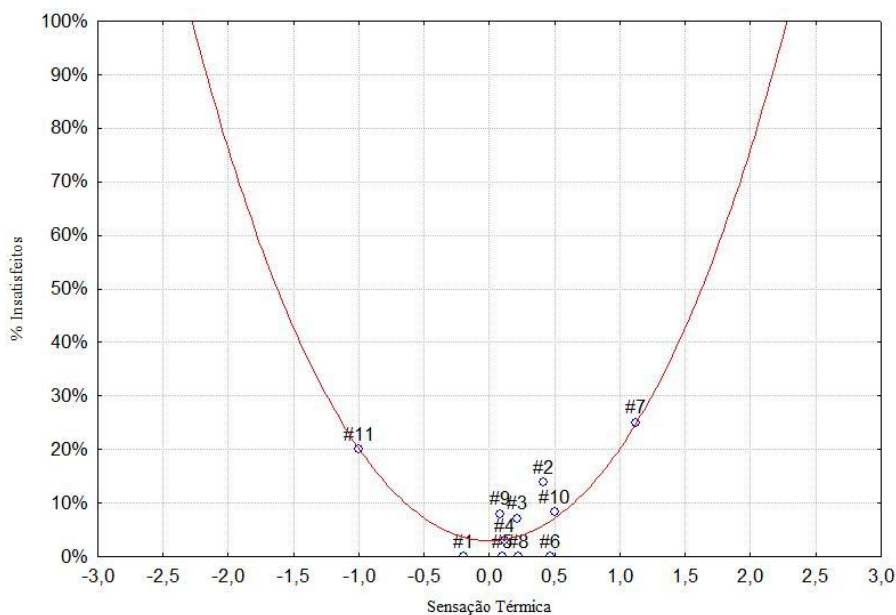


Figura 4- Relação não linear entre os insatisfeitos considerando aqueles que não votaram +1 ou -1 na escala de sete pontos.

O coeficiente de correlação para essa relação é de 0,8690.

4.2. Análise dos insatisfeitos, considerando como insatisfeitos todos os que votaram +1, +2, +3, -1, -2, -3 na escala de sensações térmicas.

Essa análise é embasada nos estudos de Araújo (1996), a qual estabeleceu como insatisfeitos todos aqueles que quando avaliados votaram em qualquer ponto da escala de sete pontos que não fosse referente à neutralidade (zero). A Equação 4 foi obtida através do software *Statistica* assim como o gráfico da Figura 5 que ilustra a relação não linear entre a porcentagem de insatisfeitos e a sensação térmica.

$$I2 = 100 - (99,3871) \cdot e^{-(0,001161 \cdot S^4) - (0,645e-3 \cdot S^2)} \quad \text{Equação 4}$$

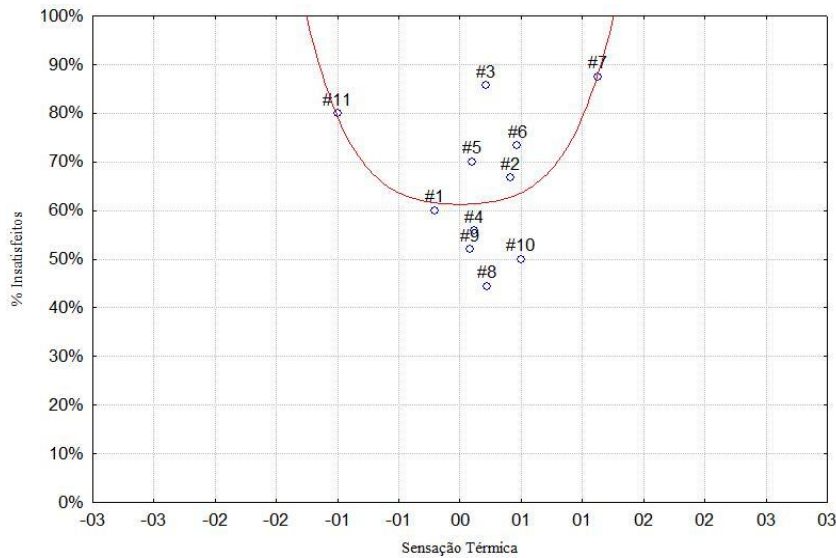


Figura 5- Relação não linear entre os insatisfeitos considerando aqueles que não votaram em zero na escala de sete pontos.

O coeficiente de correlação para essa relação é de 0,6063.

4.3. Análise dos insatisfeitos, considerando como insatisfeitos 50% dos que votaram +1 ou -1 na escala de sete pontos de sensações térmicas.

Essa análise considerou como insatisfeitos todos aqueles que não votaram em +1 e -1 além de zero, e ainda 50% dos que votaram em +1 e -1. A Equação 5 foi obtida através da relação linear assim como o gráfico da Figura 6.

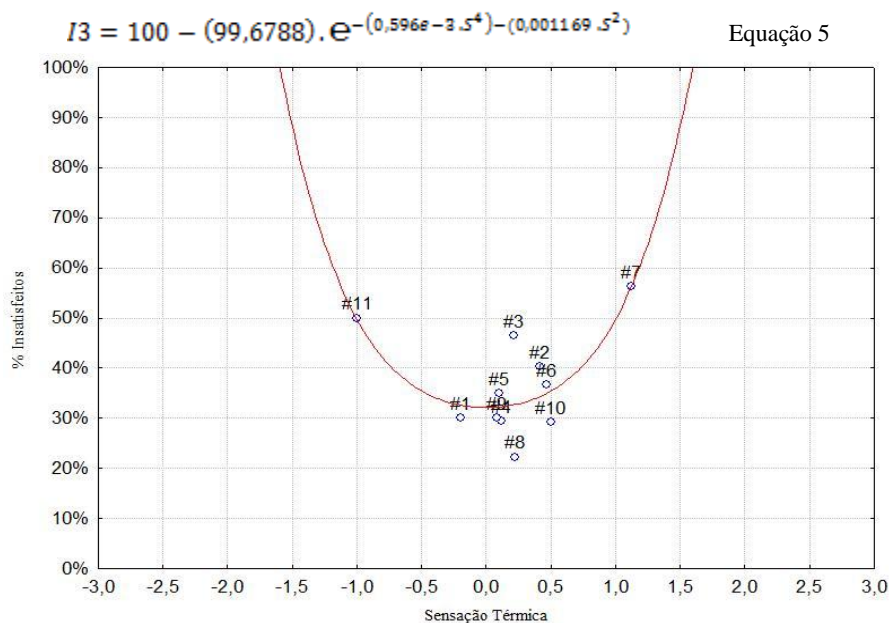


Figura 6- Relação não linear entre os insatisfeitos considerando aqueles que não votaram em +1 e -1, zero e 50% dos que votaram em +1 e -1 na escala de sete pontos.

O coeficiente de correlação para essa relação é de 0,79073.

4.4. Análise dos insatisfeitos, considerando como insatisfeitos todos os que votaram +1 e -1 e mantiveram essa posição na escala de preferências térmicas.

Nesta última análise foram considerados como insatisfeitos aqueles que além de votarem em +2,-2,+3 e -3, os que votaram em +1 ou -1 e na escala de sensação e não optaram em continuar com essa sensação, ou seja, votaram diferente de zero na escala de preferência térmica. A Equação 7 foi dada a partir da relação não linear apresentada no gráfico da Figura 7.

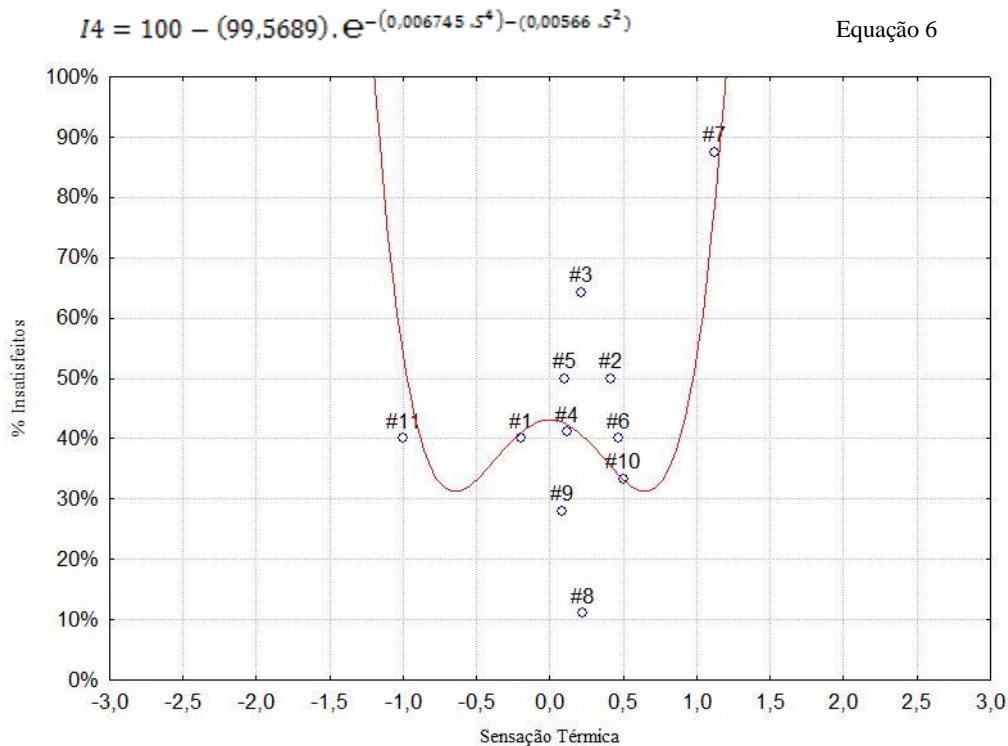


Figura 7- Relação não linear considerando os votos de insatisfeitos quando mantiveram em +1 e -1 na escala de sete pontos.

O coeficiente de correlação para essa relação é de 0,6566.

5. CONCLUSÕES

De acordo com a norma ISO 7730:2005, na categoria B de ambientes térmicos, um ambiente é considerado confortável quando apresenta no máximo 10% dos ocupantes insatisfeitos. Portanto, considerando os resultados obtidos e utilizando as quatro interpretações dos insatisfeitos com base em suas sensações reais e preferências é visto que de acordo com a primeira análise feita (onde os insatisfeitos são aqueles que votaram diferente de +1 e -1), três salas apresentam-se fora do que é dito como “confortável termicamente”. A sala G-005 apresentou 13,89% de seus ocupantes insatisfeitos, o laboratório LCD apresentou 20% de insatisfeitos e a sala G-106 apresentou 25% de insatisfeitos. Portanto, das onze salas apenas três não são consideradas confortáveis.

A segunda análise considera como insatisfeitos todos aqueles que não votaram “zero” na escala de sete pontos. Por ser bem restrita a consideração sobre satisfeitos, o número de salas que não se apresentam confortáveis termicamente aumentou. Nenhuma sala pode ser dita confortável, como é apresentado na Tabela 2, pois não há nenhuma sala com porcentagem inferior a 10% de insatisfeitos. A sala que apresentou o maior número de insatisfeitos foi a sala G-106 (87,5%), a sala com menor número de insatisfeitos foi a G-107 (44,44%).

A terceira interpretação considerou como insatisfeitos todos os votos diferentes de +1 e -1 e zero, mas ainda considera como voto de insatisfação 50% dos votos +1 e -1. Segundo essa análise nenhuma sala é considerada confortável, tendo a sala G-107 a menor porcentagem de insatisfeitos (22,22%) e a sala G-106 a maior porcentagem de insatisfeitos (56,25%).

A quarta análise, onde os insatisfeitos são aqueles que votaram diferente de +1 e -1 e ainda aqueles que mesmo tendo votado em +1 e -1 não votaram em zero na escala de preferência, nenhuma sala apresentou porcentagem de ambiente confortável. Todos os resultados são maiores que os 10% aceitáveis de insatisfeitos. A sala G-106 mais uma vez apresentou o maior número de insatisfeitos (87,50%) e a sala G-107 o menor percentual de insatisfeitos (11,11%).

Apesar das quatro análises diferirem entre si, as quatro apresentaram a mesma sala como a mais confortável de acordo com o número de insatisfeitos, assim como a menos confortável. A sala G-106 possui como média de insatisfeitos dos quatro modelos, 64,06% dos seus ocupantes. A sala G-107 possui como média de insatisfeitos 19,442% de seus ocupantes.

Com a análise do conforto térmico das onze salas de aula da UTFPR campus Ponta Grossa, verificou-se com base nos coeficientes de correlação de cada interpretação que a que possui a maior relação entre os dados é a de Fanger, sendo essa análise a que levou a equação de PMV presente na Norma 7730:2005. O coeficiente de correlação é de 0,86, o que significa que há uma relação de aproximadamente 86% dos dados considerados. Logo, para que sejam possíveis análises adaptativas posteriores a esse estudo, deve-se considerar a interpretação de Fanger onde as salas G-005, o laboratório LCD e a sala G-106 foram apontadas como inadequadas termicamente, partindo da categoria B da Norma ISO 7730:2005 que considera como ambiente inadequado o que apresenta mais de 10% de insatisfeitos. Observando-se as temperaturas do ar de cada sala, as três salas apontadas como inadequadas são as que possuem os picos de temperatura, sendo a G-106 a mais quente com 27,7 graus Celsius, e a sala G-005 e o laboratório LCD com as temperaturas mais baixas, sendo 19,5 e 19,4 graus Celsius respectivamente, o que pode ser uma confirmação dos números de insatisfeitos mais elevados. Como o presente trabalho tem como foco uma análise analítica, não serão discutidas as outras variáveis que interferem no conforto térmico dessas salas, podendo ser realizadas a partir de análises adaptativas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. São Paulo, 1996. Tese de Doutorado - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- COUTINHO, A. S. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho**. 2 ed., João Pessoa: Universitária, 2005.
- FROTA, A.B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel, 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**, ISO 7730, 2005.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales**, ISO 10551. Genebra, 1995
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities**. ISO 7726, Geneva, 1998.
- LAMBERTS, R. XAVIER, A.A.P. **Conforto térmico e Stress Térmico**. Laboratório de Eficiência Energética e Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2002.
- NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. de S. **Educação, Meio Ambiente e Conforto Térmico: caminhos que se cruzam**, 2003. Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- SOARES, A. L.; BAMBERG, A.L. XAVIER, A. A. P. **Análise do conforto ambiental e lumínico das salas de aula da UTFPR-Campus Ponta Grossa**. Relatório final de atividades de Iniciação Científica, Agosto 2009.
- XAVIER, A.A.P.; LAMBERTS, R. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**, 1999. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia de Produção, 1999.
- XAVIER, A.A.P.; LAMBERTS, R. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentária-Teoria física aliada a estudos de campos**, 2000. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia de Produção, 2000.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pelo apoio ao projeto de Iniciação Científica, bem como pelo apoio necessário à apresentação dos respectivos resultados.