



PROPOSTA DE ZONA DE CONFORTO TÉRMICO OBTIDA A PARTIR DE ESTUDOS DE CAMPO EM FLORIANÓPOLIS.

A A P Xavier¹ & R Lamberts²

1 - Engenheiro Civil, MSc.

Universidade Federal de Santa Catarina – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – Unidade de Pato Branco.

Rodovia Amaro Antonio Vieira 2740, Bl.B aptº 303. CEP 88034-101 Florianópolis/SC

Fone: +55 (48) 334-3393 e-mail: augusto@labeee.ufsc.br

2 - Engenharia Civil – PhD.

Universidade Federal de Santa Catarina – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

Centro Tecnológico Trindade - Núcleo de Pesquisa em Construção. CEP 88040-900 Florianópolis/SC

Fone: +55 (48) 331-7090 e-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO:

A obtenção e determinação de uma zona de conforto térmico, ou o estabelecimento de limites recomendáveis para a obtenção do conforto térmico das pessoas usuárias de edificações, sempre foi um objetivo dos estudos realizados por vários autores sobre conforto térmico. A Norma ISO 7730 (1994), em seu anexo D, propõe limites de conforto recomendáveis baseados na percentagem de pessoas insatisfeitas, PPD, com o ambiente. Esse artigo visa apresentar uma proposta de zona de conforto obtida a partir de estudos de campo realizados com estudantes do 2º grau em Florianópolis-SC, tendo em vista as reais sensações térmicas relatadas pelos estudantes, e o percentual mínimo de pessoas desconfortáveis nas salas de aula, em função das variáveis ambientais. Para tal, foram realizadas análises estatísticas de regressão probit ou normit (Gujarati, 1988).

ABSTRACT:

The determination of a thermal comfort zone, and the establishment of recommended limits of thermal comfort, has been the objective of studies carried out by several authors. The ISO Standard 7730 (1994), annex D, proposes recommended comfort limits based on the predicted percentage of dissatisfied with the environment (PPD). This paper aims to present a proposal for a comfort zone obtained from field studies carried out with high school students in Florianópolis-SC, based on actual sensations reported by the students, and the minimal percentual of dissatisfied people in classroom, as function of environmental variables. For this end, statistical regression analysis probit or normit (Gujarati, 1988), were performed.

1 Introdução

Os poucos dados nacionais existentes a respeito das condições de conforto térmico acerca do povo brasileiro, especificamente das condições acerca de estudantes no desempenho de suas atividades escolares, faz com que parâmetros e limites estipulados em outros países, de condições climáticas bastante diversas das nossas, sejam aqui utilizados quando necessário. Essa ausência de dados era praticamente total até meados de 1996, quando então foram publicados os resultados de pesquisa efetuada por Araújo, (1996), em ambientes escolares do litoral nordestino brasileiro, mais notadamente no Rio Grande do Norte. Apesar da publicação desse trabalho ainda é muito limitado o banco de dados nacionais a respeito do assunto, principalmente em outras regiões do Brasil, haja visto as dimensões continentais do país.

Segundo recente trabalho de autoria de Dear, (1998), a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*) está montando um banco de dados mundial a respeito de condições de conforto térmico (ASHRAE RP 884) onde ficam bem enfatizados os locais onde possuem dados a esse respeito e nota-se que nem o Brasil, nem tampouco a América do Sul figuram entre eles. A figura 1 abaixo, ilustra a distribuição dos locais onde dados a respeito de pesquisas sobre conforto térmico.

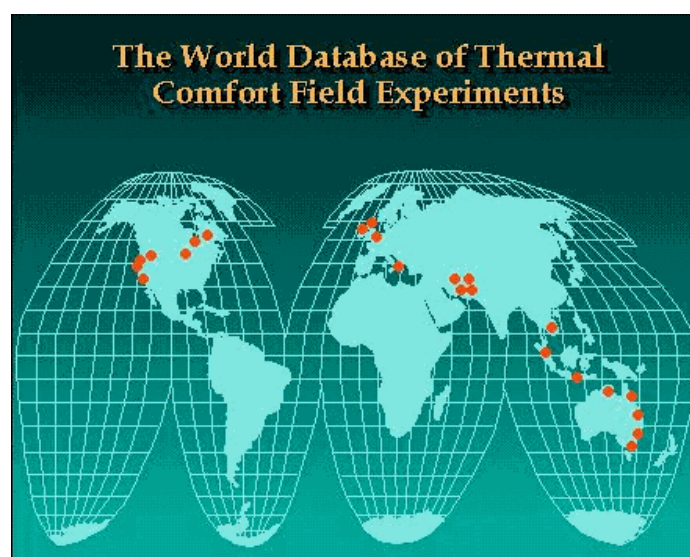


Fig. 1: Pesquisas de conforto térmico englobadas pelo banco mundial de dados da ASHRAE

Na concepção da maioria dos projetos das escolas brasileiras, nem mesmo os dados extraídos da literatura estrangeira tem sido observados, quer seja, por uma falta de normalização específica, quer seja por problemas de ordem econômica e financeira.

A partir da década de 70, devido à grande necessidade de se expandir o nº de salas de aula na Brasil, aliado a escassez de recursos para atender a tal demanda, iniciaram-se e implementaram-se em grande escala os projetos de edificações escolares padrões, isto é, o mesmo tipo de escola construída no Sul do Brasil era também construída no Norte, com as mesmas especificações, sem levar em consideração as diferenças regionais. É fácil imaginar que duas edificações com as mesmas características construtivas, construídas em dois locais com climas totalmente distintos, como por exemplo Curitiba e Belém no mês de agosto para o qual as temperaturas médias retiradas do ano climático de referência, TRY, (Goulart, 1997), são respectivamente da ordem de 13,8°C e 26,5°C com amplitudes médias de 12,0°C e 9,4°C, forneçam sensações térmicas totalmente diferenciadas em seus usuários.

Olgay (1963), foi o primeiro pesquisador a propor um procedimento sistemático para adaptar o projeto de uma edificação aos requerimentos humanos e condições climáticas. Seu método está baseado em uma carta bioclimática apresentando a zona de conforto humano em relação à temperatura e umidade do ar ambiente, temperatura radiante média, velocidade do vento, radiação solar e resfriamento evaporativo. Seu método envolveu os seguintes passos: coleta de dados climáticos (temperatura, ventos, radiação e umidade); tabulação dos dados em uma base anual e construção de uma série de cartas mostrando a distribuição anual dos elementos climáticos; plotagem dos dados tabulados de temperatura e umidade do ar em uma carta bioclimática.

Segundo Givoni (1969), o método de Olgay é limitado em sua aplicabilidade, uma vez que a análise dos requerimentos fisiológicos está baseada sobre o clima externo e não sobre o microclima esperado no interior da edificação em questão.

Posteriormente aos estudos de Olgay (1963), uma metodologia proposta por Givoni (1969), utilizou o Índice de Estresse Térmico para avaliar os requerimentos humanos para o conforto. Essa metodologia envolve os seguintes passos: análise do clima; opções para aquisição de condições internas para conforto em climas quentes; plotagem das variáveis climáticas na carta psicrométrica.

Outros estudos realizados, buscaram também estabelecer zonas de conforto ou limites de conforto, tendo em vista os requerimentos humanos (*Evans 1980; Fanger 1972; Humphreys 1978; Lotersztain e Murature 1974; Mahoney 1971; Rivero 1985; Szokolay 1987; Vogt e Miller-Chagas 1970; apud Roriz e Basso 1991*).

O objetivo do presente artigo, é apresentar os resultados obtidos através de estudos de campo realizados em Florianópolis com alunos de 2º grau realizando atividades escolares. O estudo completo foi realizado durante todo o ano letivo de 1997, com mais de 1400 dados subjetivos e 65 conjuntos de dados ambientais coletados (Xavier, 1999).

2 Resultados obtidos das análises estatísticas

Para a execução das análises estatísticas de regressão probit, o percentual máximo de pessoas insatisfeitas considerado como aceitável para a faixa de conforto (Xavier, 1999), foi de 30%. Os gráficos das figuras 3 e 4 apresentam os limites aceitáveis para conforto, para a temperatura do ar e para a umidade relativa.

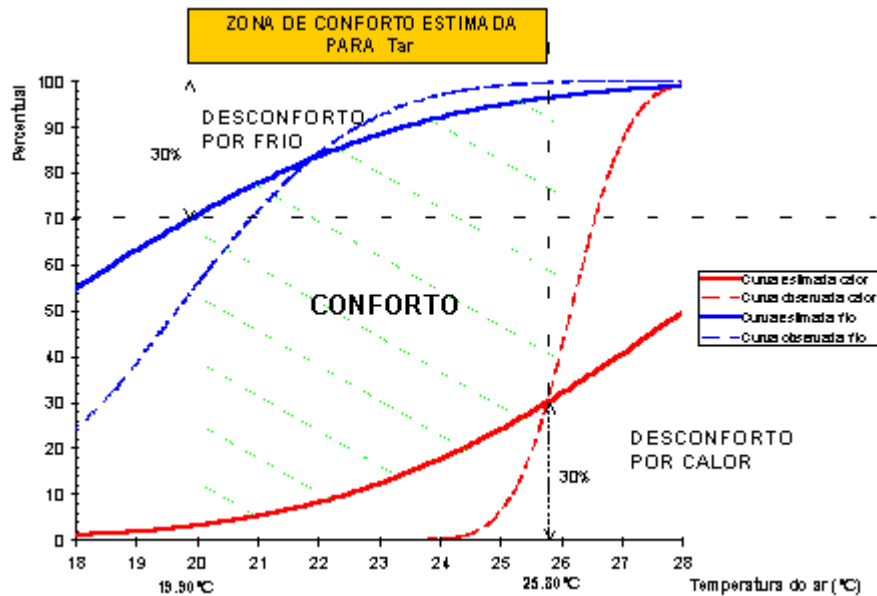


Fig 3: Curvas limites de conforto em função da temperatura do ar

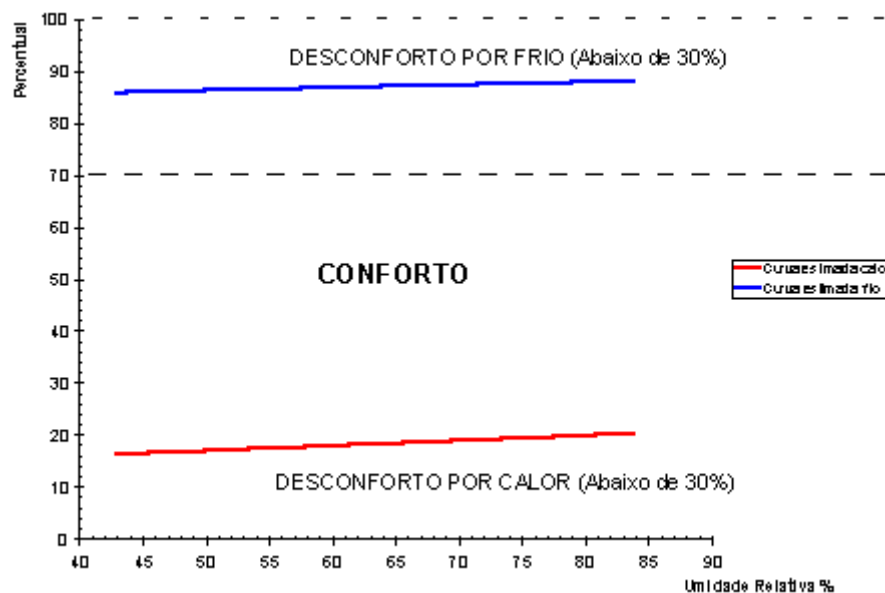


Fig 4: Curvas limites de conforto em função da umidade relativa do ar

Observa-se, por esse gráfico, que não constam as curvas da análise probit para os dados observados, sendo os estimadores da regressão suspeitos e não válidos, pois as variações da umidade relativa do ar verificadas não eram responsáveis por percentagem de insatisfeitos superiores a 30%. As curvas estimadas de percentual de insatisfeitos em função da umidade relativa da figura 4 também mostraram a não dependência entre os dois parâmetros, umidade relativa e insatisfeitos superiores a

30%. Dentro da amplitude de umidade relativa constatada nas pesquisas, de 43% a 83%, o percentual de insatisfeitos permaneceu praticamente constante.

Devido à inconsistência da análise de regressão não linear efetuada com os dados dessa variável, foi realizada a mesma análise para outro parâmetro psicrométrico tal como a temperatura de bulbo úmido, T_{bu} , em °C, cujos resultado encontra-se apresentado na figura 5 abaixo.

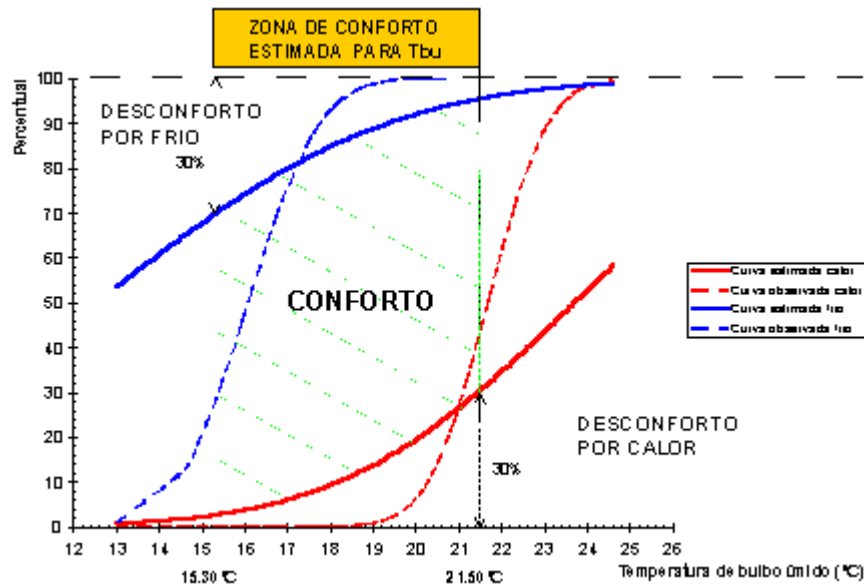


Fig 5: Curvas limites de conforto em função da temperatura de bulbo úmido

Além dos limites obtidos pelas análises probit, procurou-se também estabelecer os limites para a umidade relativa do ar, os quais combinados com os limites obtidos para a temperatura do ar, de 19,90° a 25,80°C, façam com que a sensação predita de conforto térmico, S_p , dada pela expressão oriunda de análise de regressão múltipla entre as variáveis ambientais e as sensações reais verificadas no estudo, se situe dentro da faixa de aceitabilidade térmica, -0,5 a +0,5 (Xavier, 1999).

A figura 6 apresenta esses limites, determinados por análise de regressão probit e pela equação de regressão para as sensações preditas, inseridos na carta psicrométrica, bem como as linhas propostas.

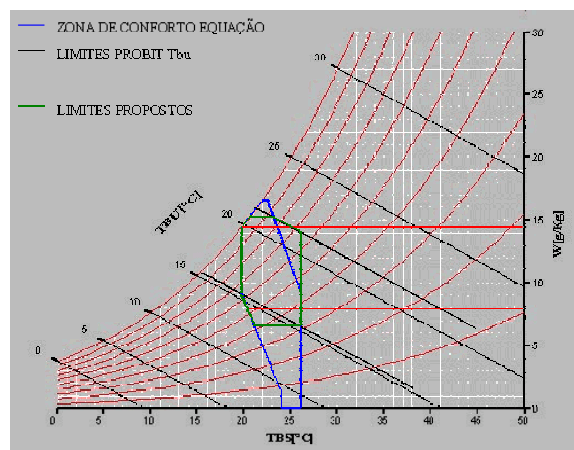


Fig 6: Limites de conforto obtidos e propostos, inseridos na carta psicrométrica

A figura 7 apresenta uma visualização comparativa entre a zona de conforto proposta por esse trabalho e a zona de conforto proposta por Givoni, (1992), para países em desenvolvimento e adotada para o Brasil, (Goulart, 1997).

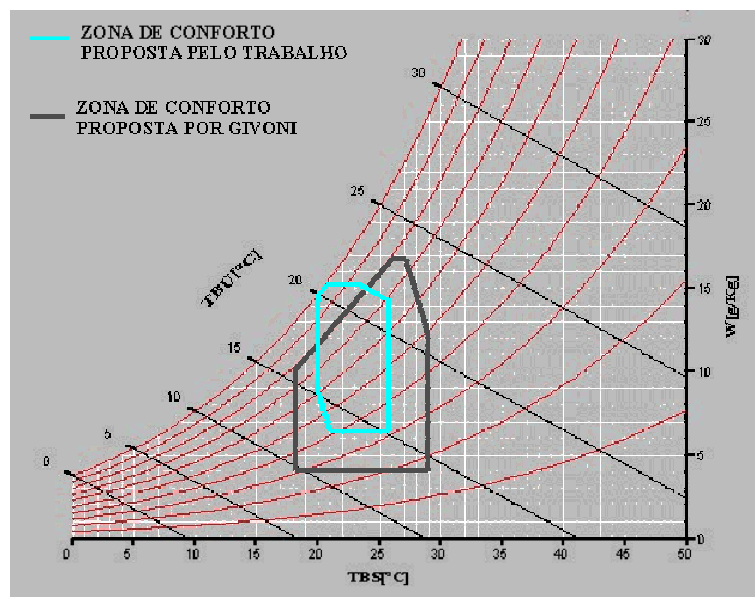


Fig. 7: Zonas de conforto, propostas por esse trabalho e por Givoni.

3 Conclusões

Ao se comparar a zona de conforto proposta pelos dados obtidos pelo trabalho, com a zona de conforto proposta por Givoni, (1992), para países em desenvolvimento, observa-se que ao contrário dos estudos daquele autor, os estudantes aqui pesquisados apresentam-se mais sensíveis com relação às variações da temperatura do ar. O limite inferior da temperatura, para conforto, foi da ordem de 20°C, enquanto o previsto por Givoni, era da ordem de 18°C. O limite superior da temperatura, para conforto, foi da ordem de 26°C, enquanto o previsto pelo autor era da ordem de 29°C. Esse fato observado pode ser explicado pelo fato de que quando da proposta de Givoni para a zona de conforto apresentada, foi considerado como países em desenvolvimento aqueles onde a maioria das pessoas não estivesse habituada a conviver com sistema de condicionamento de ar, e em situações climáticas mais extremas, estando dessa maneira mais adaptados ao calor e ao frio. Como as temperaturas observadas durante o trabalho foram bastante amenas, situação normal de Florianópolis e Sul do Brasil, clima temperado, se aproximando das condições ambientais a que estão acostumadas as pessoas dos países desenvolvidos, era natural que os limites de temperatura aceitos como confortáveis pelas pessoas dessa região se aproximasse dos limites desejados pelas pessoas dos países desenvolvidos. Pelos estudos de Givoni, os limites aceitos como confortáveis para os países desenvolvidos são de 20°C e 27°C respectivamente.

A maior divergência porém ocorreu com o limite máximo aceito para a umidade relativa do ar, pois a zona de conforto proposta por Givoni, tanto para países desenvolvidos como em desenvolvimento prevê esse máximo em torno de 80%, enquanto esse estudo mostrou que para temperaturas próximas a 20°C esse limite aceito pode atingir até 100% sem que isso acarrete em prejuízo ao conforto térmico das pessoas.

4 Referências bibliográficas

Araújo, V. M. D. (1991): *Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro*. Tese de Doutorado - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Dear, R. J. (1998): "Global Database of Thermal Comfort - Field Experiments". *ASHRAE Transactions*: v. 104, p. 1141-1151, Atlanta.

Givoni, B. (1969): *Man, Climate and Architecture*: Applied Science Publishers LTD Londres.

_____ (1992): "Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines". *Rev. Energy and Buildings*: v. 18, n. 1, p. 11-23, Lausanne.

Goulart, S., Lamberts, R., Firmino, S. (1997): *Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras*: Núcleo de Pesquisa em Construção - UFSC, Florianópolis.

Gujarati, D. N. (1988): *Basic Econometrics.*, Book Company, Cap.15: Regression on Dummy Dependent Variable: LOGIT and PROBIT Models. McGraw-Hill, New York

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

Olgay, V.; Olgay, A. (1963): *Design with climate*. Princeton University Press, Princeton.

Roriz, M.; Basso, A. (1991): "Comparação entre dez critérios para a definição da zona de conforto térmico". *Anais do I Encontro Nacional de Normalização ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações*. p. 57-76 Florianópolis.

Xavier, A. A. P. (1999): *Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.*. Dissertação de Mestrado – UFSC. Florianópolis.