

## **OBTENÇÃO DE ZONA DE CONFORTO UTILIZANDO O MÉTODO DE REGRESSÃO PROBIT E O MÉTODO DAS MÉDIAS ASSOCIADAS PARA AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE OURO PRETO**

**Pablyne Sant'Ana Cristeli (1); Henor Artur de Souza (2)**

(1) Engenheira Civil, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,  
paycristeli@hotmail.com

(2) Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Construção Metálica da Escola de Minas, henorster@gmail.com

Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil, Núcleo de Pesquisa em Conforto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Ouro Preto – MG, 35400-000, Tel.: (31) 3559-1482

### **RESUMO**

A crescente preocupação com o bem-estar humano no interior das edificações tem resultado no desenvolvimento de métodos de conforto adaptativos que contribuam para a avaliação do conforto térmico, condição diretamente relacionada com o desempenho e a produtividade dos usuários da edificação, especialmente em edificações escolares. Nesse contexto vários índices de conforto térmico foram desenvolvidos para realidades distintas, inclusive alguns apropriados às condições climáticas brasileiras. Considerando a capacidade adaptativa das populações ao clima, faz-se necessário estudar a aplicabilidade de índices de conforto para o contexto nacional. Assim, neste trabalho obtém-se a zonas de conforto térmico para as condições climáticas da cidade de Ouro Preto, Minas Gerais, por meio de dois métodos: a Regressão Probit e as Médias Associadas, com o intuito de comprovar a adequabilidade à realidade brasileira. A análise é realizada por meio de comparação da zona de conforto térmico plotada em carta psicrométrica a partir dos limites de neutralidade em relação à temperatura do ar e à temperatura de globo de bulbo úmido. Os resultados obtidos pelos dois métodos apresentaram zonas de conforto similares e em conformidade com as sensações térmicas expressadas pelos entrevistados, o que comprova a validade dos modelos adaptativos utilizados para o ambiente em estudo.

Palavras-chave: zona conforto térmico, modelos de conforto adaptativo, estudos de campo brasileiros.

### **ABSTRACT**

The growing concern about human well-being within buildings has resulted in the development of adaptive comfort methods that contribute to the assessment of thermal comfort, which is a condition directly related to the performance and productivity of building users, specially in school buildings. In this context, several thermal comfort indexes were developed for different realities, including some indexes that were adapted for the Brazilian climatic conditions. Considering the adaptive capacity of the populations to the climate, it is necessary to study the applicability of the comfort indexes to the national context. Thus, in this work it is obtained the thermal comfort zone for the climatic conditions of the city of Ouro Preto, Minas Gerais, by two different methods: the Probit Regression and the Associated Means, in order to prove the adequacy to the Brazilian reality. The analysis is done by comparing the thermal comfort zone plotted in a psychrometric chart considering the limits of neutrality compared to the air temperature and the wet bulb globe temperature. The results obtained by the two methods presented similar comfort zones and in accordance with the thermal sensations expressed by the interviewees, which proves the validity of the adaptive models used for the environment studied.

Keywords: thermal comfort zone, adaptive comfort models, Brazilian field studies.

## 1. INTRODUÇÃO

A função de abrigo de qualquer edificação é proteger o homem quanto às intempéries do meio ambiente, proporcionando-o conforto térmico e garantindo bem-estar físico, fisiológico e psicológico, independentemente das condições do meio ambiente externo.

Nessa linha, os estudos acerca de conforto térmico visam analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupações humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente (DUARTE *et al.*, 2016). Com a finalidade de garantir a uniformidade e a coerência dos métodos e resultados obtidos foram criadas normas e zonas de conforto térmico específicas para cada região de estudo.

As zonas de conforto são estabelecidas de acordo com índices e diagramas de conforto térmico que calculam os limites, ou faixas efetivas, das variáveis climáticas que garantem o bem-estar térmico da maior parte dos usuários. Estes índices podem ser analíticos ou adaptativos, sendo que os analíticos não consideram as reações subjetivas dos indivíduos e os adaptativos levam em conta as reações de cada usuário para retomar o conforto (VECCHI *et al.*, 2011).

As normas em vigor que tratam do conforto térmico, com especificações diversas, são internacionais. Entre elas as de maior relevância para o trabalho proposto são as normas ISO 7730 (ISO, 2006), ISO 7726 (ISO, 1998) e ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013). No Brasil não se tem uma norma de conforto específica, existem duas normas que abordam o desempenho das edificações: a norma NBR 15.220 (ABNT, 2005) e a norma NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Os primeiros estudos realizados a respeito do conforto térmico humano foram de caráter analítico, como o Diagrama Bioclimático de Olgyay (1963), Diagrama Bioclimático de Givoni (1976), Índice de Temperatura Efetiva (1923), Diagrama Bioclimático de Szokolay (1987) e Método Fanger de PMV e PPD (1970), este último considerado o de maior representatividade na abordagem do balanço térmico humano.

Os métodos adaptativos começaram a ganhar relevância nas últimas décadas, com o intuito de englobar nas análises, além dos efeitos das variáveis climáticas, os efeitos oriundos das variáveis físicas e psicológicas dos usuários (como sexo, peso, adaptação térmica e atitudes para melhorar o conforto). Este trabalho enfatiza dois métodos adaptativos: o Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas.

O Método de Regressão Probit (MCFADDEN, 1973 *apud* GUJARATI, 1988), é um modelo estatístico de dados ligados ao estímulo biológico, utilizado nos estudos de conforto térmico para determinar a sensação térmica dos indivíduos em um determinado nível de estímulo por meio de uma distribuição probabilística. O Método de Médias Associadas (GÓMEZ-AZPEITIA *et al.*, 2007) utiliza estatísticas descritivas para determinar um valor de temperatura neutra, a partir de cálculos de médias das variáveis climáticas que consideram as sensações térmicas dos usuários, buscando a maior satisfação dos indivíduos.

Batiz (2009) e Silva e Muzardo (2016) comprovaram a importância do conforto térmico em ambientes escolares, destacando a influência deste sobre a atenção, memória e rendimento dos usuários. A norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) cita que o desempenho dos seres humanos, sob uma condição de estresse térmico, é aproximadamente 11% menor, quando comparado ao seu desempenho sob condições térmicas adequadas ou de neutralidade. A adequabilidade e neutralidade térmica são dificilmente alcançadas em diversas cidades brasileiras, principalmente as que possuem climas severos em alguma época do ano, como é o caso da cidade de Ouro Preto (MG), região onde foi desenvolvido o trabalho.

A cidade de Ouro Preto (MG), possui clima tropical de altitude, com chuvas durante os meses de outubro a abril e geadas ocasionais em junho e julho. Essas características climáticas dificultam o bem-estar dos habitantes e, em particular, dos estudantes da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) - Campus Morro do Cruzeiro. Pesquisas anteriores sobre o conforto térmico no interior de edificações deste ambiente escolar, como Fontanella (2009), Faria (2013) e Nascimento (2016), apontaram grande desconforto por parte dos usuários, com resultados que concluíram insatisfação com o ambiente e queda de aprendizado e concentração, principalmente durante os meses mais frios do ano.

No presente trabalho busca-se encontrar novas zonas de conforto térmico utilizando dados climáticos e questionários respondidos por usuários de edificações escolares da Universidade Federal de Ouro Preto – Campus Morro do Cruzeiro, por meio do Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é obter zonas de conforto térmico para a cidade de Ouro Preto utilizando dois modelos adaptativos para análise: Método de Regressão Probit e Método de Médias Associadas.

### 3. MÉTODO

Para identificar as zonas de conforto térmico da cidade de Ouro Preto foram realizadas as seguintes etapas:

1. Análise de dados coletados em salas de aula da UFOP – Campus Morro do Cruzeiro.
2. Definição e estudo a respeito dos modelos adaptativos a serem utilizados.
3. Comparação entre as zonas de conforto térmico.

#### 3.1. Levantamento de dados

A pesquisa foi realizada na população universitária que frequenta os prédios da UFOP no Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto (MG). A coleta de dados consistiu em obter, simultaneamente, o valor das variáveis ambientais internas e externas (temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e temperatura de globo) que influenciam no conforto térmico dos usuários das salas de aula dessas edificações. Ao mesmo tempo, foram aplicados questionários para determinar a resposta dos usuários em termos de sensações e conforto térmico, condições de vestimentas, iluminação e ruído.

Os ensaios de campo foram realizados em salas de aula naturalmente ventiladas localizadas nas edificações da Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, MG, ao longo de todos os meses no período de julho de 2013 a setembro de 2014 em diferentes horários do dia. As datas foram escolhidas em função do calendário escolar da universidade, totalizando 44 ensaios de campo com aplicação de questionários a mais de 1200 entrevistados. Estes dados fazem parte da pesquisa realizada por Nascimento (2016) e foram utilizados neste estudo devido ao amplo período de coleta e a quantidade significativa de questionários aplicados.

Dentre as variáveis físicas usadas neste trabalho, Nascimento (2016) mediu diretamente a temperatura do ar e a umidade relativa do ar internas e externas, já a temperatura de globo e a velocidade do ar somente nos ambientes internos. Os condicionantes externos foram obtidos por meio da estação meteorológica local instalada no Campus Morro do Cruzeiro da UFOP. Os dados internos foram coletados de duas maneiras: unidades fixas de coletas ininterruptas equipadas com sensores interligados ao aparelho *Data Logger* (Figura 1) e unidades móveis compostas por termômetro de globo e psicrômetro (Figura 2) levadas às salas de aula durante o preenchimento dos questionários pelos entrevistados.



Figura 1 - Conjunto de instrumentos para coletas de dados - Unidades fixas



(a) Termômetro de globo

(b) Psicrômetro

Figura 2 - Aparelhos utilizados para as unidades móveis

A população universitária foi escolhida por apresentar as seguintes características: familiarização com o instrumento questionário (pressupondo discernimentos nas respostas e consciência sobre a importância da pesquisa), grupamento de indivíduos compatível com a operacionalidade necessária para a pesquisa e similaridade de idade e hábitos de vestimenta. Os dados coletados por Nascimento (2016) foram analisados e caracterizados segundo sexo, idade, peso, altura, vestimenta, aceitabilidade, sensações subjetivas e satisfação com o ambiente.

### 3.2. Definição dos métodos de análise

Para a realização do presente trabalho são utilizados dois métodos:

- a) Método de Regressão Probit
- b) Método de Médias Associadas

Optou-se por utilizar esses modelos por apresentarem diferentes metodologias e devido ao interesse em aprofundar as pesquisas de conforto térmico por meio do Método de Médias Associadas. Ambos os métodos são capazes de abordar a adaptabilidade dos usuários das edificações, todavia, cada modelo aborda um cálculo distinto, o que pode causar variações nos resultados. Estudos de conforto térmico empregando o Método de Médias Associadas não foram amplamente realizados para o território brasileiro, portanto uma comparação entre as zonas de conforto térmico obtidas por estes dois métodos poderá conferir a variação entre os resultados e verificar a viabilidade de sua utilização em território nacional.

O Método de Regressão Probit teve sua metodologia desenvolvida por McFadden (1973 *apud* GUJARATI, 1988) a fim de determinar as probabilidades de duas situações de variáveis binárias, do tipo sim ou não, em relação a outras variáveis envolvidas. É necessário caracterizar a medição de cada variável climática e seus respectivos votos de sensação térmica para encontrar os limites de valores que garantem o conforto térmico via método Probit.

Segundo Xavier (1999) a presença de desconforto por calor em dada medição, é constatada quando o percentual do somatório das pessoas que votaram, segundo a escala psicofísica de 7 pontos, +3 (muito quente), +2 (quente) e 50% dos que votaram +1 (levemente quente) é superior a 30% do total dos votos coletados na medição. Quando essa condição é verificada, diz-se que a variável dicotômica (em que só há duas respostas possíveis, no caso 0/1 que corresponde a confortável/desconfortável) assume valor igual a 1, e a probabilidade de que 30% ou mais das pessoas encontre-se desconfortável por calor é medida pela área abaixo da curva de distribuição normal. De maneira similar é constatada a presença de desconforto por frio.

Pesquisas de campo que utilizam o Método de Regressão Probit foram anteriormente realizadas para prever a sensação térmica dos usuários em diversas cidades brasileiras, como os trabalhos de Araújo (1996), Xavier (1999) e Gonçalves (2000).

O Método de Médias Associadas foi proposto por Gómez-Azpeitia *et al.* (2007) com base na proposta de Nicol (1993) para climas assimétricos, com variações climáticas demasiadamente acentuadas. O método consiste em utilizar estatísticas descritivas para determinar um valor de temperatura neutra, considerada a de conforto térmico. A diferença fundamental entre o Método de Médias Associadas e o método convencional é que os grupos ou estratos destes são determinados antes da obtenção da linha de regressão. Dessa maneira, a regressão não é feita com todos os dados coletados, apenas os valores médios e os limites são definidos por adição ou subtração de uma ou duas vezes o desvio padrão da amostra.

O desvio padrão é utilizado como uma medida da dispersão das respostas, e, por conseguinte, serve para determinar as categorias de classificação. Estima-se que para dados com distribuição normal, a escala com desvio padrão  $\pm 1\delta$  inclui 68% de respostas (escala ajustada) e a escala com desvio padrão  $\pm 2\delta$  inclui 95% (escala extensa). Para dados que não são normalmente distribuídos esta porcentagem pode variar, por isso recomenda-se obter o maior número possível de respostas nos estudos de campo de modo a chegar o mais próximo possível da distribuição normal (BOJÓRQUEZ, 2010).

Apesar de ainda pouco disseminado, Faria (2013) utilizou o Método de Médias Associadas para determinar a zona de conforto com estudos de campo.

### 3.3. Comparação das zonas de conforto térmico

Para realizar a comparação entre os resultados gerados, aplicaram-se os valores encontrados como limites confortáveis para as variáveis climáticas na carta psicrométrica de Ouro Preto.

Os limites de conforto térmico previstos por meio do Método de Regressão Probit preveem 70% de pessoas satisfeitas termicamente, enquanto o Método de Médias Associadas satisfaz 95% dos usuários ao se utilizar a escala extensa. Entretanto, a porcentagem de 95% de satisfeitos dada pelo Método de Médias Associadas diminui para 62,6% ao considerar apenas a totalidade do limite de neutralidade (0) e metade dos limites de ligeiramente frio (-1) e ligeiramente quente (+1) da escala psicofísica, que é o considerado confortável no Método de Regressão Probit.

## 4. RESULTADOS

A seguir são apresentados separadamente os resultados obtidos segundo o Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas para cada variável climática.

Na Figura 3 mostra-se o comportamento da curva de porcentagem de pessoas satisfeitas *versus* a temperatura do ar utilizando o Método de Regressão Probit. Pode-se notar uma faixa de conforto para a temperatura do ar entre 16,6 e 25,6°C, sendo a temperatura com a maior porcentagem de pessoas confortáveis 20,6 °C, com 91,7%.

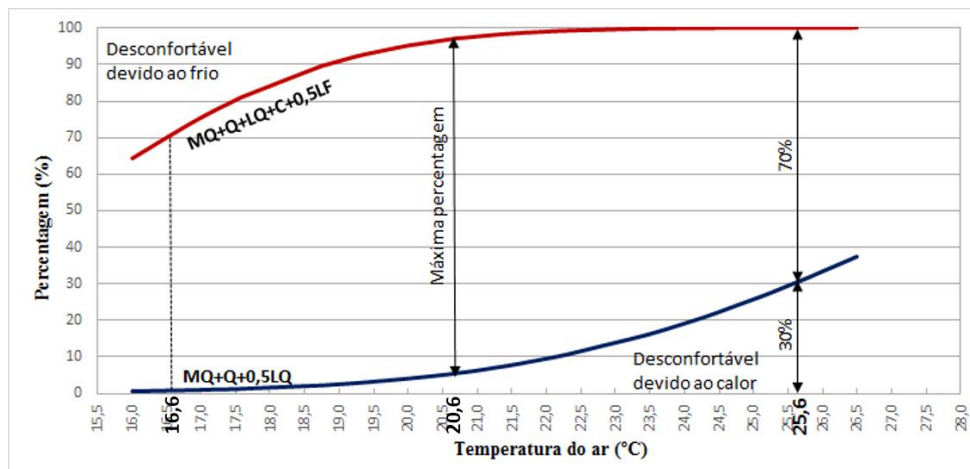


Figura 3 – Método de Regressão Probit – Temperatura do ar (°C)

Xavier (1999) citou a importância em comparar os resultados entre os limites de conforto da temperatura do ar e da temperatura operativa para decidir a variável que deve ser utilizada. Caso a diferença entre os resultados das duas variáveis for expressiva, aplica-se a temperatura operativa. Isso é explicado devido ao fato de que a temperatura operativa é uma temperatura teórica que resume todas as trocas de calor do corpo com o ambiente, calculada a partir da temperatura do ar e da temperatura radiante média (VECCHI *et al.*, 2011). Ao se analisar a curva de comportamento *versus* a temperatura operativa, mostrada na Figura 4, percebe-se que o intervalo de conforto térmico para a temperatura operativa (17,7 a 24,9°C) é próximo àquele encontrado para a temperatura do ar, entretanto não é idêntico. Isto denota que no ambiente estudado não há uma forte fonte de calor radiante que incida diretamente sobre o indivíduo, contudo, existe uma fonte que causa diferença nos resultados. Logo, ao analisar o conforto térmico neste ambiente utilizando o Método de Regressão Probit, é aconselhável empregar a temperatura operativa.

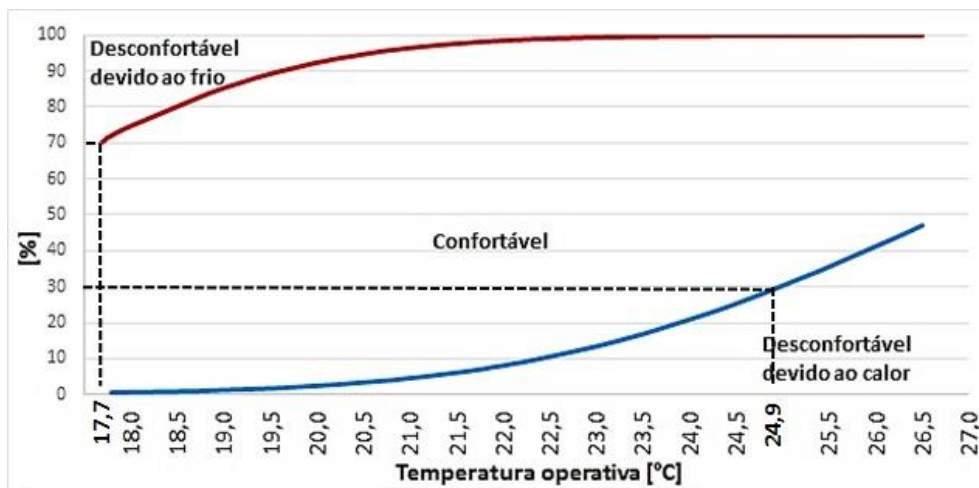


Figura 4 – Método de Regressão Probit – Temperatura operativa (°C)

Na Figura 5 apresenta-se as curvas limites de conforto e desconforto determinadas pelo Método de Regressão Probit, para a variável climática umidade relativa do ar. Observa-se que os valores medidos desta variável climática não foram responsáveis por porcentagens de insatisfeitos superiores a 30% nem para o calor e nem para o frio.

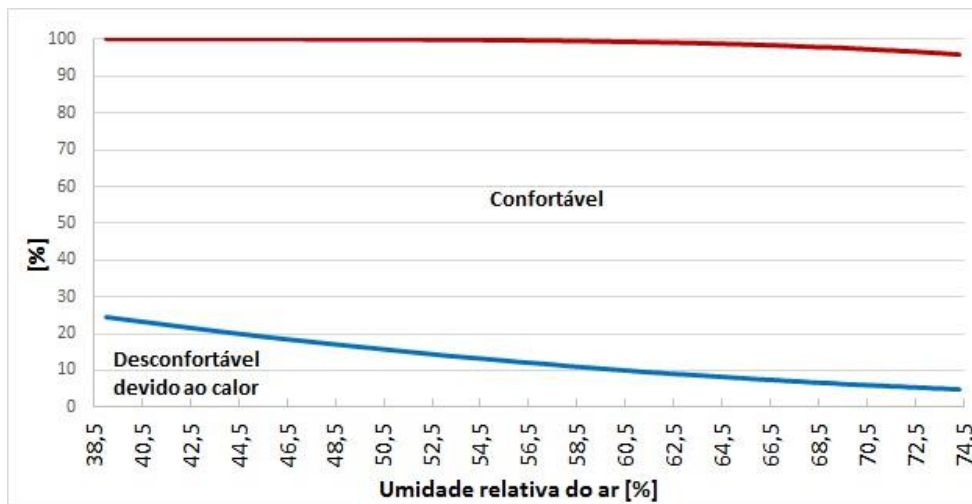


Figura 5 – Método de Regressão Probit – Umidade relativa do ar (%)

Devido a estes estimadores inválidos, foram analisados outros parâmetros psicrométricos na tentativa de estabelecer uma zona de conforto. Torna-se necessário conhecer os limites satisfatórios de ao menos uma das demais variáveis climáticas do ambiente, uma vez que apenas o limite da temperatura do ar não é suficiente. É importante considerar e utilizar a umidade relativa do ar sempre que essa resultar em limites de conforto bem definidos, uma vez que se trata de uma variável climática diretamente interligada às trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente, tornando-a decisiva para a determinação do conforto térmico.

No gráfico apresentado na Figura 6 encontra-se o resultado da análise para a temperatura de bulbo úmido, em °C, que torna possível o estabelecimento dos limites mínimos necessários para a determinação de uma zona de conforto térmico.

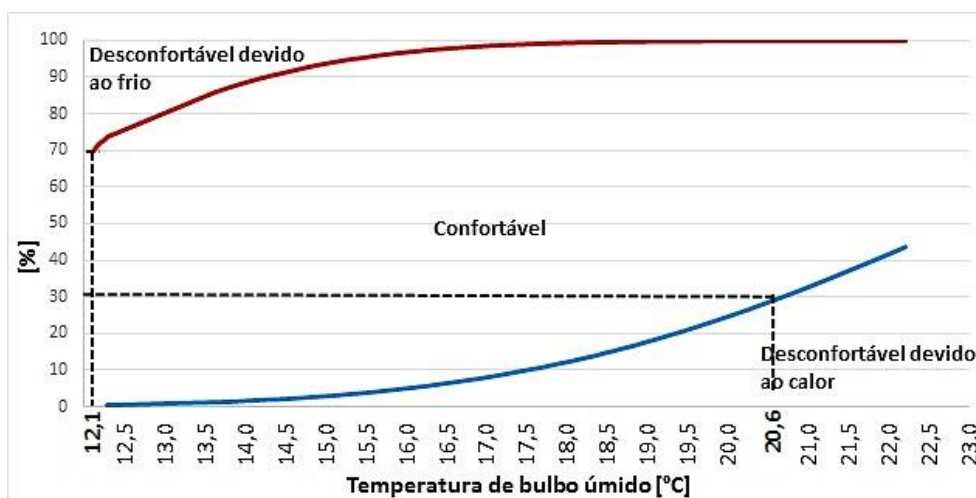


Figura 6 -Método de Regressão Probit – Temperatura de bulbo úmido (°C)

O Método de Médias Associadas permite escolher o limite de conforto utilizado para as variáveis climáticas analisadas. Neste trabalho utiliza-se o limite contido entre  $\pm 2\delta$ , considerando apenas a totalidade de votos neutros (0) e metade dos votos ligeiramente frio (-1) e ligeiramente quente (+1) da escala psicofísica. O resultado para os limites de conforto da temperatura do ar a partir do Método das Médias Associadas, apresentado na Figura 7, mostra que, entre 17,1 e 25,7°C, a porcentagem dos usuários que se encontram em conforto térmico com o ambiente é de 62,6%. Vale destacar que a maior porcentagem de conforto acontece à temperatura do ar de 21,4 °C, com 95% de indivíduos satisfeitos.

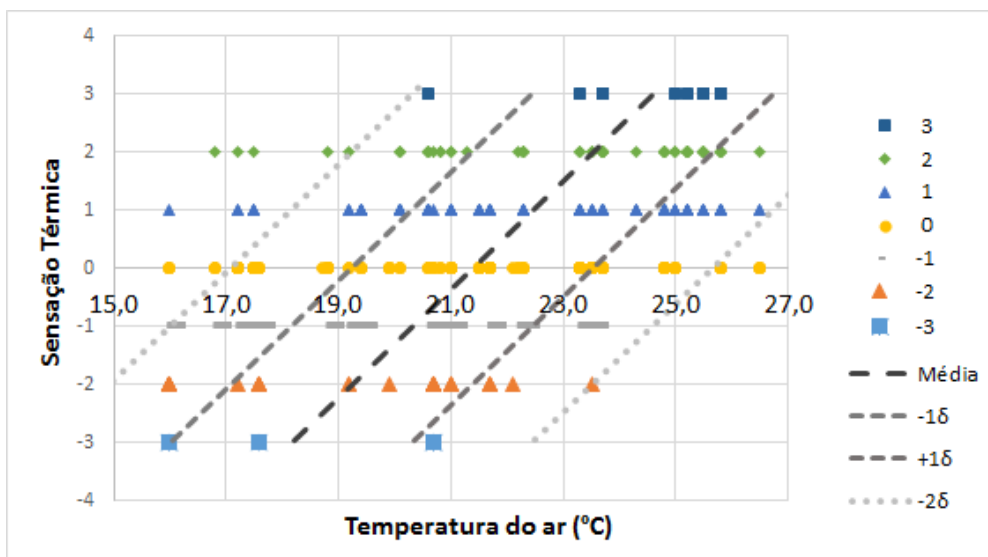


Figura 7 - Método de Médias Associadas - Temperatura do ar (°C)

Para este método novamente é necessário comparar os limites resultantes da temperatura do ar e da temperatura operativa a fim de avaliar qual o mais adequado para utilização. Na Figura 8 apresenta-se o limite estabelecido para a temperatura operativa utilizando o Método das Médias Associadas, sendo esse entre 17,8 e 25,7°C.

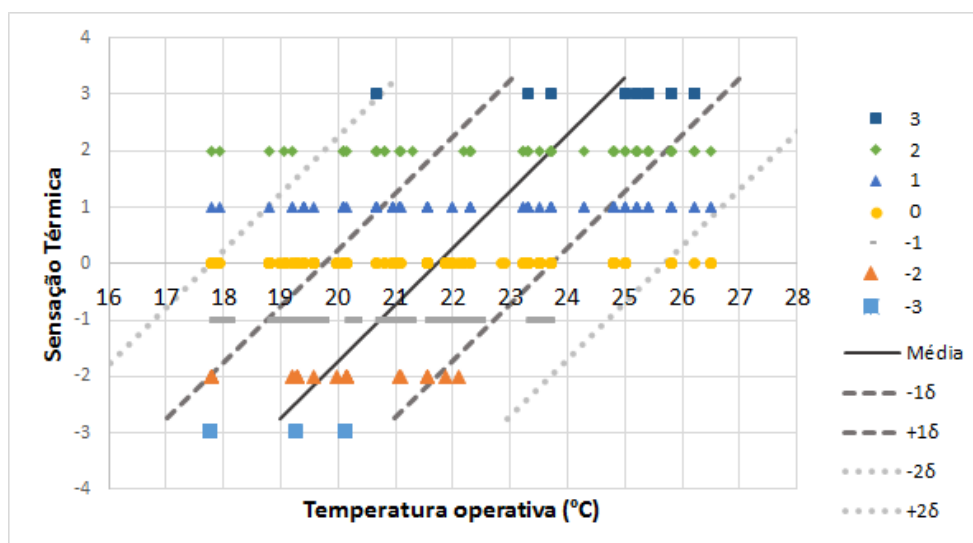


Figura 8 - Método de Médias Associadas - Temperatura operativa (°C)

Ao contrário do ocorrido no Método de Regressão Probit, na análise do Método de Médias Associadas a diferença entre os limites de conforto da temperatura do ar e temperatura operativa não foi expressiva, o que pode ser comprovado com a coincidência dos limites superiores de ambas. Por este motivo utiliza-se o limite de conforto obtido para a temperatura do ar na análise de conforto utilizando o Método de Médias Associadas.

A umidade relativa do ar foi analisada segundo o Método de Médias Associadas obtendo-se um limite admissível para o conforto térmico, compreendido entre 62,8 e 68%, como disposto na Figura 9.

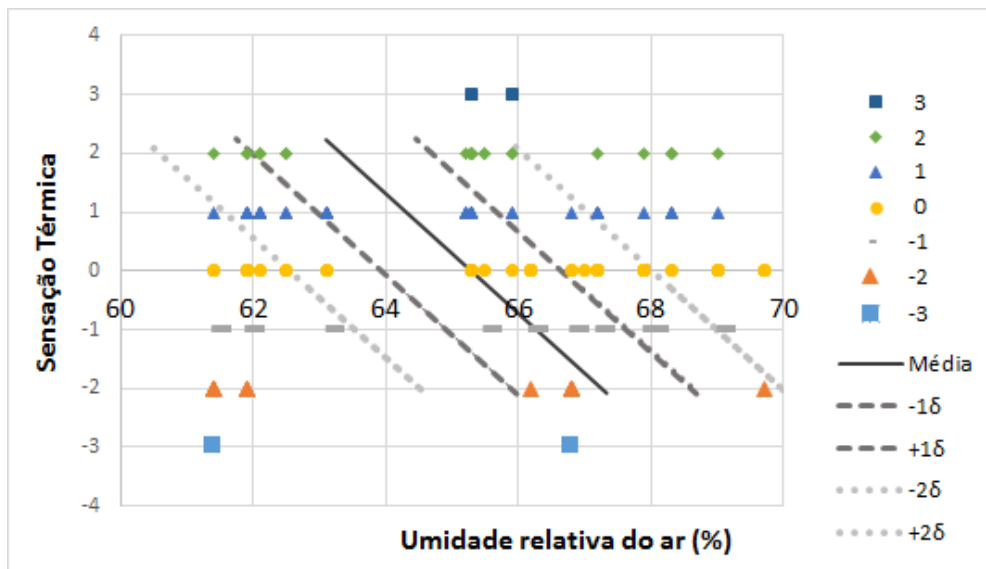


Figura 9 - Método de Médias Associadas - Umidade relativa do ar (%)

Apesar da possibilidade de determinação da zona de conforto térmico diretamente a partir da temperatura do ar e da umidade relativa do ar para o Método de Médias Associadas, optou-se por realizar a análise da temperatura de bulbo úmido, apresentada na Figura 10. Utilizou-se o limite encontrado para a temperatura de bulbo úmido (13,4 a 20,3°C) na zona de conforto estabelecida por meio deste método. Essa decisão foi motivada no intuito de facilitar a comparação dos resultados entre os dois modelos de conforto adaptativos.

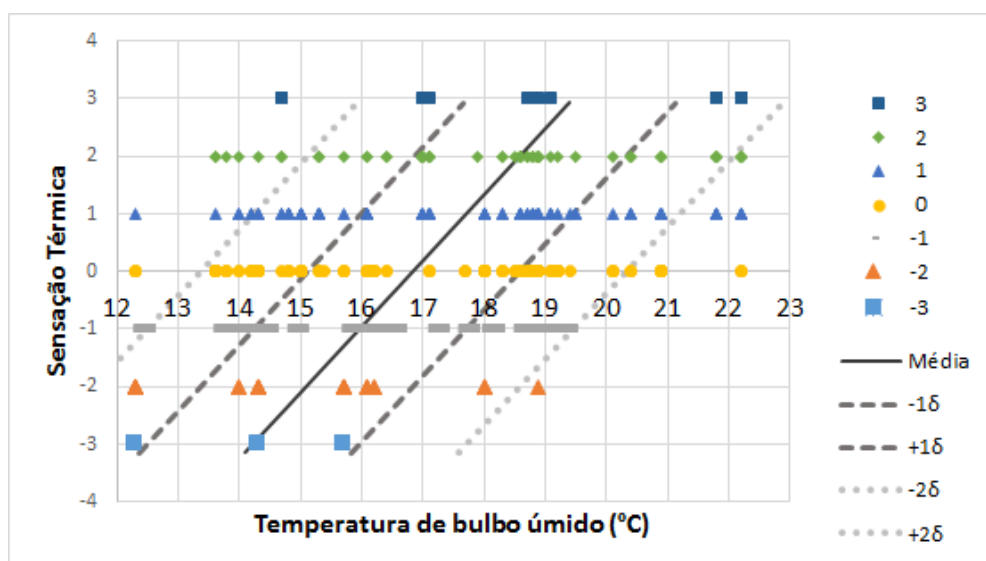


Figura 10 - Método de Médias Associadas - Temperatura de bulbo úmido (°C)

Por fim, por meio dos resultados obtidos ao longo das análises dispostas anteriormente, estabeleceu-se as zonas de conforto térmico segundo carta psicrométrica para a cidade de Ouro Preto (MG) de acordo com os Método de Regressão Probit e Método de Médias Associadas, respectivamente contidas na Figura 11.

É possível observar que as diferenças entre os resultados dos dois modelos são pequenas, o que confirma o sucesso dos métodos que, apesar de distintos, apresentaram resultados próximos e satisfatórios.

Outras pesquisas como Fontanella (2009), Faria (2013) e Nascimento (2016) já haviam definido zonas de conforto térmico para Ouro Preto (MG). Todavia, utilizaram dados com menor representatividade amostral ou fizeram uso de demais métodos para realização dos estudos, o que torna o resultado desta pesquisa relevante.



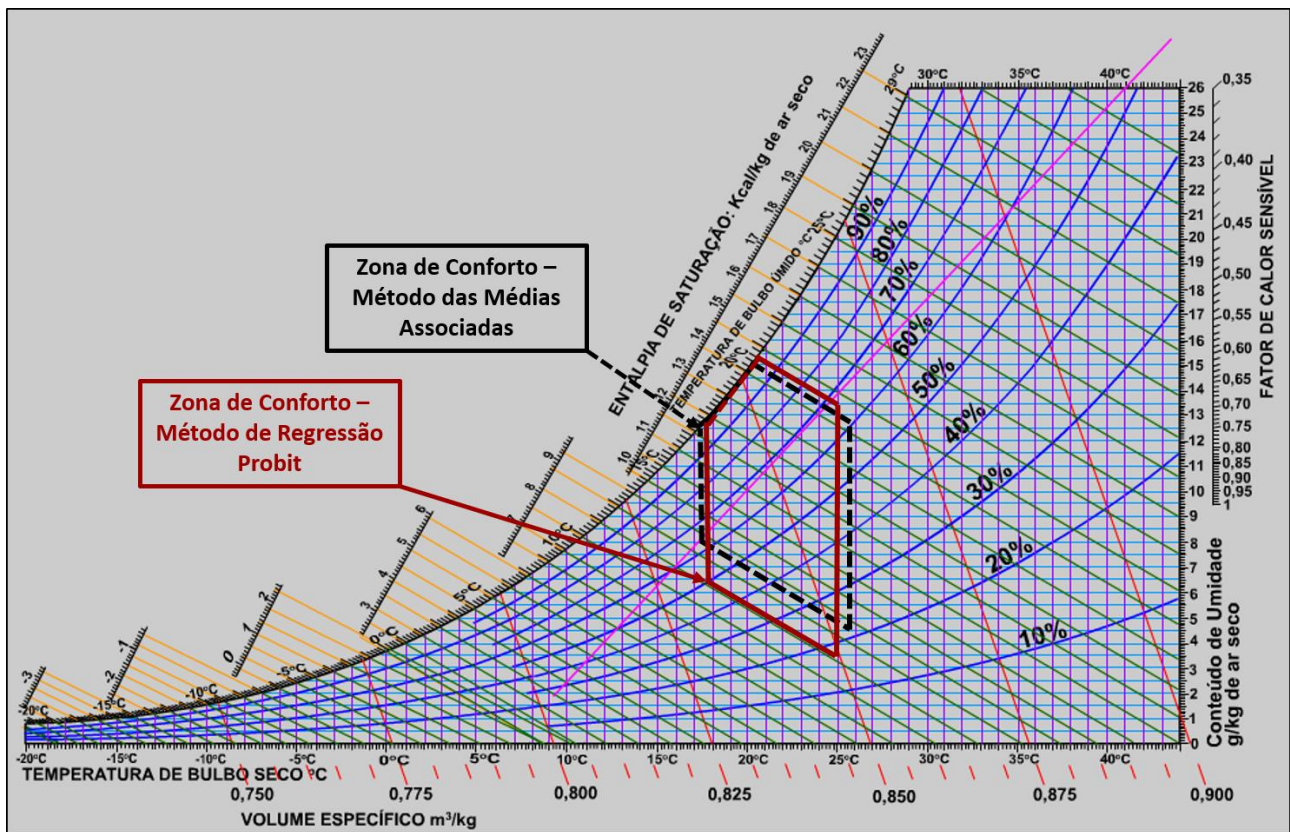


Figura 11 - Zonas de conforto cidade de Ouro Preto (MG) - Método de Regressão Probit e Método das Médias Associadas

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho ampliaram-se as referências bibliográficas nacionais para a determinação de faixas de conforto térmico. Foram estabelecidas duas zonas de conforto térmico para a cidade de Ouro Preto (MG) utilizando dois modelos de conforto adaptativo: o Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas.

A partir da definição destas zonas é possível afirmar que as diferenças entre os limites de conforto resultantes dos dois modelos não foram expressivas, sendo de 1,4°C entre o intervalo de temperatura do ar e 1,0°C entre o intervalo de temperatura de bulbo úmido.

As percentagens máximas de pessoas satisfeitas para a variável temperatura do ar, foi de 92,1% em 21,0°C ao utilizar o Método de Regressão Probit e de 95% em 21,4°C ao utilizar o Método de Médias Associadas.

O Método de Regressão Probit não possibilitou, nesta situação, definir o limite de conforto para a variável umidade relativa do ar, o que não ocorreu na aplicação do Método de Médias Associadas. Esta variação é explicada pela metodologia de cálculo particular de cada modelo e a amplitude dos dados climáticos utilizados na avaliação do mesmo.

A metodologia realizada no Método de Regressão Probit é mais complexa e envolve etapas demoradas e carentes de clareza, enquanto que o Método de Médias Associadas utiliza estatísticas descritivas básicas para alcançar os resultados. Portanto, devido à proximidade dos resultados obtidos por meio de ambos os métodos, conclui-se que o Método de Médias Associadas possui utilização viável, com resultados satisfatórios e adequabilidade ao clima brasileiro.

Como as percentagens de pessoas satisfeitas resultaram em torno de 70% (70% ao utilizar Método de Regressão Probit e 62,6% ao utilizar o Método de Médias Associadas) mostra-se necessário realizar mudanças nas edificações para adequá-las aos períodos de variáveis climáticas extremas, como nos meses de dezembro e janeiro em que os usuários declararam sentir muito calor, o que dificultava a permanência e a produtividade no interior.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55**: Thermal Environmental Conditions for Humam Occupancy. Atlanta. 2013.

- ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações Escolares no Litoral Nordeste Brasileiro**. p. 179. 1996. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.
- AULICIEMS, A., SZOKOLAY, S. V. **Thermal Comfort**. Kenmore: 1997. University of Queensland - Department of Architecture.
- BATIZ, E. C. *et al.* Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488, set./dez. 2009.
- BOJÓRQUEZ, G. *et al.* Temperatura neutral y rangos de confort térmico para exteriores, período cálido em clima cálido seco. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 133-146, abr./jun. 2010.
- DUARTE, V. C. P. *et al.* **Desempenho térmico de Edificações**. Apostila - Laboratório de Eficiência Energética e Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2016.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort**, Analysis and Applications in Environmental Engineering, McGraw-Hill Book Company, New York, 1970.
- FARIA, M. A. **Avaliação das condições de conforto térmico nas salas de aula do Campus Morro do Cruzeiro da UFOP**. 2013. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2013.
- FERREIRA, C. C. **Análise de sensibilidade por meio de experimento fatorial de parâmetros de desempenho térmico de envoltórias de edificações residenciais**: contribuição à revisão das normas brasileiras. 2016. 437 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2016.
- FONTANELLA, M. S. **Percepção do Ambiente Térmico: preferências subjetivas e conforto térmico**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 162. 2009.
- GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. London, Applied Science, 1976.
- GÓMEZ-AZPEITIA, G. *et al.* **Monitoreo de Condiciones de Confort Térmico**: reporte técnico. Colima: CONAFOVI, 2007.
- GONÇALVES, W. B. **Estudo de Índices de Conforto Térmico Avaliados com Base em População Universitária na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 241. 2000.
- GUJARATI, D. N. **Basic Econometrics**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1988. Cap. 15: Regression on Dummy Dependent Variable: The LPM, LOGIT and PROBIT Models.
- HOUGHTON, F. C.; YAGLOU, C. P. **Determining equal comfort lines**, J Am Soc Heat Engrs, v. 29, p. 165-176, 1923.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: 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. Germany, 2006.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Thermal environments instruments and methods for measuring physical quantities. Geneva, 1998.
- MCFADDEN, D. **Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior**. Frontiers in Econometrics, Academic Press, New York, 1973.
- NASCIMENTO, D. **Zona de conforto para edificações escolares** - Cidade de Ouro Preto. 2016. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2016.
- NICOL, J. F. **A handbook for field studies towards an adaptive model**. London, s.ed. University of East London, 1993.
- OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. New Jersey, Princenton University Press, 1963.
- SILVA, F. L.; MUZARDO, F. T. Estudo exploratório sobre o espaço escolar: a percepção de professores de escolas públicas. **Revista THEMA**, Paraná, v. 13, n. 1, p. 65-78, 2016.
- VECCHI, R. *et al.* **Conforto e stress térmico**. Apostila – Laboratório de Eficiência Energética e Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2011.
- XAVIER, A. A. P. **Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º Grau na Região de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 209. 1999.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à FAPEMIG e à UFOP.