

INFLUÊNCIA DA ESCOLHA DOS ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO NA QUALIDADE AMBIENTAL
INTERNA E NA GESTÃO ENERGÉTICA

Sheila Regina Sarra – sheila_sarra@hotmail.com

Universidade de São Paulo – FAU, <http://www.fau.usp.br/>

Roberta Consentino Kronka Mülfarth – rkronka@usp.br

Universidade de São Paulo - FAU, <http://www.fau.usp.br/>

F2 – Qualidade Ambiental Interna

Resumo. Neste trabalho foram realizadas avaliações de conforto térmico ambiental em sete escritórios do Edifício Itália, durante o mês de janeiro de 2018. O objetivo foi estudar o impacto das estratégias arquitetônicas utilizadas no edifício sobre o conforto de seus ocupantes nas condições de uso atual. Todos os escritórios utilizavam ar condicionado em período integral nos ambientes avaliados (tipo split) e as janelas permaneciam fechadas. Para a avaliação dos escritórios foram utilizados dataloggers para medidas de temperatura e umidade do ar, com canais externos para termômetro de globo e anemômetros. Foram também realizadas avaliações do projeto arquitetônico (planta, corte layout, fachada, relações com entorno), pesquisas de opinião dos usuários sobre o grau de conforto ambiental (em alguns escritórios não foi autorizado) e avaliações ergonômicas dos ambientes de trabalho. Os levantamentos de conforto térmico foram realizados segundo o índice do PMV (Predicted Mean Vote) proposto por Fanger e adotado pela Norma ASHRAE a partir de 2004 e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. O índice PMV utiliza o conceito de neutralidade térmica e de balanço térmico do corpo humano, baseando-se em testes realizados em câmaras climatizadas, levando em conta a temperatura média radiante, a temperatura do ar, a velocidade do ar, a umidade relativa, a atividade física e a vestimenta. A NBR 16401-2/2008 utiliza o conceito de sensação de conforto térmico, estipulando os valores de TO capazes de produzir sensação aceitável de conforto térmico em 80% ou mais das pessoas. O cálculo da TO leva em conta a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a estação do ano, a umidade relativa do ar, a velocidade do ar e a vestimenta (0,5 clo para o verão e 0,9 clo para o inverno). As análises dos escritórios foram realizadas no mês de janeiro, adotando-se como vestimenta o padrão de 0,5 clo para os dois índices. O nível de atividade física considerado foi o de digitação, típico dos escritórios avaliados. A comparação dos resultados mostrou que a análise pela TO da NBR 16401-2/2008 admite como confortável uma faixa de TO que pelo índice PMV foi considerada fora da zona de conforto por estar muito fria. A pesquisa de opinião mostra que há queixas de desconforto por frio nessas faixas consideradas confortáveis pela NBR 16401-2/2008 e consideradas desconfortáveis pelo índice PMV. Por outro lado, o índice PMV mostrou maior tolerância por situações em que a NBR 16401-2/2008 apontou desconforto pelo calor. Quando são confrontadas as porcentagens de resultados considerados confortáveis e não-confortáveis é possível ver que há diferenças significativas quando se comparam as análises pelos dois índices. Nota-se, pelo estudo, que o emprego da faixa de conforto preconizada pela NBR 16401-2/2008 conduz ao uso de temperaturas mais baixas pelo ar-condicionado, podendo resultar em um maior gasto energético. Esta situação deve ser evitada por eventuais prejuízos à saúde dos ocupantes e pelos reflexos sobre o consumo energético e sobre a poluição ambiental. A partir deste estudo, propõe a realização de estudos mais aprofundados sobre o tema, visando uma eventual revisão dos padrões de conforto térmico adotados, procurando uma aproximação com a realidade que é atualmente vivida pelos usuários e buscando alcançar uma redução do consumo energético. No caso da NBR 16401-2/2008, é necessário promover mais estudos para verificar se há necessidade de ajustes nas zonas de conforto, possivelmente causados pelo aumento das temperaturas externas, especialmente no verão. Nesta situação, a aclimação às elevadas temperaturas de verão pode estar configurando novas preferências, mudando a sensação de conforto térmico dos usuários. Desta forma, será possível produzir ambientes mais saudáveis e mais sustentáveis, ajustados às preferências dos usuários e condizentes com as condições climáticas atuais.

Palavras-chave: Conforto térmico, Índices de Conforto, Qualidade ambiental.

1. INTRODUÇÃO

O acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera tem provocado inúmeros impactos climáticos, como o aquecimento global, mudanças nos padrões climáticos locais e desastres naturais. As mudanças nos padrões climáticos produzem efeitos do tipo ilha de calor no ambiente urbano, provocando desconforto e afetando a saúde da população. Segundo Chao Yuan, Edward Ng e Leslie K. Norford (2014), a poluição atmosférica tem um importante impacto na saúde pública, especialmente nas cidades com maior concentração populacional. Para Plaia et al (2013), a evolução da qualidade do ar nas cidades se tornou uma questão fundamental para os governantes. Milou Beerepoot (2006) salienta a importância da adoção de padrões de desempenho energético e de incentivo ao uso de energia renovável na Europa. Autores como Hanna e Young (2017), desenvolveram estudos sobre as fontes de poluição urbana, buscando a sua identificação e quantificação. Neste contexto, os estudos relacionados ao desempenho energético dos edifícios e ao impacto ambiental que provocam têm adquirido grande importância. No caso dos edifícios comerciais, a maior parte do consumo de energia ocorre em

função das necessidades de climatização dos ambientes internos e de provimento de iluminação artificial. Além de melhorar a eficiência energética dos edifícios novos, há diversos estudos focados na recuperação de edifícios antigos, procurando aumentar seu desempenho energético. Foley (2012) defende a importância do aumento da eficiência energética no setor comercial, reconhecendo que a recuperação de edifícios existentes tem um papel relevante nesse sentido.

Segundo Timothy Oppelt (2002), a complexidade e a interdisciplinaridade que envolvem os problemas ambientais e suas soluções têm aumentado. Para o autor, é necessário ter um amplo conhecimento de todos os fatores envolvidos para que se possa conceber as respostas para questões tão complexas.

Verifica-se, também, que o conceito do que seria um ambiente confortável tem sido bastante questionado e vem mudando substancialmente ao longo do tempo, em função da multiplicidade de fatores que afetam a questão. Segundo Bluysen (2010), um edifício saudável deve oferecer condições de conforto e saúde aos seus ocupantes durante todo seu ciclo de vida, provendo as necessidades sociais e melhorando a produtividade. Alfano et al (2011) citam que os principais fatores que interferem na produtividade, na saúde e na qualidade dos ambientes internos são o conforto térmico e a qualidade do ar. É preciso lembrar, também que, com as mudanças ocorridas na forma de trabalhar e nos equipamentos utilizados, surgiram novas necessidades de conforto nos ambientes de trabalho, as quais foram atendidas com o emprego de novas tecnologias. Percebeu-se, também, que a sensação de conforto envolve, além das variáveis ambientais, a atuação de diversas outras variáveis de caráter individual e comportamental, além de componentes subjetivos, culturais e sociais.

Surgiram, assim, diversos índices de conforto térmico combinando parâmetros ambientais que afetam o conforto térmico e condições pessoais, como tipo de roupa utilizada e nível de atividade física.

O modelo experimental de Fanger utiliza o conceito de neutralidade térmica e de balanço térmico do corpo humano. Procura prever a sensação térmica de um grupo de pessoas, baseando-se em um índice que leva em conta a temperatura média radiante, a temperatura do ar, a velocidade do ar, a umidade relativa, o nível de atividade física e a vestimenta. O índice do PMV (Predicted Mean Vote) é calculado a partir dessas seis variáveis e de seus efeitos no balanço fisiológico de calor. Em seus estudos, Fanger (1970) realizou testes em câmaras climatizadas onde as variáveis climáticas eram controladas pelo pesquisador, desenvolvendo vários tipos de combinações. Nessas situações, as pessoas registravam seus votos sobre a sensação térmica, usando uma escala de sete pontos entre o muito quente (+3) e o muito frio (-3). A partir dos resultados, Fanger desenvolveu tabelas para 3500 combinações de variáveis. Foram calculados os índices PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Percentage of Dissatisfied*): através de análises estatísticas dos resultados. Este índice foi adotado pela Norma ASHRAE a partir de 2004. Ao longo do tempo, porém, surgiram diversas críticas ao emprego desse índice. O valor preditivo do modelo PMV foi bastante questionado pelo fato de estar baseado em experimentos de laboratório, em situações que não são reais. Alegou-se, também, que, embora o aumento da velocidade do ar permita maior troca de calor por convecção, ela também pode gerar desconforto aos usuários. Outra questão é que a sua aplicação se faz da mesma forma nas diversas estações do ano e em regiões com climas muito diferentes. Foi realizado um estudo experimental em laboratório por Maiti (2014), na Índia, que concluiu pela inadequação do emprego do modelo de Fanger para a população indiana. Neste estudo, a autora propõe que, pelo fato de a Índia ser um país tropical, se utilize uma zona de conforto mais elevada. Estudos realizados por Wang et al. (2014) mostraram que existe uma adaptação das pessoas às condições climáticas presentes em cada estação do ano, justificando o emprego de zonas de conforto diferentes para o verão e para o inverno, nos ambientes artificialmente climatizados. Pesquisa realizada por Cao et al. (2011) também demonstraram que a análise pelo índice PMV, nos ambientes condicionados artificialmente, tem limitações decorrentes de adaptações fisiológicas, psicológicas e comportamentais ao clima e à estação do ano. Há, também, críticas ao modelo de Fanger, pelo fato de não levar em consideração as características físicas dos usuários, em especial, idade, sexo e condições de saúde. Além disso, o índice PMV considera o organismo como um todo, não levando em conta a possibilidade de haver sensações diferenciadas para diferentes partes do corpo, em razão de variações verticais da temperatura do ar e assimetrias da temperatura radiante. Para Zhang et al (2018), o índice PMV precisaria de uma correção para ser utilizado nos edifícios com fachada do tipo cortina de vidro em razão alta carga de radiação solar. Segundo Jungsoo Kim e Richard de Dear (2018), há limitações no emprego deste modelo porque a sensação de conforto térmico também depende de fatores fisiológicos, fatores contextuais e das possibilidades de atuação dos ocupantes para promoção de ajustes.

A NBR 16401-2/2008 está baseada nas Normas da ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, em especial na Norma 62.1 –2004. A NBR 16401-2/2008 introduz um conceito diferente do que era apresentado na antiga Norma NBR 6401/1980, que estipulava temperaturas recomendáveis e máximas para cada tipo de ambiente. A NBR 16401-2/2008 estipula os parâmetros ambientais suscetíveis de produzir sensação aceitável de conforto térmico em 80% ou mais das pessoas. É um modelo que utiliza o conceito de sensação de conforto térmico, que não depende apenas dos parâmetros físicos presentes no ambiente interno, mas também de outros fatores capazes de modificar a sensibilidade das pessoas, incluindo fatores subjetivos. Neste sentido, o desenvolvimento de estudos de campo foi fundamental para a análise da percepção dos usuários em condições reais. A NBR 16401-2/2008 trabalha em função dos valores calculados de Temperatura Operativa (TO). A norma admite que as pessoas estejam usando roupa típica da estação (0,5 clo para o verão e 0,9 clo para o inverno) e em atividade sedentária ou leve (1,0 met a 1,2 met). O cálculo da TO leva em conta a temperatura do ar, a temperatura radiante média e uma variável que depende da velocidade do ar:

$$TO = C \times Tar + (1 - C) \times Tr$$

TO: Temperatura Operativa

Tar: Temperatura do ar

Tr: Temperatura radiante média

C: função da Velocidade do ar, conforme Tabela 1

Tabela 1 - Valores de C para diversas faixas de Velocidade do ar
Fonte: adaptado NBR 16401-2/ 2008

Velocidade do ar	<0,2 m/s	0,2 a 0,6 m/s
C	0,5	0,6

A norma apresenta uma faixa de temperatura operativa confortável para verão com roupa típica de 0,5 “clo” e outra faixa de temperatura para inverno com roupa típica de 0,9 “clo”. A tabela contendo as faixas aceitáveis de TO leva em conta a umidade relativa do ar e a estação do ano (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros recomendados de conforto térmico para ambientes condicionados
Fonte: adaptado NBR 16401-2/2008

VERÃO (roupa típica 0,5 clo)		
TEMPERATURA OPERATIVA.	UMIDADE RELATIVA	VELOCIDADE MÉDIA DO AR
22,5°C a 25,5°C	60%	Convencional: 0,20m/s
23°C a 26°C	30%	Fluxo de deslocamento: 0,25m/s
INVERNO (roupa típica 0,9 clo)		
TEMPERATURA OPERATIVA.	UMIDADE RELATIVA	VELOCIDADE MÉDIA DO AR
21°C a 23,5°C	60%	Convencional: 0,15m/s
21,5°C a 24°C	30%	Fluxo de deslocamento: 0,20m/s

Além das avaliações realizadas por meio dos índices de conforto térmico, é preciso destacar a importância das pesquisas de percepção dos usuários. O levantamento de dados sobre a sensação térmica experimentada pelos usuários tem se mostrado um dado de grande relevância nos escritórios condicionados artificialmente. A comparação dos resultados das avaliações realizadas por meio dos índices de conforto térmico com os resultados de pesquisas de opinião de usuários sobre a sensação térmica também pode fornecer informações importantes para nortear as melhores escolhas. Nesta linha de pesquisa, é interessante citar os estudos realizados no Japão por Indraganti et al. (2013) em escritórios condicionados artificialmente. Os autores observaram que, nos escritórios condicionados artificialmente em que se permitem adaptações comportamentais, há aceitabilidade para níveis de temperatura mais altos, durante os meses de verão. Os autores concluíram que, nos escritórios artificialmente climatizados em que há possibilidades de adaptações comportamentais, os usuários consideram confortáveis temperaturas situadas acima das faixas previstas pelos índices de conforto. Desta forma, o estudo propõe meios para que se possa relativizar o emprego dos índices de conforto térmico em escritórios condicionados artificialmente, procurando economizar energia e reduzir a poluição ambiental. Há, também, os estudos realizados por Chen e Chang (2012) em escritórios condicionados artificialmente situados Singapura. O clima de Singapura é tropical úmido e as temperaturas externas alcançam 34 °C. Os autores observaram que, quando a diferença entre temperatura interna e externa se situa em torno de 6,5 °C, os usuários referem sensação de frio nos ambientes internos, ainda que os níveis estejam situados dentro dos padrões de conforto da Norma ASHRAE Standard 55-2010. Este estudo mostra a influência do clima regional na sensação térmica relatada pelas pessoas que trabalham em ambientes condicionados artificialmente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado o estudo de sete escritórios situados na torre comercial do Edifício Itália. O edifício comercial em estudo foi projetado por Franz Heep e construído entre 1960 e 1965. Está situado na cidade de São Paulo, na Avenida Ipiranga número 344, na esquina com a Avenida São Luís. É um bairro central, bastante verticalizado e com muito trânsito de veículos e de pessoas.

O edifício está composto pelos seguintes blocos: um bloco de embasamento, uma torre vertical de 40 pavimentos e dois blocos laminares laterais de 8 pavimentos cada (Figura 1). A torre vertical está centralizada no bloco de embasamento e tem um formato ovalado que garante uma ampla insolação ao prédio, estando protegida da radiação solar por meio de brises verticais de concreto e brises horizontais de alumínio. Procurou-se obter uma amostragem diversificada, com escritórios situados em diversas alturas e voltados para diferentes direções de fachada.



Figura 1 - Maquete do Edifício Itália

Fonte: Acrópole (210) março, 1956, p.223. Disponível em <<http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/210>>

O edifício foi construído em concreto armado, com estrutura independente da fachada. Esta concepção estrutural permitiu maior flexibilidade na divisão dos ambientes e propiciou maiores aberturas na fachada. Em cada pavimento-tipo da torre, existem doze pilares de concreto armado de seção circular, localizados em linhas perimetrais situadas internamente ao contorno da fachada (Figura 2).

O edifício tem ainda, um núcleo central formado por cinco grupos de elevadores.

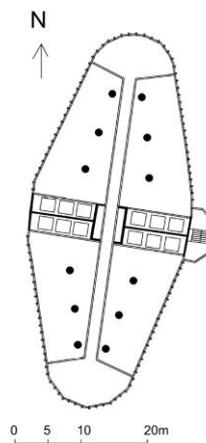


Figura 2 – Planta do pavimento-tipo da torre de escritórios do Edifício Itália

Fonte: elaborado pelo autor

Apesar das amplas aberturas, a observação da fachada mostra a presença de inúmeros aparelhos de ar-condicionado (Figura 3). Por diversos motivos, uma boa parte dos escritórios optou pelo condicionamento de ar em seus ambientes de trabalho, mantendo as janelas permanentemente fechadas.



Figura 3 - Fotografia da fachada mostrando os brises horizontais e verticais

Fonte: Fotografia tirada pelo autor

Nos ambientes estudados, o uso de ar-condicionado ocorre em tempo integral e as janelas permanecem fechadas. Os funcionários não têm opção de regulagem da temperatura. A Tabela 3 mostra os escritórios avaliados, sua localização no edifício, orientação de fachada, tipologia e metragem.

Tabela 3 – Relação dos escritórios avaliados
Fonte: elaborado pelo autor

Escritório	Pavimento	Fachada em estudo	Tipologia	Área (m ²)
Escritório I	Pavimento 4	Noroeste	Aberto	128 m ²
Escritório II	Pavimento 5	Sudeste, Sudoeste, Noroeste	Aberto	300 m ²
Escritório III	Pavimento 5	Noroeste	Aberto	165 m ²
Escritório IV	Pavimento 6	Sudeste, Sudoeste, Noroeste	Celular	386 m ²
Escritório V	Pavimento 32	Sudeste e Sudoeste	Celular	370 m ²
Escritório VI	Pavimento 33	Nordeste e Noroeste	Aberto	490 m ²
Escritório VII	Pavimento 39	Sudeste e Sudoeste	Celular	217 m ²

Foram realizadas medições físicas de 1 em 1 hora dos seguintes parâmetros ambientais internos: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade do ar. As medições foram realizadas a 60 cm do chão em ambientes ocupados por usuários que trabalham na posição sentada e em atividades leves. As avaliações de conforto térmico foram realizadas segundo os índices do PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Percentage of Dissatisfied*) propostos por Fanger e adotados pela Norma ASHRAE a partir de 2004 e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. As análises dos escritórios foram realizadas no mês de janeiro, adotando-se como vestimenta o padrão de 0,5 clo para os dois índices. O nível de atividade física considerado foi o de digitação, típico dos escritórios avaliados.

Foram também realizadas pesquisas para avaliação da percepção dos usuários quanto ao grau de conforto ambiental. Foram aplicados questionários contendo uma série ordenada de questões fechadas contendo perguntas gerais e perguntas específicas sobre percepção do conforto ambiental. Procurou-se apreender a visão subjetiva dos usuários dentro de sua vivência diária. Trata-se de uma ferramenta, desenvolvida no âmbito da Avaliação Pós Ocupação (APO), que procura medir o grau de satisfação dos usuários. Todos os participantes tinham pelo menos 1 ano de trabalho na empresa e assinaram o termo de livre consentimento. Infelizmente, porém, nem todos os escritórios permitiram a aplicação desta ferramenta.

Terminada a coleta de dados, os resultados das avaliações pelos dois índices de conforto térmico foram confrontados entre si e comparados com os resultados das avaliações de percepção dos usuários quanto ao grau de conforto ambiental.

3. EVOLUÇÃO DA PESQUISA E RESULTADOS

A seguir, serão apresentados os resultados das avaliações de conforto térmico pelos dois índices de conforto em cada escritório estudado. Nos escritórios que permitiram a aplicação do questionário de avaliação da percepção dos usuários quanto ao grau de conforto ambiental, também serão expostos os resultados.

No escritório I, foram realizadas 34 medições durante o período de avaliação. Com esses dados foram realizadas avaliações segundo os índices PMV e PPD propostos por Fanger e adotados pela Norma ASHRAE a partir de 2004 e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. A Tabela 4 mostra o horário da medição (Hs), os valores de temperatura do ar (Tar), temperatura radiante média (TRM), umidade do ar em % (Uar), velocidade do ar (Var), vestimenta (clo), TO (segundo a NBR 16401-2/2008) e a comparação dos resultados pelas duas formas de avaliação. As avaliações baseadas na TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008 mostraram que 20% dos resultados revelaram desconforto por calor. Por outro lado, as avaliações realizadas segundo os índices do PMV e PPD estiveram todos dentro da zona de conforto. A empresa não permitiu pesquisa de opinião dos funcionários.

Tabela 4 – Resultados do escritório I
Fonte: elaborado pelo autor

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
1	12	25,02	24,76	61,37	0,04	0,5	24,89	Confortável	Confortável	5%
2	13	25,19	24,86	59,74	0,04	0,5	25,03	Confortável	Confortável	5%
3	14	25,28	24,99	60,68	0,04	0,5	25,14	Confortável	Confortável	5%
4	15	25,60	25,31	58,81	0,04	0,5	25,46	Confortável	Confortável	5%
5	16	25,89	25,63	58,48	0,04	0,5	25,76	Desconforto/calor	Confortável	6%
6	17	26,09	25,76	57,39	0,04	0,5	25,93	Desconforto/calor	Confortável	7%

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
7	18	25,62	25,20	52,42	0,04	0,5	25,41	Confortável	Confortável	5%
8	8	25,31	24,57	55,03	0,06	0,5	24,94	Confortável	Confortável	5%
9	9	25,02	24,35	54,20	0,16	0,5	24,68	Confortável	Confortável	7%
10	10	25,09	24,57	53,01	0,07	0,5	24,83	Confortável	Confortável	5%
11	11	25,21	24,62	54,48	0,07	0,5	24,91	Confortável	Confortável	5%
12	12	25,43	24,97	60,33	0,04	0,5	25,20	Confortável	Confortável	5%
13	13	25,50	24,94	57,12	0,04	0,5	25,22	Confortável	Confortável	5%
14	14	25,36	24,97	53,90	0,04	0,5	25,16	Confortável	Confortável	5%
15	15	25,38	25,03	52,17	0,08	0,5	25,20	Confortável	Confortável	5%
16	16	25,72	25,27	59,95	0,10	0,5	25,49	Confortável	Confortável	5%
17	17	25,60	24,93	57,01	0,04	0,5	25,27	Confortável	Confortável	5%
18	18	25,36	24,87	51,47	0,04	0,5	25,11	Confortável	Confortável	5%
19	8	25,93	25,24	70,67	0,04	0,5	25,59	Desconforto/calor	Confortável	7%
20	9	25,67	25,11	68,68	0,04	0,5	25,39	Confortável	Confortável	6%
21	10	25,42	25,04	56,67	0,04	0,5	25,24	Confortável	Confortável	5%
22	11	25,38	24,96	57,44	0,04	0,5	25,17	Confortável	Confortável	5%
23	12	25,47	25,16	58,39	0,04	0,5	25,32	Confortável	Confortável	5%
24	13	25,50	25,05	58,67	0,07	0,5	25,27	Confortável	Confortável	5%
25	14	25,55	25,20	59,21	0,04	0,5	25,37	Confortável	Confortável	5%
26	15	25,79	25,54	58,78	0,04	0,5	25,67	Desconforto/calor	Confortável	6%
27	16	25,84	25,52	55,73	0,04	0,5	25,68	Desconforto/calor	Confortável	6%
28	17	26,01	25,76	56,29	0,04	0,5	25,89	Desconforto/calor	Confortável	6%
29	18	25,76	25,35	55,88	0,04	0,5	25,56	Desconforto/calor	Confortável	6%
30	8	25,50	24,51	58,89	0,04	0,5	25,01	Confortável	Confortável	5%
31	9	25,13	24,44	59,05	0,04	0,5	24,79	Confortável	Confortável	5%
32	10	25,16	24,53	54,31	0,17	0,5	24,85	Confortável	Confortável	7%
33	11	25,38	24,93	58,28	0,04	0,5	25,15	Confortável	Confortável	5%
34	12	25,28	24,72	52,12	0,07	0,5	25,00	Confortável	Confortável	5%

No escritório II, foram realizadas 33 medições na sala voltada para Noroeste. Com esses dados foram realizadas avaliações segundo os índices PMV e PPD e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. A Tabela 5 mostra os resultados. As avaliações baseadas na TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008 mostraram que todos os resultados estão situados dentro da zona de conforto. Por outro lado, 12% das avaliações realizadas segundo os índices do PMV e PPD revelaram desconforto por frio. Os resultados segundo os índices do PMV e PPD estão mais próximos do que foi verificado nas pesquisas de opinião dos usuários (33% referem desconforto por frio).

Tabela 5 – Resultados do escritório II
Fonte: elaborado pelo autor

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
1	8	23,35	22,37	73,48	0,05	0,5	22,86	Confortável	Desconforto/frio	14%
2	9	23,59	22,79	73,50	0,05	0,5	23,19	Confortável	Desconforto/frio	11%
3	10	23,45	22,61	68,27	0,05	0,5	23,03	Confortável	Desconforto/frio	13%
4	11	23,83	23,35	64,74	0,05	0,5	23,59	Confortável	Confortável	10%
5	12	24,00	23,41	64,10	0,05	0,5	23,71	Confortável	Confortável	9%
6	13	24,15	23,93	62,64	0,05	0,5	24,04	Confortável	Confortável	7%
7	14	24,34	23,96	60,37	0,05	0,5	24,15	Confortável	Confortável	7%
8	15	24,70	24,18	60,40	0,05	0,5	24,44	Confortável	Confortável	6%
9	16	24,97	24,34	59,73	0,05	0,5	24,65	Confortável	Confortável	5%
10	17	24,90	24,05	60,12	0,05	0,5	24,47	Confortável	Confortável	6%
11	18	24,82	23,95	60,91	0,05	0,5	24,38	Confortável	Confortável	6%
12	8	23,52	22,68	73,34	0,05	0,5	23,10	Confortável	Desconforto/frio	12%
13	9	24,03	23,54	72,50	0,05	0,5	23,78	Confortável	Confortável	7%
14	10	24,00	23,62	67,24	0,05	0,5	23,81	Confortável	Confortável	8%
15	11	24,58	24,46	64,99	0,05	0,5	24,52	Confortável	Confortável	5%
16	12	25,07	24,81	63,40	0,05	0,5	24,94	Confortável	Confortável	5%
17	13	25,14	24,75	60,68	0,05	0,5	24,94	Confortável	Confortável	5%
18	14	25,21	24,79	60,17	0,05	0,5	25,00	Confortável	Confortável	5%
19	15	24,90	24,30	60,40	0,05	0,5	24,60	Confortável	Confortável	5%

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
20	16	24,87	24,31	59,78	0,05	0,5	24,59	Confortável	Confortável	5%
21	17	24,73	23,92	61,72	0,05	0,5	24,32	Confortável	Confortável	5%
22	18	24,34	23,35	62,82	0,05	0,5	23,85	Confortável	Confortável	8%
23	8	24,29	23,49	73,87	0,05	0,5	23,89	Confortável	Confortável	7%
24	9	24,56	24,14	72,83	0,05	0,5	24,35	Confortável	Confortável	5%
25	10	24,92	24,53	63,65	0,05	0,5	24,73	Confortável	Confortável	5%
26	11	24,94	24,73	59,88	0,05	0,5	24,83	Confortável	Confortável	5%
27	12	24,94	24,66	59,70	0,05	0,5	24,80	Confortável	Confortável	5%
28	13	24,94	24,73	58,95	0,05	0,5	24,83	Confortável	Confortável	5%
29	14	24,92	24,57	58,15	0,05	0,5	24,74	Confortável	Confortável	5%
30	15	25,19	24,83	56,63	0,05	0,5	25,01	Confortável	Confortável	5%
31	16	25,21	24,55	57,94	0,05	0,5	24,88	Confortável	Confortável	5%
32	17	24,68	23,73	58,85	0,05	0,5	24,20	Confortável	Confortável	7%
33	18	24,44	23,63	58,97	0,05	0,5	24,03	Confortável	Confortável	7%

No escritório III, foram realizadas 34 medições. Com esses dados foram realizadas avaliações segundo os índices PMV e PPD e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. A Tabela 6 mostra os resultados. As avaliações baseadas na TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008 mostraram que 70% dos resultados revelaram desconforto por calor. Por outro lado, apenas 20% das avaliações realizadas segundo os índices do PMV e PPD revelaram desconforto por calor. A empresa não permitiu pesquisa de opinião dos funcionários.

Tabela 6 - Resultados do escritório III
Fonte: elaborado pelo autor

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
1	12	25,11	24,56	58,83	0,04	0,5	24,83	Confortável	Confortável	5%
2	13	25,40	24,74	61,90	0,04	0,5	25,07	Confortável	Confortável	5%
3	14	25,67	25,08	61,39	0,04	0,5	25,37	Confortável	Confortável	5%
4	15	26,16	25,49	59,12	0,04	0,5	25,83	Desconforto/calor	Confortável	7%
5	16	26,84	26,07	57,29	0,04	0,5	26,45	Desconforto/calor	Confortável	10%
6	17	26,84	25,96	55,25	0,04	0,5	26,40	Desconforto/calor	Confortável	9%
7	18	26,28	25,22	52,19	0,04	0,5	25,75	Desconforto/calor	Confortável	6%
8	8	25,57	24,47	60,14	0,04	0,5	25,02	Confortável	Confortável	5%
9	9	25,72	24,80	64,27	0,04	0,5	25,26	Confortável	Confortável	5%
10	10	26,13	25,25	61,86	0,04	0,5	25,69	Desconforto/calor	Confortável	6%
11	11	26,97	26,33	64,48	0,04	0,5	26,65	Desconforto/calor	Desconforto/calor	13%
12	12	27,80	27,13	62,50	0,04	0,5	27,47	Desconforto/calor	Desconforto/calor	21%
13	13	28,07	27,29	60,97	0,04	0,5	27,68	Desconforto/calor	Desconforto/calor	24%
14	14	27,24	26,20	57,44	0,04	0,5	26,72	Desconforto/calor	Desconforto/calor	12%
15	15	26,33	25,34	55,27	0,04	0,5	25,83	Desconforto/calor	Confortável	6%
16	16	26,74	25,79	62,21	0,11	0,5	26,27	Desconforto/calor	Confortável	9%
17	17	27,26	26,37	61,58	0,04	0,5	26,82	Desconforto/calor	Desconforto/calor	14%
18	18	27,43	26,47	59,97	0,04	0,5	26,95	Desconforto/calor	Desconforto/calor	15%
19	8	27,11	26,15	70,05	0,04	0,5	26,63	Desconforto/calor	Desconforto/calor	14%
20	9	26,23	25,31	58,54	0,04	0,5	25,77	Desconforto/calor	Confortável	6%
21	10	26,35	25,54	56,93	0,04	0,5	25,95	Desconforto/calor	Confortável	7%
22	11	26,74	25,83	60,23	0,07	0,5	26,28	Desconforto/calor	Confortável	9%
23	12	26,50	25,62	56,61	0,04	0,5	26,06	Desconforto/calor	Confortável	8%
24	13	26,16	25,42	57,97	0,11	0,5	25,79	Desconforto/calor	Confortável	6%
25	14	25,96	25,08	56,72	0,04	0,5	25,52	Desconforto/calor	Confortável	6%
26	15	26,40	25,66	56,22	0,04	0,5	26,03	Desconforto/calor	Confortável	7%
27	16	26,16	25,46	53,70	0,04	0,5	25,81	Desconforto/calor	Confortável	6%
28	17	26,65	25,91	54,84	0,04	0,5	26,28	Desconforto/calor	Confortável	8%
29	18	26,04	24,97	49,77	0,04	0,5	25,50	Confortável	Confortável	5%
30	8	26,26	25,19	53,33	0,05	0,5	25,72	Desconforto/calor	Confortável	6%
31	9	25,09	24,50	56,21	0,04	0,5	24,79	Confortável	Confortável	5%
32	10	24,92	24,33	53,56	0,11	0,5	24,62	Confortável	Confortável	6%
33	11	24,77	24,22	50,56	0,08	0,5	24,50	Confortável	Confortável	6%
34	12	24,99	24,33	51,77	0,16	0,5	24,66	Confortável	Confortável	6%

No escritório IV, foram realizadas 34 medições na sala voltada para sudeste. Com esses dados foram realizadas avaliações segundo os índices PMV e PPD e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. A Tabela 7 mostra os resultados. As avaliações baseadas na TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008 mostraram que 44% dos resultados revelaram desconforto por calor e 11% de desconforto por frio. Por outro lado, nas avaliações realizadas segundo os índices do PMV e PPD %, 29% dos resultados revelaram desconforto por calor e 29%, desconforto por frio. A pesquisa de opinião dos funcionários mostrou 12,5% de insatisfação por calor e 12,5 % de insatisfação por frio. Conclui-se que os resultados segundo os índices do PMV e PPD mostram uma proporção mais proporcional em relação ao que foi verificado nas pesquisas de opinião dos usuários.

Tabela 7 - Resultados do escritório IV

Fonte: elaborado pelo autor

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
1	12	22,51	21,99	52,87	0,06	0,5	22,25	Desconforto/frio	Desconforto/frio	27%
2	13	23,28	22,83	59,16	0,25	0,5	23,05	Confortável	Desconforto/frio	15%
3	14	23,52	23,14	59,88	0,08	0,5	23,33	Confortável	Desconforto/frio	12%
4	15	22,82	22,37	55,04	0,06	0,5	22,60	Confortável	Desconforto/frio	21%
5	16	22,13	21,65	52,85	0,04	0,5	21,89	Desconforto/frio	Desconforto/frio	32%
6	17	22,37	21,95	56,50	0,07	0,5	22,16	Desconforto/frio	Desconforto/frio	27%
7	18	21,63	21,21	52,69	0,04	0,5	21,42	Desconforto/frio	Desconforto/frio	40%
8	8	26,01	25,76	66,05	0,04	0,5	25,89	Desconforto/calor	Confortável	8%
9	9	24,48	24,03	53,65	0,04	0,5	24,26	Confortável	Confortável	7%
10	10	24,63	24,28	55,21	0,15	0,5	24,45	Confortável	Confortável	6%
11	11	26,13	25,88	63,06	0,04	0,5	26,01	Desconforto/calor	Confortável	8%
12	12	23,28	22,58	48,87	0,04	0,5	22,93	Confortável	Desconforto/frio	18%
13	13	23,45	22,89	56,28	0,07	0,5	23,17	Confortável	Desconforto/frio	14%
14	14	23,28	22,93	53,36	0,07	0,5	23,11	Confortável	Desconforto/frio	16%
15	15	24,00	23,72	57,95	0,06	0,5	23,86	Confortável	Confortável	9%
16	16	24,94	24,32	55,35	0,04	0,5	24,63	Confortável	Confortável	6%
17	17	25,11	24,38	53,24	0,05	0,5	24,75	Confortável	Confortável	5%
18	18	25,19	24,52	54,69	0,04	0,5	24,85	Confortável	Confortável	5%
19	8	25,91	25,43	69,50	0,04	0,5	25,67	Desconforto/calor	Confortável	7%
20	9	24,77	24,36	62,62	0,04	0,5	24,56	Confortável	Confortável	5%
21	10	25,50	25,38	68,59	0,04	0,5	25,44	Confortável	Confortável	6%
22	11	26,82	26,36	67,22	0,04	0,5	26,59	Desconforto/calor	Desconforto/calor	13%
23	12	27,01	26,59	65,65	0,04	0,5	26,80	Desconforto/calor	Desconforto/calor	15%
24	13	27,16	26,77	65,61	0,04	0,5	26,97	Desconforto/calor	Desconforto/calor	16%
25	14	27,33	26,87	65,76	0,04	0,5	27,10	Desconforto/calor	Desconforto/calor	18%
26	15	27,43	27,01	65,63	0,04	0,5	27,22	Desconforto/calor	Desconforto/calor	19%
27	16	27,53	27,11	66,74	0,04	0,5	27,32	Desconforto/calor	Desconforto/calor	20%
28	17	27,55	27,10	67,84	0,04	0,5	27,33	Desconforto/calor	Desconforto/calor	21%
29	18	27,53	27,04	67,83	0,04	0,5	27,28	Desconforto/calor	Desconforto/calor	20%
30	8	25,74	25,56	68,90	0,04	0,5	25,65	Desconforto/calor	Confortável	7%
31	9	26,57	26,32	69,62	0,04	0,5	26,45	Desconforto/calor	Desconforto/calor	12%
32	10	27,01	26,73	69,34	0,04	0,5	26,87	Desconforto/calor	Desconforto/calor	16%
33	11	26,21	25,40	58,56	0,08	0,5	25,80	Desconforto/calor	Confortável	7%
34	12	23,95	23,89	66,27	0,08	0,5	23,92	Confortável	Confortável	8%

No escritório V, foram realizadas 33 medições na sala voltada para Sudeste. Com esses dados foram realizadas avaliações segundo os índices PMV e PPD e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. A Tabela 8 mostra os resultados. As avaliações baseadas na TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008 mostraram desconforto por frio em 33% dos resultados. Por outro lado, 66% das avaliações realizadas segundo os índices do PMV e PPD revelaram desconforto por frio. Os resultados segundo os índices do PMV e PPD estão mais próximos do que foi verificado nas pesquisas de opinião dos usuários (50% referem que são afetados no trabalho pela falta de conforto térmico e 25% referem muito desconforto por frio).

Tabela 8 - Resultados do escritório V

Fonte: elaborado pelo autor

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
1	8	22,01	21,42	78,70	0,04	0,5	21,72	Desconforto/frio	Desconforto/frio	27%
2	9	21,99	21,47	79,18	0,04	0,5	21,73	Desconforto/frio	Desconforto/frio	27%
3	10	22,08	21,67	79,40	0,04	0,5	21,87	Desconforto/frio	Desconforto/frio	25%
4	11	21,34	21,16	70,38	0,04	0,5	21,25	Desconforto/frio	Desconforto/frio	38%
5	12	21,65	21,80	77,95	0,04	0,5	21,73	Desconforto/frio	Desconforto/frio	30%
6	13	22,59	23,03	75,69	0,04	0,5	22,81	Confortável	Desconforto/frio	15%
7	14	23,14	23,45	72,71	0,04	0,5	23,29	Confortável	Desconforto/frio	11%
8	15	21,46	21,37	64,85	0,04	0,5	21,42	Desconforto/frio	Desconforto/frio	37%
9	16	20,60	20,51	62,39	0,04	0,5	20,56	Desconforto/frio	Desconforto/frio	54%
10	17	22,30	22,61	77,02	0,04	0,5	22,46	Desconforto/frio	Desconforto/frio	19%
11	18	22,71	22,70	79,34	0,04	0,5	22,70	Confortável	Desconforto/frio	15%
12	8	23,33	24,09	76,77	0,04	0,5	23,71	Confortável	Confortável	8%
13	9	23,67	23,95	75,50	0,04	0,5	23,81	Confortável	Confortável	7%
14	10	22,71	22,55	68,44	0,04	0,5	22,63	Confortável	Desconforto/frio	18%
15	11	21,68	21,86	64,89	0,04	0,5	21,77	Desconforto/frio	Desconforto/frio	31%
16	12	23,06	23,65	74,71	0,04	0,5	23,36	Confortável	Desconforto/frio	10%
17	13	23,76	24,25	72,54	0,04	0,5	24,00	Confortável	Confortável	7%
18	14	24,07	24,39	72,01	0,04	0,5	24,23	Confortável	Confortável	6%
19	15	22,68	22,46	62,46	0,04	0,5	22,57	Confortável	Desconforto/frio	20%
20	16	21,56	21,61	60,91	0,04	0,5	21,59	Desconforto/frio	Desconforto/frio	35%
21	17	23,06	23,22	73,84	0,04	0,5	23,14	Confortável	Desconforto/frio	12%
22	18	23,11	22,93	75,74	0,04	0,5	23,02	Confortável	Desconforto/frio	12%
23	8	23,23	22,81	79,39	0,04	0,5	23,02	Confortável	Confortável	13%
24	9	23,91	24,96	78,44	0,04	0,5	24,43	Confortável	Confortável	5%
25	10	22,99	22,93	65,86	0,04	0,5	22,96	Confortável	Desconforto/frio	15%
26	11	21,87	21,90	65,01	0,04	0,5	21,88	Desconforto/frio	Desconforto/frio	29%
27	12	23,45	23,90	72,51	0,04	0,5	23,67	Confortável	Confortável	8%
28	13	24,20	24,65	70,91	0,04	0,5	24,42	Confortável	Confortável	5%
29	14	24,63	24,95	70,40	0,04	0,5	24,79	Confortável	Confortável	5%
30	15	24,77	25,23	66,63	0,04	0,5	25,00	Confortável	Confortável	5%
31	16	24,65	24,68	67,12	0,04	0,5	24,67	Confortável	Confortável	5%
32	17	23,02	22,36	64,94	0,04	0,5	22,69	Confortável	Desconforto/frio	17%
33	18	22,75	22,75	69,76	0,04	0,5	22,75	Confortável	Desconforto/frio	17%

No escritório VI, foram realizadas 34 medições. Com esses dados foram realizadas avaliações segundo os índices PMV e PPD e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. A Tabela 9 mostra os resultados. As avaliações baseadas na TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008 mostraram que 68% dos resultados revelaram desconforto por calor. Por outro lado, apenas 26% das avaliações realizadas segundo os índices do PMV e PPD revelaram desconforto por calor. A empresa não permitiu pesquisa de opinião dos funcionários.

Tabela 9 - Resultados do escritório VI

Fonte: elaborado pelo autor

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
1	12	25,82	25,88	64,72	0,04	0,5	25,85	Desconforto/calor	Confortável	7%
2	13	26,57	25,98	62,15	0,04	0,5	26,28	Desconforto/calor	Confortável	9%
3	14	26,77	26,28	61,96	0,04	0,5	26,52	Desconforto/calor	Desconforto/calor	11%
4	15	27,06	26,57	58,63	0,04	0,5	26,82	Desconforto/calor	Desconforto/calor	13%
5	16	27,09	26,49	56,16	0,04	0,5	26,79	Desconforto/calor	Desconforto/calor	12%
6	17	27,09	26,35	54,71	0,04	0,5	26,72	Desconforto/calor	Desconforto/calor	11%
7	18	26,87	26,02	54,43	0,04	0,5	26,44	Desconforto/calor	Confortável	9%
8	8	26,62	26,44	68,73	0,04	0,5	26,53	Desconforto/calor	Desconforto/calor	12%
9	9	26,18	25,69	62,18	0,04	0,5	25,94	Desconforto/calor	Confortável	7%
10	10	26,82	26,60	60,30	0,04	0,5	26,71	Desconforto/calor	Desconforto/calor	12%
11	11	25,40	24,78	56,92	0,04	0,5	25,09	Confortável	Confortável	5%
12	12	25,45	25,07	56,21	0,04	0,5	25,26	Confortável	Confortável	5%

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
13	13	24,73	23,99	56,47	0,04	0,5	24,36	Confortável	Confortável	6%
14	14	24,63	24,00	54,55	0,04	0,5	24,32	Confortável	Confortável	7%
15	15	24,70	24,14	53,12	0,04	0,5	24,42	Confortável	Confortável	6%
16	16	25,62	25,24	61,99	0,11	0,5	25,43	Confortável	Confortável	6%
17	17	25,02	24,53	59,43	0,04	0,5	24,77	Confortável	Confortável	5%
18	18	25,19	24,77	60,23	0,04	0,5	24,98	Confortável	Confortável	5%
19	8	26,89	26,57	73,40	0,04	0,5	26,73	Desconforto/calor	Desconforto/calor	17%
20	9	26,01	25,73	65,84	0,04	0,5	25,87	Desconforto/calor	Confortável	7%
21	10	24,92	24,43	64,50	0,04	0,5	24,68	Confortável	Confortável	5%
22	11	26,18	26,00	65,96	0,07	0,5	26,09	Desconforto/calor	Confortável	9%
23	12	25,94	25,31	61,65	0,04	0,5	25,62	Desconforto/calor	Confortável	6%
24	13	26,13	25,68	60,26	0,11	0,5	25,91	Desconforto/calor	Confortável	7%
25	14	25,67	25,32	60,09	0,04	0,5	25,50	Confortável	Confortável	6%
26	15	25,82	25,36	59,19	0,04	0,5	25,59	Desconforto/calor	Confortável	6%
27	16	26,01	25,49	56,44	0,04	0,5	25,75	Desconforto/calor	Confortável	6%
28	17	26,11	25,69	56,83	0,04	0,5	25,90	Desconforto/calor	Confortável	7%
29	18	25,57	24,80	56,63	0,04	0,5	25,19	Confortável	Confortável	5%
30	8	26,43	25,69	57,38	0,05	0,5	26,06	Desconforto/calor	Confortável	7%
31	9	25,91	25,21	59,11	0,04	0,5	25,56	Desconforto/calor	Confortável	6%
32	10	26,33	25,84	55,27	0,11	0,5	26,08	Desconforto/calor	Confortável	7%
33	11	27,01	26,49	55,02	0,08	0,5	26,75	Desconforto/calor	Desconforto/calor	12%
34	12	27,24	26,71	54,42	0,16	0,5	26,97	Desconforto/calor	Desconforto/calor	13%

No escritório VII, foram realizadas 33 medições. Com esses dados foram realizadas avaliações segundo os índices PMV e PPD e segundo a TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008. A Tabela 10 mostra os resultados. As avaliações baseadas na TO (Temperatura Operativa) da NBR 16401-2/2008 mostraram que 54% dos resultados revelaram desconforto por frio. Por outro lado, 66% das avaliações realizadas segundo os índices do PMV e PPD revelaram desconforto por frio. As pesquisas de opinião dos usuários (50% referem que o trabalho é prejudicado pela falta de conforto térmico, sendo afetados por frio).

Tabela 10 - Resultados do escritório VII

Fonte: elaborado pelo autor

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
1	8	22,44	21,75	76,96	0,04	0,5	22,09	Desconforto/frio	Desconforto/frio	22%
2	9	22,66	22,03	76,95	0,04	0,5	22,34	Desconforto/frio	Desconforto/frio	19%
3	10	22,80	22,21	76,98	0,04	0,5	22,51	Confortável	Desconforto/frio	17%
4	11	21,63	20,86	68,75	0,04	0,5	21,24	Desconforto/frio	Desconforto/frio	38%
5	12	21,58	21,03	66,78	0,04	0,5	21,30	Desconforto/frio	Desconforto/frio	37%
6	13	21,77	21,35	70,08	0,04	0,5	21,56	Desconforto/frio	Desconforto/frio	32%
7	14	21,65	21,17	64,61	0,04	0,5	21,41	Desconforto/frio	Desconforto/frio	37%
8	15	22,42	21,76	61,41	0,04	0,5	22,09	Desconforto/frio	Desconforto/frio	26%
9	16	22,42	21,69	58,75	0,04	0,5	22,05	Desconforto/frio	Desconforto/frio	27%
10	17	21,53	20,98	64,08	0,04	0,5	21,26	Desconforto/frio	Desconforto/frio	39%
11	18	21,94	21,38	69,75	0,04	0,5	21,66	Desconforto/frio	Desconforto/frio	31%
12	8	23,14	22,51	74,70	0,04	0,5	22,82	Confortável	Desconforto/frio	14%
13	9	23,40	22,81	74,87	0,04	0,5	23,10	Confortável	Desconforto/frio	11%
14	10	23,83	23,42	72,85	0,04	0,5	23,62	Confortável	Confortável	8%
15	11	24,20	23,78	70,76	0,04	0,5	23,99	Confortável	Confortável	7%
16	12	24,41	23,99	71,39	0,04	0,5	24,20	Confortável	Confortável	6%
17	13	21,94	21,28	53,54	0,04	0,5	21,61	Desconforto/frio	Desconforto/frio	36%
18	14	21,72	21,34	54,88	0,04	0,5	21,53	Desconforto/frio	Desconforto/frio	38%
19	15	21,82	21,47	56,01	0,04	0,5	21,65	Desconforto/frio	Desconforto/frio	35%
20	16	22,01	21,63	62,05	0,04	0,5	21,82	Desconforto/frio	Desconforto/frio	30%
21	17	21,68	21,09	64,89	0,04	0,5	21,38	Desconforto/frio	Desconforto/frio	27%
22	18	21,20	20,57	60,00	0,04	0,5	20,89	Desconforto/frio	Desconforto/frio	47%
23	8	23,64	22,98	75,15	0,04	0,5	23,31	Confortável	Confortável	10%
24	9	23,95	23,50	74,95	0,04	0,5	23,73	Confortável	Confortável	7%
25	10	24,34	23,89	75,05	0,04	0,5	24,11	Confortável	Confortável	6%

	Hs	Tar	TRM	Uar %	Var	clo	TO	NBR 16401	PMV	PPD
26	11	24,77	24,32	70,87	0,04	0,5	24,55	Confortável	Confortável	5%
27	12	24,94	24,69	66,50	0,04	0,5	24,82	Confortável	Confortável	5%
28	13	25,38	24,99	63,36	0,04	0,5	25,19	Confortável	Confortável	5%
29	14	22,47	20,89	51,11	0,04	0,5	21,68	Desconforto/frio	Desconforto/frio	35%
30	15	23,11	22,86	54,99	0,04	0,5	22,99	Confortável	Desconforto/frio	17%
31	16	22,71	21,76	54,78	0,04	0,5	22,23	Desconforto/frio	Desconforto/frio	26%
32	17	24,29	23,84	67,47	0,04	0,5	24,07	Confortável	Confortável	7%
33	18	24,65	24,06	68,52	0,04	0,5	24,36	Confortável	Confortável	6%

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Apesar de se reconhecer que o conforto térmico é uma condição essencial para o bom desempenho e a saúde dos funcionários, ainda se discute muito o conceito de conforto e como ele pode ser avaliado. Em decorrência da complexidade do tema e dos inúmeros fatores atuantes, a avaliação de conforto térmico nos espaços internos ainda é um processo que estimula bastante discussão. Os índices de conforto apresentam limitações e nem sempre oferecem resultados compatíveis com os resultados obtidos pelas pesquisas de opinião dos usuários. Nos ambientes continuamente condicionados, é possível usar os índices PMV e PPD de Fanger ou o cálculo da TO segundo a NBR 16401-2/2008. Diversos estudos têm mostrado discrepâncias dos resultados obtidos por meio desses índices em relação às pesquisas de opinião dos usuários, atribuindo essas diferenças às peculiaridades dos contextos climáticos dos locais avaliados, às diferentes expectativas dos usuários, às possibilidades de mudanças comportamentais e à presença ou não de acesso ao controle da temperatura por parte dos usuários.

O modelo de Fanger partiu de experimentos de laboratório realizados em condições controladas. Assumiu-se que a sobrecarga causada por ganhos ou perdas de calor seria capaz de provocar uma sensação desagradável que conduziria os usuários a registrarem seus votos sobre a sensação térmica fora da zona de neutralidade do conforto. Utilizou-se uma escala de sete pontos partindo do muito quente (+3) até o muito frio (-3). É preciso lembrar, entretanto, que o índice PMV não leva em consideração diversas questões relacionadas as condições presentes nos ambientes reais, tais como: características da população, clima regional, expectativas, hábitos, fatores culturais, variações de percepção conforme a estação do ano. A maior crítica a este método consiste no fato de que a percepção térmica nos ambientes reais não depende apenas dos parâmetros físicos, mas também de outros fatores capazes de alterar a percepção dos usuários, tais como: adaptação ao clima local, expectativas, costumes, controle sobre os níveis de temperatura.

Já o modelo da TO da NBR 16401-2/2008 trabalha em função dos valores calculados de Temperatura Operativa (TO). Há, porém, trabalhos que apontam variações no conceito de temperatura neutra ao longo do mundo. Para as regiões subtropicais (São Paulo), segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, caracterizadas por clima quente e úmido no verão e frio e seco no inverno, são citadas diferenças nas percepções de conforto por ação da aclimação. Em razão das tendências de ocorrência de temperaturas cada vez mais elevadas no verão, é possível que se encontre mudanças nas preferências em função da aclimação, especialmente nas regiões com verão mais acentuado.

Vê-se, portanto, que a comparação entre os resultados obtidos pelos índices de conforto entre si e com as pesquisas de percepção dos usuários é um procedimento importante. As mudanças climáticas têm trazido, também, a necessidade de revisões dos padrões de temperatura neutra ao longo do mundo.

Nesta pesquisa, foram realizadas medições de temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade do ar, com medidores situados a 60 cm do piso. As medições ocorreram de hora em hora, no mês de janeiro. A comparação dos resultados mostrou que houve diferenças entre as avaliações de conforto realizadas pela TO da NBR 16401-2/2008 e pelos índices PMV e PPD de Fanger. Nesta situação, a utilização de questionários nas pesquisas de conforto térmico permitiu a obtenção de resultados reais sobre a percepção dos usuários.

Ao observar os resultados do escritório IV e V é possível verificar a presença de diversas medições que, quando analisadas pela TO da NBR 16401-2/2008 caem na faixa admitida como confortável, mas que, quando analisadas pelos índices PMV e PPD de Fanger foram consideradas fora da zona de conforto por estarem muito frias. Nos escritórios em que foi possível pesquisar a opinião dos usuários, os resultados da pesquisa mostraram-se mais próximos dos resultados obtidos pelos índices PMV e PPD de Fanger, com queixas de desconforto por frio. Nesses escritórios, a pesquisa de opinião dos funcionários serviu para mostrar que há queixas de desconforto pelo frio no intervalo de temperatura operativa tido como confortável pela NBR 16401-2/2008. É preciso lembrar que as medições foram efetuadas em janeiro, durante o verão. Nesses escritórios, não foram evidenciadas turbulências de ar que pudessem ser responsabilizadas pelo resultado.

Por outro lado, o uso dos índices PMV e PPD levou a uma maior tolerância por situações em que a NBR 16401-2/2008 apontou desconforto pelo calor. Nos escritórios I, IV e VI, é possível observar medições que são consideradas desconfortáveis pelo calor quando analisadas pelo método da TO da NBR 16401-2/2008, mas que pelos índices PMV e PPD de Fanger caem na faixa de conforto térmico.

As avaliações do escritório VII mostram que, quando as temperaturas ficam muito frias, os resultados pelas duas avaliações tendem a se aproximar. Os dois índices evidenciam o desconforto pelo frio, quando as temperaturas estão mais afastadas da zona de neutralidade térmica.

Esses resultados apontam que, no período do verão, as avaliações de percepção dos usuários demonstraram queixas de desconforto por frio para valores de Temperatura Operativa situados dentro da zona de conforto segundo a NBR 16401-

2/2008. Percebe-se, por esses resultados, a oportunidade de redução do consumo de energia por meio de estudos que possam propiciar um ajuste na zona de conforto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos edifícios comerciais artificialmente condicionados, praticamente 70% do consumo de energia está relacionado ao ar-condicionado e à iluminação artificial. Depreende-se, portanto, que os estudos sobre conforto térmico têm grande importância para a economia energética. É preciso lembrar, também, que a sensação de conforto não depende apenas dos parâmetros físicos, mas também de fatores psicológicos, culturais, características pessoais e do processo de aclimação.

O modelo experimental de Fanger utiliza o conceito de neutralidade térmica e procura prever a sensação térmica de um grupo de pessoas, baseando-se em um modelo de balanço térmico do corpo humano. O PMV é calculado a partir de seis variáveis: temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar, taxa de metabolismo e vestimenta.

O modelo da temperatura operativa utiliza o conceito de sensação de conforto térmico, que não depende apenas dos parâmetros físicos presentes no ambiente interno. Admite que a sensação de conforto depende também de outros fatores capazes de modificar a sensibilidade das pessoas. Nesse sentido, a NBR 16401-2/2008 traz faixas diferentes de conforto para o verão e o inverno.

As análises dos escritórios foram realizadas no mês de janeiro, representando apenas o que ocorre nesta época do ano. Observou-se, pelo estudo, que o emprego da faixa de conforto preconizada pela NBR 16401-2/2008 nos ambientes condicionados artificialmente, durante o período do verão, pode estar conduzindo ao uso de temperaturas muito baixas e a um maior gasto energético. Esta situação deve ser evitada por eventuais prejuízos à saúde dos ocupantes e pelos reflexos sobre o consumo energético e sobre a poluição ambiental. É possível que as mudanças climáticas tenham trazido modificações nas percepções dos usuários, gerando a necessidade de ajustes nos índices de conforto adotados. No caso da NBR 16401-2/2008, é necessário promover mais estudos para verificar se há necessidade de ajustes na zona de conforto, possivelmente causados pelo aumento das temperaturas externas, especialmente no verão. Nesta situação, a aclimação às elevadas temperaturas de verão pode estar configurando novas preferências, mudando a sensação de conforto térmico dos usuários. Desta forma, será possível produzir ambientes mais saudáveis e mais sustentáveis, ajustados às preferências dos usuários e condizentes com as condições climáticas atuais.

A partir desta pesquisa, propõe-se realizar estudos mais aprofundados sobre o tema, visando uma eventual revisão dos padrões de conforto térmico adotados, procurando uma aproximação com a realidade que é atualmente vivida pelos usuários e buscando alcançar uma redução do consumo energético.

BIBLIOGRAFIA

ALFANO, F. R. A.; PALELLA, B. I.; RICCIO, G. **The role of measurement accuracy on thermal environment assessment by means of PMV index.** Building and Environment 46 (2011), pp. 1361-1369.

BEEREPOOT, M. Policy Profile: **Encouraging Use of Renewable Energy by Implementing the Energy Performance of Buildings Directive.** European Environment. 16 (2006), pp. 167-177.

BLUYSSSEN, P. M. **Towards new methods and ways to create healthy and comfortable buildings.** Building and Environment 45 (2010), pp. 808-818.

CAO, B.; ZHU, Y.; OUYANG, Q.; ZHOU, X.; HUANG, L. **Field study of human thermal comfort and thermal adaptability during the summer and winter in Beijing.** Energy and Buildings 43 (2011), pp. 1051 - 1056.

CHEN, A.; CHANG, V. **Human health and thermal comfort of office workers in Singapore.** Building and Environment 58 (2012), pp. 172 - 178.

FOLET, H. C. **Challenges and Opportunities in Engineered Retrofits of Buildings for Improved Energy Efficiency and Habitability.** American Institute of Chemical Engineers Journal, March 2012 Vol. 58, No. 3, pp. 658-667.

HANNA, S. R.; YOUNG, G. S. **The need for harmonization of methods for finding locations and magnitudes of air pollution sources using observations of concentrations and wind fields.** Atmospheric Environment 148 (2017), pp. 361-363.

INDRAGANTI, M.; OOKA, R.; RIJAL, H. B. **Thermal comfort in offices in summer: Findings from a field study under the 'setsuden' conditions in Tokyo, Japan.** Building and Environment 61 (2013), pp. 114 -132.

KIM, J.; de DEAR, R. **Thermal comfort expectations and adaptive behavioural characteristics of primary and secondary school students.** Building and Environment 127 (2018), pp. 13-22.

- MAITI, R. **PMV model is insufficient to capture subjective thermal response from Indians**. International Journal of Industrial Ergonomics 44 (2014), pp. 349 – 361.
- MISHRA, K. A.; RAMGOPAL, M. **Field studies on human thermal comfort - An overview**. Building and Environment 64 (2013), pp. 94-106.
- OPPELT, E. T. **Science, Technology, and Environmental Protection**. Environmental Progress Vo1.21 (2002), No.3, pp. 2-3.
- PLAIA, A.; DI SALVO, F.; RUGGIERI, M.; AGRÓ, G. **A Multisite-Multipollutant Air Quality Index**. Atmospheric Environment 70 (2013), pp. 387-391.
- WANG, Z.; LI, A.; REN, J.; HE, Y. **Thermal adaptation and thermal environment in university classrooms and offices in Harbin**. Energy and Buildings 77 (2014), pp. 192 - 196
- YUAN, C.; NG, E.; NORFORD, K. L. **Improving air quality in high-density cities by understanding the relationship between air pollutant dispersion and urban morphologies**. Building and Environment 71 (2014), pp. 245-258.
- ZHANG, H.; YANG, R.; YOU, S.; ZHENG, W.; ZHENG, X.; YE, T. **The CPMV index for evaluating indoor thermal comfort in buildings with solar radiation**. Building and Environment 134 (2018), pp. 1–9.