

Importância da percepção dos usuários na avaliação de conforto térmico e qualidade do ar

The importance of users perceptions in thermal comfort and air quality evaluations

DOI:10.34117/bjdv7n2-053

Recebimento dos originais: 20/01/2021

Aceitação para publicação: 04/02/2021

Sheila Regina Sarra

Pós-Doutoranda, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,
Departamento de Tecnologia

Endereço: Rua do Lago 876, Cidade Universitária, 05508- 05508-080 São Paulo, SP,
Brasil

E-mail: sheila_sarra@hotmail.com

Roberta Consentino Kronka Mülfarth

Professora Doutora Associada, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo, Departamento de Tecnologia

Endereço: Rua do Lago 876, Cidade Universitária, 05508- 05508-080 São Paulo, SP,
Brasil

E-mail: rkronka@usp.br

RESUMO

Este estudo apresenta os resultados da aplicação de uma metodologia de avaliação de conforto térmico e qualidade do ar, baseada na integração dos resultados das avaliações físicas ambientais com as pesquisas de percepção de conforto e de saúde junto aos usuários do ambiente em estudo. Para isto, foram avaliados seis escritórios com uso exclusivo de ar-condicionado, situados na cidade de São Paulo. Ao final do estudo, verificou-se que a inclusão da pesquisa da percepção de saúde e de conforto trouxe contribuições significativas para os resultados da avaliação. Foi observado que o grau de satisfação estimado por meio de índices de conforto térmico nem sempre corresponde à percepção de conforto emitida pelos usuários. Em relação às avaliações da qualidade do ar, a pesquisa de sintomas foi fundamental para a detecção de quadros compatíveis com SBS (Sick Building Syndrome), mesmo nos casos em que os resultados do PMOC (Plano de Manutenção, Operação e Controle) foram normais.

Palavras-chave: Conforto térmico, qualidade do ar, saúde, percepção dos usuários.

ABSTRACT

This article shows the results of a new methodology of thermal comfort and air quality evaluations, focusing on the confrontation between the physical environment evaluations and the users' perceptions about health and comfort. For this, we assessed six offices with

exclusive use of air conditioning, all placed in the city of São Paulo. At the end of the study, we concluded that the inclusion of users' perception about health and comfort contributed significantly to the evaluation results. It was noted that the estimates of satisfaction by thermal comfort indices did not always correspond to the users' perceptions. In respect of air-quality evaluations, the research of users' symptoms was vital to the detection of clinical patterns of SBS (Sick Building Syndrome), even in cases where PMOC (Maintenance, Operation and Control Plan) results were normal.

Keywords: Environmental comfort, lighting, health.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Roelofsen (2002), o conforto térmico e a qualidade do ar estão entre os principais fatores capazes de afetar a qualidade dos ambientes internos e, conseqüentemente, a saúde, o conforto e o desempenho dos trabalhadores. Estudos de Thach et al. (2020) mostram que a insatisfação com a qualidade dos ambientes internos pode provocar estresse e comprometer a concentração nas tarefas e a produtividade.

Segundo Dias et al. (2019), a atual necessidade de reduzir o consumo de energia pelos edifícios, tem estimulado o uso de diversos modelos de simulação de eficiência energética, porém, os resultados nem sempre conferem conforto térmico. Wargocki, e Wyon (2017) advertem que a redução do consumo de energia e das emissões de carbono são importantes objetivos, mas não devem ser alcançados às custas do comprometimento do conforto térmico e da qualidade do ar.

A evolução do conceito de conforto fez surgir vários índices de conforto térmico com o objetivo de predizer o grau de satisfação dos usuários. Percebeu-se, também, que o conforto térmico não depende apenas das variáveis ambientais, mas também de componentes individuais, comportamentais, subjetivos, culturais e sociais. Por esta razão, ficou evidente a importância das pesquisas de percepção dos usuários. Surgiram, também, estudos mostrando os efeitos do desconforto térmico sobre a saúde. Estudos de Lan et al. (2011) mostraram que o desconforto pelo calor pode desencadear sintomas de estresse, fadiga, astenia, cansaço, irritação e ressecamento dos olhos. A exposição ao frio também pode ocasionar problemas de saúde e sintomas como cefaleia, calafrios, coriza, falta de concentração e estresse.

Em relação à qualidade do ar, a dependência dos sistemas de climatização trouxe o aparecimento de diversos tipos sintomas que constituíram uma síndrome chamada de SBS (*Sick Building Syndrome*). Esta síndrome tem relação com o trabalho em ambientes

fechados e dependentes de ar-condicionado, onde diversos fatores podem trazer prejuízos para a saúde. Segundo Spinazzè et al. (2020), os sintomas desencadeados pelos poluentes não seguem um padrão dose-resposta simples, mas dependem de uma combinação de fatores, incluindo a taxa de renovação do ar.

Wong et al. (2009) discutem quais os parâmetros de importância a serem dosados para que um protocolo de avaliação da qualidade do ar seja eficiente. Segundo o autor, a seleção dos parâmetros avaliados interfere no valor preditivo do protocolo utilizado. No caso do protocolo de Hong Kong são pesquisados 12 parâmetros para avaliação da qualidade do ar: dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas inaláveis em suspensão, dióxido de nitrogênio, ozônio, formaldeído, compostos orgânicos voláteis totais, radiações, bactérias no ar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar.

Segundo Wei et al. (2020), os parâmetros mais utilizados nos processos de certificação para avaliação da qualidade do ar são: taxa de ventilação (renovação do ar), compostos orgânicos voláteis totais, dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas inaláveis em suspensão (PM_{10} e $PM_{2.5}$), ozônio, benzeno e radiação. No caso da avaliação do ambiente térmico, os parâmetros mais usados são: PMV e PPD de Fanger, temperatura operativa, umidade relativa do ar e velocidade do ar.

Segundo Xu et al. (2018), a umidade relativa do ar é um importante parâmetro de qualidade dos ambientes internos, podendo comprometer o conforto térmico, a percepção da qualidade do ar e a eficiência das instalações de ar-condicionado. Para Zuo et al. (2020), o aumento da umidade do ar pode afetar a sensação térmica e a percepção da qualidade do ar, provocando desconforto e sintomas de SBS (Sick Building Syndrome) como cefaleia e fadiga.

Segundo Wolkoff e Kjergaard (2007), os sintomas de irritação nos olhos e das vias aéreas superiores são muito frequentes em ambientes de escritórios e podem ser relacionados a vários fatores, incluindo a baixa umidade relativa do ar.

Com relação aos compostos orgânicos voláteis, Wolkoff (2013) afirma que a maioria é capaz de provocar irritação nos olhos e nas vias aéreas superiores em concentrações que não são perceptíveis pelo odor. Nestas situações, as avaliações ambientais têm grande importância. No caso das partículas inaláveis em suspensão, as pessoas mais susceptíveis podem apresentar sintomas respiratórios sem que sua presença seja notada. Por esses motivos, a pesquisa de sintomas entre os usuários do edifício é

bastante importante e pode revelar problemas de qualidade ambiental que passariam despercebidos.

Estudos de Mui et al. (2007) mostraram a associação de fungos presentes no ar com sintomas respiratórios, reações alérgicas e sintomas de SBS (*Sick Building Symptoms*) nos ambientes condicionados artificialmente. Os autores acentuam que o calor, a umidade e a estagnação do ar aumentam a concentração de fungos nas instalações de ar-condicionado.

Segundo Kim et al. (2019), a densidade de ocupação e o comportamento dos usuários também exerce influência significativa sobre a qualidade dos ambientes internos.

Em relação aos critérios adotados no Brasil, temos a Lei Federal 13.589, de 04/01/2018 que determina o controle da qualidade do ar por meio da realização de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) em todos os edifícios de uso público e coletivo que possuem ambientes climatizados. A Resolução nº 9 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) indica que os seguintes parâmetros devem ser avaliados: fungos, dióxido de carbono, aerodispersóides totais, velocidade do ar e umidade relativa do ar.

Para avaliação de conforto térmico em ambientes condicionados artificialmente, existe a NBR 16401-2/2008: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Esta norma trabalha em função dos valores de Temperatura Operativa, calculados a partir da temperatura do ar, da temperatura radiante média e da velocidade do ar. Os limites buscam produzir satisfação com conforto térmico em 80% ou mais das pessoas.

Partindo deste contexto, o presente estudo pretende verificar se a inclusão das pesquisas de percepção de saúde e de conforto junto aos usuários pode trazer contribuições significativas nas avaliações de conforto térmico e de qualidade do ar.

2 METODOLOGIA

Este artigo apresenta os resultados da aplicação de uma metodologia de avaliação de conforto térmico e qualidade do ar, baseada na integração dos resultados das avaliações físicas ambientais com as pesquisas de percepção de conforto e de saúde junto aos usuários do ambiente em estudo. A metodologia foi testada em seis escritórios condicionados artificialmente, situados na Cidade de São Paulo.

As etapas da metodologia de avaliação estão descritas na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da metodologia

Etapas da Metodologia				
Avaliações Físicas		Pesquisa de percepção dos usuários		Análise
Conforto térmico	Qualidade do ar	Conforto térmico	Sintomas	Análise integrada
ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III	ETAPA IV	ETAPA V

Fonte: elaborado pelo autor

Na **Etapa I**, foram realizadas avaliações físicas quantitativas de conforto térmico segundo a Temperatura Operativa da NBR 16401-2/2008 e segundo o Índice de Fanger (PMV - Predicted Mean Vote e PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied). As estações de medições fizeram registros horários dos seguintes parâmetros: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura de globo. Para medida da temperatura do ar e da umidade relativa do ar foram utilizados data loggers marca HOBO modelo U12-013. Para medida da velocidade do ar foram utilizados sensores HOBO Onset T-DCI-F900-S-P ligados a data loggers. Para a temperatura de globo foram utilizados globos negros de cobre com emissividade de 0,95, com registro dos resultados em data loggers marca Hobo.

A partir desses parâmetros foi calculada a temperatura média radiante segundo a Norma ISO 7726/1996 utilizando a fórmula (1) adiante:

$$t_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{0.25 \times 10^8}{\epsilon} \left(\frac{|t_g - t_a|}{d} \right)^{1/4} \times (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273 \quad (1)$$

t_r = temperatura média radiante (°C)

t_g = temperatura de globo (°C)

t_a = temperatura do ar (°C)

ϵ = emissividade do globo

d = diâmetro do globo (m)

Na **Etapa II**, foram realizadas avaliações físicas da qualidade do ar segundo os padrões adotados no Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC). Foram realizadas dosagens de dióxido de carbono, aerodispersóides, fungos, umidade relativa

do ar e velocidade do ar. Para as avaliações de umidade do ar foram utilizadas medições horárias efetuadas durante a jornada de trabalho pelas estações de medição já descritas anteriormente.

Na **Etapa III**, foram realizadas pesquisas de percepção de conforto térmico por meio da aplicação de questionários aprovados na Plataforma Brasil em que se manteve o sigilo dos respondentes (Figura 2). Foram aplicados questionários fechados contendo perguntas gerais (idade e sexo) e perguntas específicas sobre o grau de satisfação em relação à temperatura ambiente e se o desconforto térmico afeta o trabalho.

Na **Etapa IV** foi pesquisada a presença de sintomas relacionados ao ambiente de trabalho por meio da aplicação de questionários fechados aprovados na Plataforma Brasil em que se manteve o sigilo dos respondentes. Foram pesquisados sintomas gerais (cefaleia, tontura, cansaço, sonolência, falta de concentração e estresse), sintomas respiratórios (tosse, espirro, congestão nasal, falta de ar, infecções respiratórias), sintomas oculares (irritação, secura e vermelhidão) e sintomas na pele (irritações, alergias).

Na **Etapa V**, foi realizada a análise integrada dos resultados com os seguintes objetivos:

- 1) Comparar os resultados das avaliações obtidas pelos dois índices de conforto térmico (NBR 16401-2/2008 e Índice de Fanger com roupa de 0,61 clo e 0,5 clo) entre si e com as avaliações de conforto emitidas pelos usuários.
- 2) Comparar os resultados da qualidade do ar pelo PMOC com os sintomas relatados pelos usuários nas pesquisas de percepção de saúde.
- 3) Concluir se a inclusão das pesquisas de percepção de conforto e de saúde trouxeram contribuições significativas para as avaliações de conforto térmico e qualidade do ar nos ambientes de trabalho.

3 ESCRITÓRIOS AVALIADOS

Foram estudados seis escritórios localizados na Cidade de São Paulo, todos condicionados artificialmente em tempo integral.

A Figura 2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra as características dos escritórios.

Figura 2 – Características dos escritórios

Escritório	Área (m ²)	Tipologia	Densidade de ocupação (m ² /estação)
E1	675	Combinado	4,6
E2	675	Aberto	4,0
E3	570	Combinado	4,1
E4	582	Aberto	5,7
E5	582	Aberto	6,4
E6	60	Combinado	3,5

Fonte: elaborado pelo autor

4 RESULTADOS DO ESTUDO

4.1 ETAPA I – AVALIAÇÕES FÍSICAS DE CONFORTO TÉRMICO

A Figura 3 mostra o tipo de sistema de climatização utilizado em cada escritório e o grau de controle de temperatura dado aos usuários.

Figura 3 – Sistema de climatização dos escritórios e grau de controle oferecido aos usuários

Escritório	Sistema de climatização	Grau de controle dos usuários sobre a temperatura do ar-condicionado
E1	Self Contained (Sistema plenum)	Pouco controle ou ações adaptativas
E2	Self Contained (Sistema plenum)	Pouco controle ou ações adaptativas
E3	VAV	Nenhum controle ou ações adaptativas
E4	VRF	Pouco controle ou ações adaptativas
E5	VRF	Pouco controle ou ações adaptativas
E6	Split	Elevado controle e várias possibilidades de ações adaptativas

Fonte: elaborado pelo autor

A seguir, são apresentados os resultados por escritório avaliado.

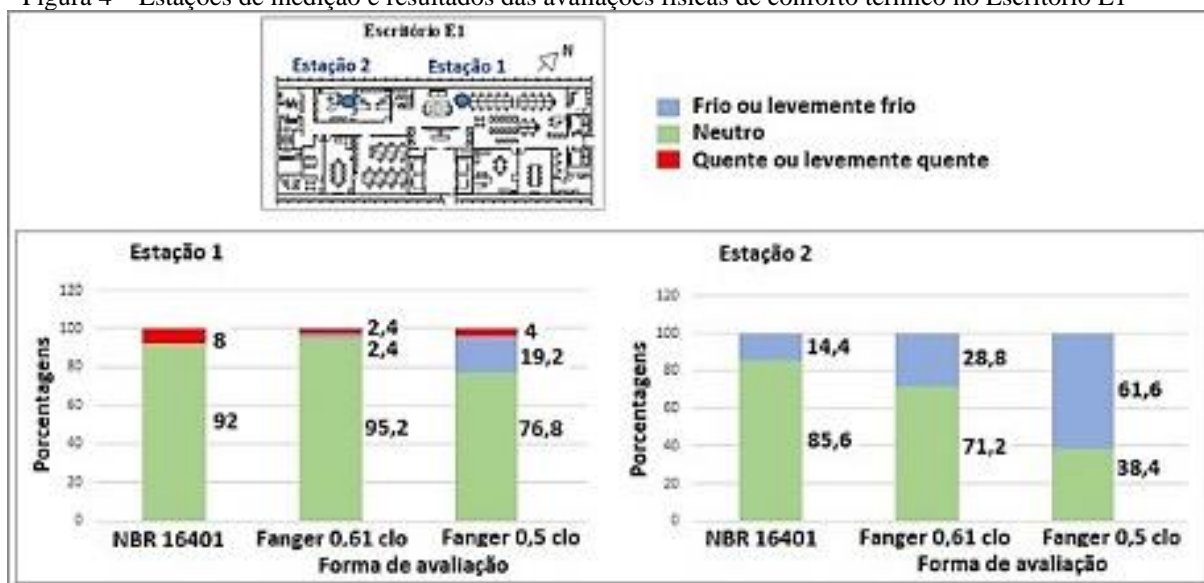
O **Escritório E1** usa o sistema Self Contained com circulação do ar pelo espaço entre o forro e a laje, com difusores integrados ao forro. O ar chega por um duto situado na extremidade esquerda, transita entre o forro e a laje e retorna por outro duto em situação oposta. Foram usadas duas estações de medição no período de 22 de janeiro a 01 de fevereiro de 2019, indicadas na Figura 4.

Os resultados das avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger (roupas de 0,5 clo e 0,61 clo) nas Estações 1 e 2 podem ser vistas na Figura 4.

Comparando os resultados das duas estações de medição, verifica-se que as condições de conforto térmico não são uniformes. Na Estação 2 existem mais resultados na zona de desconforto por frio.

Comparando os resultados pela NBR 16401-2/2008 com os resultados pelo Índice de Fanger, nota-se que o Índice de Fanger prevê maiores porcentagens de desconforto por frio. Na Estação 1, a NBR 16401-2/2008 não prevê desconforto por frio, enquanto o Índice de Fanger prevê 2,4% de desconforto por frio para roupa de 0,61 clo e 19,2% para roupa de 0,5 clo. Na Estação 2, a NBR 16401-2/2008 prevê 14,4% de desconforto por frio, enquanto o Índice de Fanger prevê 28,8% de desconforto por frio para roupa de 0,61 clo e 61,6% para roupa de 0,5 clo.

Figura 4 – Estações de medição e resultados das avaliações físicas de conforto térmico no Escritório E1



Fonte: elaborado pelo autor

O **Escritório E2** também utiliza o sistema Self Contained com circulação do ar pelo espaço entre o forro e a laje. As medições foram realizadas no período de 01 a 26 de fevereiro de 2019 em duas estações de medição, indicadas na Figura 5.

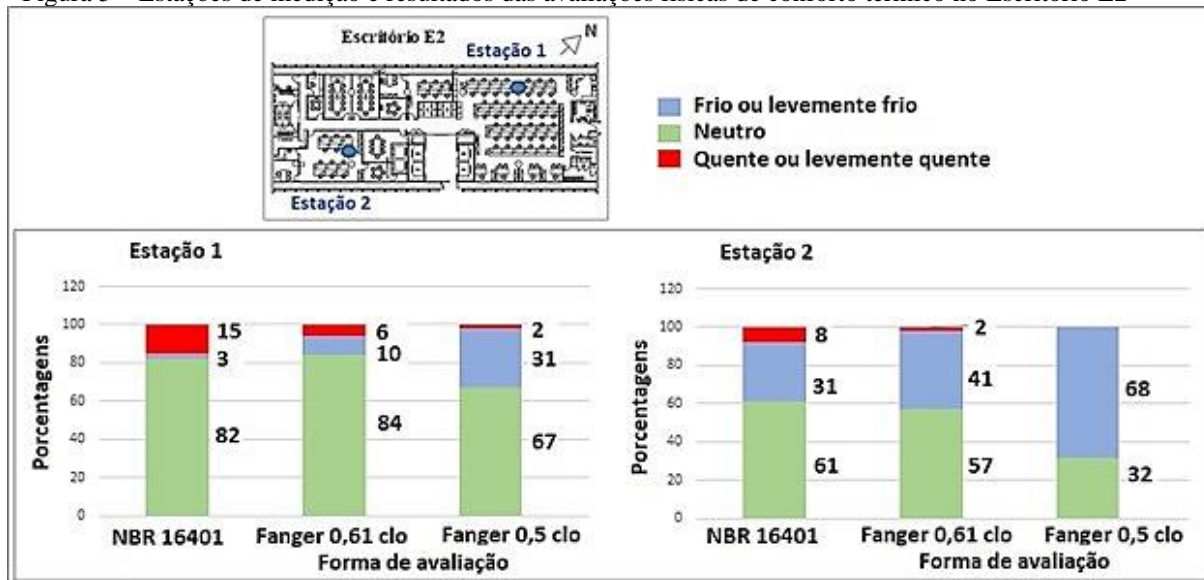
Os resultados das avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger (roupas de 0,5 clo e 0,61 clo) nas Estações 1 e 2 podem ser vistas na Figura 5.

Comparando os resultados das duas estações, conclui-se que as condições de conforto térmico não são uniformes. Na Estação 2 existem mais resultados na zona de desconforto por frio.

Comparando os resultados pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger, nota-se que o Índice de Fanger prevê maiores porcentagens de desconforto por frio. Para roupa de 0,61 clo, o Índice de Fanger prevê 10% de desconforto por frio na Estação 1 e 41% na Estação 2. Para roupa de 0,5 clo, o Índice de Fanger prevê 31% de desconforto por frio

na Estação 1 e 68% na Estação 2. A NBR 16401-2/2008 prevê menores valores de desconforto por frio (3% na Estação 1 e 31% na Estação 2).

Figura 5 – Estações de medição e resultados das avaliações físicas de conforto térmico no Escritório E2



Fonte: elaborado pelo autor

O **Escritório E3** usa o sistema VAV com controle automatizado por grandes zonas. As medições foram realizadas no período de 20 a 28 de março de 2019 em duas estações de medição indicadas na Figura 6.

Os resultados das avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger (roupas de 0,5 clo e 0,61 clo) nas Estações 1 e 2 podem ser vistas na Figura 6.

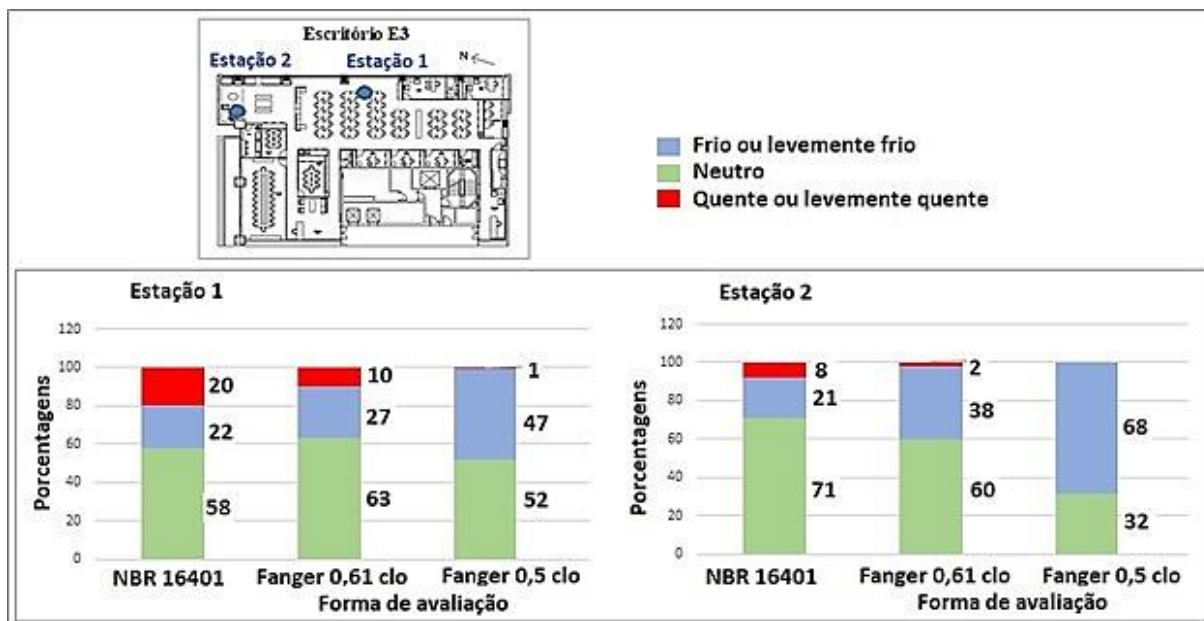
Comparando os resultados das duas estações, verifica-se que os resultados não foram uniformes. A Estação 1 apresenta mais resultados de desconforto por calor, tanto pela avaliação segundo a NBR 16401-2/2008 como pelo índice de Fanger. Há, também muitos resultados na zona de desconforto por frio, tanto na Estação 1 como na Estação 2.

Comparando os resultados pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger, nota-se que o Índice de Fanger prevê maiores porcentagens de desconforto por frio e menores porcentagens de desconforto por calor.

Em relação ao desconforto por frio temos os seguintes resultados. Para roupa de 0,61 clo, o Índice de Fanger prevê 27% de desconforto por frio na Estação 1 e 38% na Estação 2. Para roupa de 0,5 clo, o Índice de Fanger prevê 47% de desconforto por frio na Estação 1 e 68% na Estação 2. A NBR 16401-2/2008 prevê menores valores de desconforto por frio (22% na Estação 1 e 21% na Estação 2).

Em relação ao desconforto por calor temos os seguintes resultados. Para roupa de 0,61 clo, o Índice de Fanger prevê 10% de desconforto por calor na Estação 1 e 2% na Estação 2. Para roupa de 0,5 clo, o Índice de Fanger prevê 1% de desconforto por calor na Estação 1 e 0% na Estação 2. A NBR 16401-2/2008 prevê maiores valores de desconforto por calor (20% na Estação 1 e 8% na Estação 2).

Figura 6 – Estações de medição e resultados das avaliações físicas de conforto térmico no Escritório E3



Fonte: elaborado pelo autor

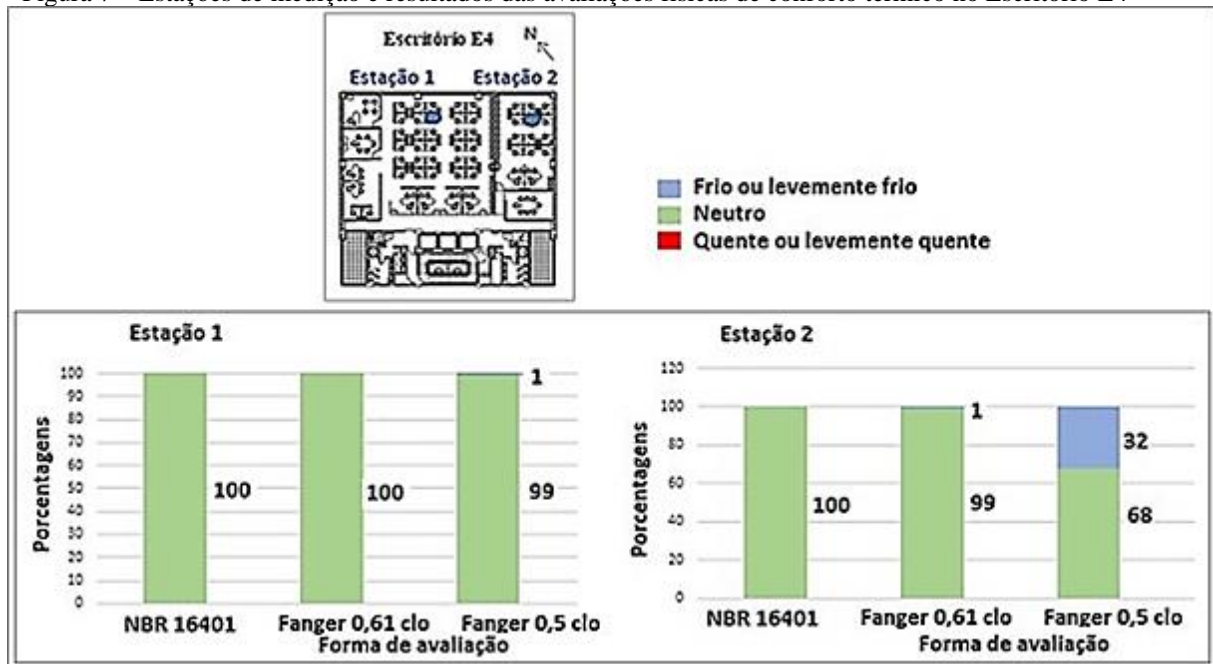
O **Escritório E4** usa o sistema VRF com automação por sensores de temperatura. As medições foram realizadas no período de 02 a 10 de abril de 2019 em duas estações de medição indicadas na Figura 7.

Os resultados das avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger (roupas de 0,5 clo e 0,61 clo) nas Estações 1 e 2 podem ser vistas na Figura 7.

Na Estação 1 todos os resultados estiveram na faixa de conforto nas avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger com roupa de 0,61 clo. Houve apenas 1% de resultados na faixa de desconforto por frio nas avaliações pelo Índice de Fanger com roupa de 0,5 clo. Na Estação 2, também se nota que todos os resultados estiveram na faixa de conforto nas avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger com roupa de 0,61 clo. Há, porém, 32% de resultados na faixa de desconforto por frio nas avaliações pelo Índice de Fanger com roupa de 0,5 clo

Comparando os resultados pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger, nota-se que o Índice de Fanger prevê maiores porcentagens de desconforto por frio. Para roupa de 0,61 clo, o Índice de Fanger prevê 0% de desconforto por frio na Estação 1 e 1% na Estação 2. Para roupa de 0,5 clo, o Índice de Fanger prevê 1% de desconforto por frio na Estação 1 e 32% na Estação 2. A NBR 16401-2/2008 não prevê desconforto por frio na Estação 1 e na Estação 2.

Figura 7 – Estações de medição e resultados das avaliações físicas de conforto térmico no Escritório E4



Fonte: elaborado pelo autor

O **Escritório E5** usa o sistema VRF com automação por sensores de temperatura. As medições foram realizadas no período de 10 a 18 de abril de 2019 em duas estações de medição indicadas na Figura 8.

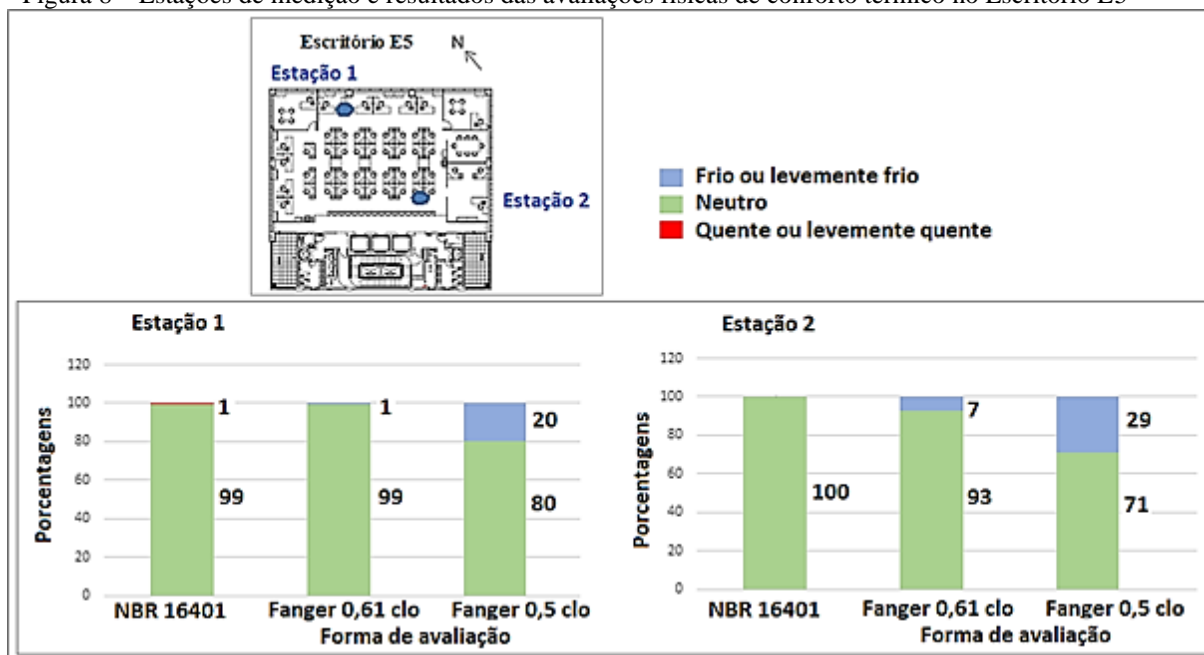
Os resultados das avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger (roupas de 0,5 clo e 0,61 clo) nas Estações 1 e 2 podem ser vistas na Figura 8.

Houve diferenças de resultado entre as duas estações de medição. Na Estação 2 existem mais resultados na zona de desconforto por frio nas avaliações realizadas pelo Índice de Fanger.

Comparando os resultados pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger, nota-se que o Índice de Fanger prevê maiores porcentagens de desconforto por frio. Para roupa de 0,61 clo, o Índice de Fanger prevê 1% de desconforto por frio na Estação 1 e 7% na

Estação 2. Para roupa de 0,5 clo, o Índice de Fanger prevê 20% de desconforto por frio na Estação 1 e 29% na Estação 2. A NBR 16401-2/2008 não prevê desconforto por frio na Estação 1 e na Estação 2.

Figura 8 – Estações de medição e resultados das avaliações físicas de conforto térmico no Escritório E5



Fonte: elaborado pelo autor

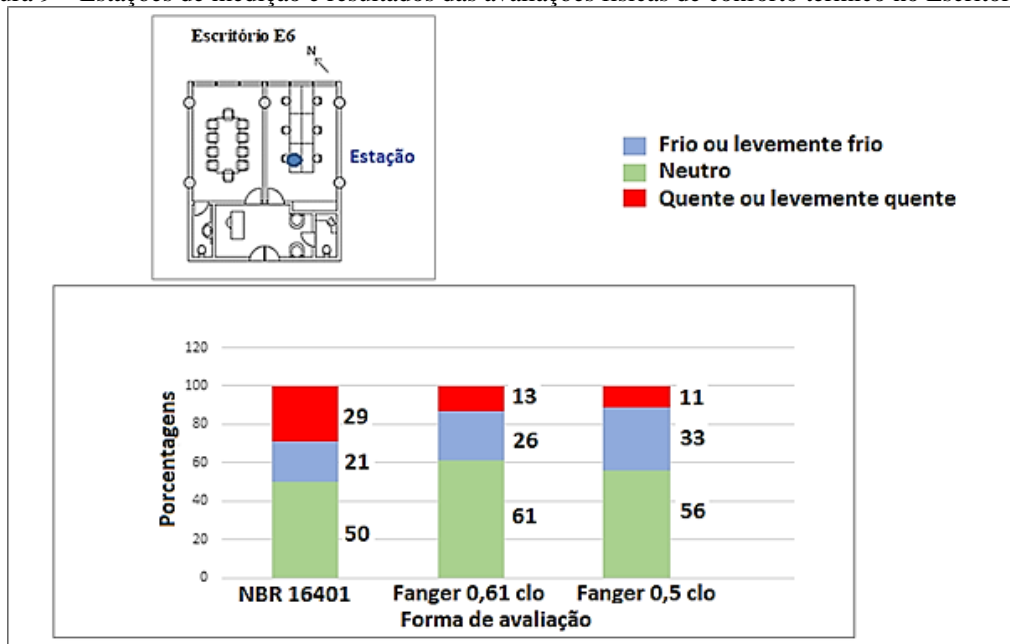
O **Escritório E6** usa ar-condicionado do tipo Split controlado pelos usuários. As medições foram realizadas no período de 24 de abril a 09 de maio de 2019 em uma estação de medição indicada na Figura 9.

Os resultados das avaliações pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger (roupas de 0,5 clo e 0,61 clo) podem ser vistas na Figura 9. Nota-se que os dois índices preveem a ocorrência de desconforto por frio e por calor. Comparando os resultados pela NBR 16401-2/2008 e pelo Índice de Fanger, nota-se que as avaliações pelo Índice de Fanger apontaram maior proporção de desconforto por frio e menor proporção de desconforto por calor, tanto para roupa de 0,61 clo como de 0,5 clo.

Para roupa de 0,61 clo, o Índice de Fanger prevê 26% de desconforto por frio. Para roupa de 0,5 clo, o Índice de Fanger prevê 33% de desconforto por frio. A NBR 16401-2/2008 prevê 21% de desconforto por frio.

Para roupa de 0,61 clo, o Índice de Fanger prevê 13% de desconforto por calor. Para roupa de 0,5 clo, o Índice de Fanger prevê 11% de desconforto por calor. A NBR 16401-2/2008 prevê 29% de desconforto por calor.

Figura 9 – Estações de medição e resultados das avaliações físicas de conforto térmico no Escritório E6



Fonte: elaborado pelo autor

4.2 ETAPA II – AVALIAÇÕES FÍSICAS DA QUALIDADE DO AR

Os resultados das avaliações físicas da qualidade do ar podem ser vistos na Figura 10.

Figura 10 – Avaliações físicas da qualidade do ar em cada escritório

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
CO₂ (até 1000 ppm)	736 ppm	1000 ppm	513 ppm	599 ppm	690 ppm	659 ppm
Aerodispersóides (até 80 μ/m^3)	57 μ/m^3	49 μ/m^3	30 μ/m^3	40 μ/m^3	39 μ/m^3	75 μ/m^3
Fungos (até 750 ufc/m ³)	180 ufc/m ³	90 ufc/m ³	7 ufc/m ³	50 ufc/m ³	17 ufc/m ³	33 ufc/m ³
Umidade relativa do ar	Estação 1 35% alto 65% normal	Estação 1 7% alto 93% normal	Estação 1 11% alto 89% normal	Estação 1 41% alto 59% normal	Estação 1 57% alto 43% normal	Estação única 9% alto 12% baixo 79% normal
	Estação 2 47% alto 53% normal	Estação 2 75% alto 25% normal	Estação 2 100% normal	Estação 2 54% alto 46% normal	Estação 2 66% alto 34% normal	
Velocidade do ar (até 0,25m/s)	< 0,25m/s	< 0,25m/s	< 0,25m/s	< 0,25m/s	< 0,25m/s	< 0,25m/s

Fonte: elaborado pelo autor

As dosagens de CO₂, aerodispersóides, fungos e velocidade do ar estiveram dentro da faixa recomendada em todos os escritórios avaliados.

Em relação à umidade relativa do ar, a Resolução nº 9 da ANVISA recomenda que os valores se situem entre 40% e 65%. Todos os escritórios avaliados tiveram porcentagens significativas de medições situadas fora da faixa recomendada, principalmente por excesso de umidade. No Escritório E, 12% dos registros mostraram baixa umidade relativa do ar.

4.3 ETAPA III – PESQUISAS DE PERCEPÇÃO DE CONFORTO

Em relação às perguntas gerais, a faixa etária mais comum foi de 20 a 40 anos, exceto no Escritório E1 que teve predomínio da faixa etária acima de 40 anos (60%). Com relação ao sexo, houve equilíbrio, exceto no Escritório E6, com predomínio do sexo masculino (75%).

A Figura 11 adiante mostra os resultados das pesquisas de percepção de conforto.

Figura 11 – Resultados das pesquisas de percepção de conforto nos escritórios em estudo

		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Sensação de temperatura na maior parte do tempo	 muito quente/ quente	10%	24%	16%	25%	14%	0%
	 confortável	75%	41%	31%	25%	64%	100%
	 muito fria/ fria	15%	35%	53%	50%	22%	0%
Em que grau o desconforto térmico afeta o trabalho	 elevado	0%	9%	21%	25%	19%	0%
	 médio	15%	21%	26%	36%	33%	0%
	 pequeno	50%	44%	21%	21%	31%	50%
	 não afeta/ não há	35%	26%	31%	18%	17%	50%

Fonte: elaborado pelo autor

Nos Escritórios E1, E2, E3, E4 e E5, foram altas as porcentagens de usuários que consideraram a temperatura desconfortável (25% em E1; 59% em E2; 69% em E3; 75% em E4 e 36% em E5). Foram também elevadas as porcentagens dos usuários para os quais o trabalho é afetado em grau elevado ou médio pelo desconforto térmico

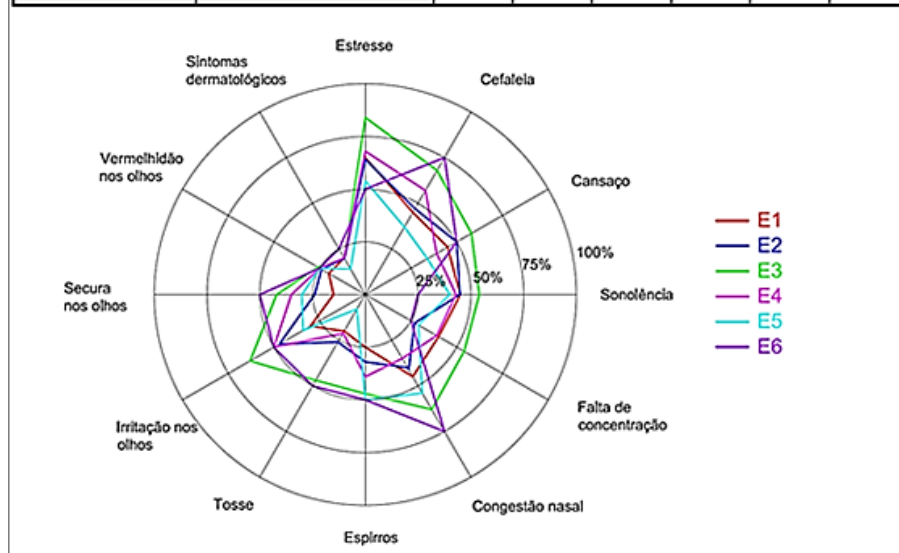
No Escritório E6, 100% dos usuários referiram que se sentem confortáveis na maior parte do tempo. A explicação pode estar no fato de ser oferecido maior grau de controle sobre a temperatura do ar-condicionado, conforme mostra a Figura 5. É o único escritório em que os usuários têm acesso direto aos dispositivos de ajuste do ar-condicionado.

4.4 ETAPA IV – PESQUISAS DE PERCEPÇÃO DE SAÚDE

A Figura 12 adiante mostra os resultados das pesquisas de percepção de saúde.

Figura 12 – Resultados das pesquisas de percepção de saúde nos escritórios em estudo

		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Sintomas gerais	Cefaleia	45%	47%	68%	57%	37%	75%
	Cansaço	45%	50%	58%	39%	34%	50%
	Sonolência	45%	44%	54%	43%	40%	25%
	Falta de concentração	40%	27%	54%	39%	29%	25%
	Estresse	65%	65%	84%	68%	54%	50%
Sintomas respiratórios	Congestão nasal	45%	41%	63%	35%	54%	75%
	Espirros	25%	32%	47%	39%	50%	50%
	Tosse	20%	26%	47%	21%	8%	50%
Sintomas oculares	Irritação	30%	47%	63%	50%	34%	50%
	Secura	15%	24%	42%	35%	30%	50%
	Vermelhidão	20%	24%	26%	25%	25%	25%
Sintomas na pele	Irritação /alergia	20%	20%	26%	20%	14%	25%



Fonte: elaborado pelo autor

O sintoma mais frequente nos Escritórios E1, E2, E3, E4 e E5 foi estresse. A associação com sintomas respiratórios, oculares e sintomas dermatológicos indica a possibilidade de se tratar de um conjunto de sintomas relacionados à SBS ((*Sick Building*

Syndrome). O Escritório E3 se destaca pela elevada frequência de estresse (84%) e outros sintomas como cefaleia (68%), cansaço (58%) sonolência (54%), falta de concentração (54%), congestão nasal (63%), tosse (47%), irritação nos olhos (63%) e problemas dermatológicos (26%).

Interessante notar que no Escritório E6, embora tenha havido 100% de satisfação com as condições de conforto, foram encontradas altas incidências de queixas de cefaleia (75%), congestão nasal (75%), tosse (50%), espirros (50%), irritação nos olhos (50%), secreta nos olhos (50%) e problemas dermatológicos.

4.5 ETAPA V – ANÁLISE INTEGRADA

No Escritório E1, a pesquisa de percepção de conforto mostrou que 15% dos usuários consideram a temperatura fria ou muito fria e 10% consideram a temperatura quente ou muito quente. De fato, as avaliações físicas mostraram que as condições de conforto não são uniformes no escritório. Em relação aos índices de conforto térmico utilizados, os resultados obtidos nas avaliações segundo a NBR 16401-2/2008 foram os que mais se aproximaram da percepção dos usuários. Em relação à percepção de saúde, a associação de sintomas compatíveis com SBS pode estar relacionada com a alta porcentagem de registros de elevada umidade do ar pelas estações térmicas (35% na Estação 1 e 47% na Estação 2). Como os outros parâmetros avaliados pelo protocolo do PMOC deram resultados na faixa aceitável, seria recomendável ampliar as pesquisas de qualidade do ar, buscando outros fatores que possam estar relacionados com os sintomas encontrados.

No Escritório E2, a pesquisa de percepção de conforto mostrou que 35% dos usuários consideram a temperatura fria ou muito fria e 24% consideram a temperatura quente ou muito quente. As avaliações físicas mostraram que as condições de conforto não são uniformes no escritório e os resultados obtidos nas avaliações segundo a NBR 16401-2/2008 foram os que mais se aproximaram da percepção dos usuários. Em relação à percepção de saúde, a associação de sintomas compatíveis com SBS pode estar relacionada com a alta porcentagem de registros de elevada umidade do ar pelas estações térmicas (7% na Estação 1 e 75% na Estação 2). Como não foram encontradas alterações nos outros fatores avaliados pelo PMOC, estaria indicado expandir a abrangência das pesquisas, buscando por outros elementos que possam ter relação com os sintomas.

No Escritório E3, a pesquisa de percepção de conforto mostrou que 53% dos usuários consideram a temperatura fria ou muito fria e 16% consideram a temperatura quente ou muito quente. As avaliações físicas mostraram que as condições de conforto não são uniformes no escritório e os resultados obtidos nas avaliações pelo Índice de Fanger foram os que mais se aproximaram da percepção dos usuários. Em relação à pesquisa de percepção de saúde, a elevada ocorrência de sintomas compatíveis com SBS mostra que os fatores analisados pelo PMOC não foram suficientes para esclarecer a(s) causa(s) do problema. Se não tivesse sido realizada a pesquisa de sintomas, não teria sido possível perceber a existência dos agravos à saúde.

No Escritório E4, a pesquisa de percepção de conforto mostrou que 50% dos usuários consideram a temperatura fria ou muito fria e 25% consideram a temperatura quente ou muito quente. As avaliações físicas mostraram que as avaliações pelo Índice de Fanger com 0,5 clo foram as únicas que apontaram desconforto pelo frio. Em relação à pesquisa de percepção de saúde, a elevada ocorrência de sintomas compatíveis com SBS pode estar relacionada com a alta porcentagem de registros de elevada umidade do ar pelas estações térmicas (41% na Estação 1 e 54% na Estação 2). Como os outros parâmetros avaliados pelo protocolo do PMOC deram resultados na faixa aceitável, estão também indicadas as pesquisas de outros fatores que possam estar comprometendo a qualidade do ar.

No Escritório E5, a pesquisa de percepção de conforto mostrou que 22% dos usuários consideram a temperatura fria ou muito fria e 14% consideram a temperatura quente ou muito quente. As avaliações físicas mostraram que as condições de conforto não são uniformes no escritório. Apenas as avaliações pelo Índice de Fanger detectaram o desconforto por frio. Em relação à percepção de saúde, os sintomas compatíveis com SBS podem estar relacionados com a alta porcentagem de registros de elevada umidade do ar pelas estações térmicas (57% na Estação 1 e 66% na Estação 2). Recomenda-se complementar as avaliações do PMOC com pesquisas de outros fatores que possam comprometer a qualidade do ar.

No Escritório E6, a pesquisa de percepção de conforto mostrou que 100% dos usuários consideram a temperatura confortável. Esses resultados influenciados pela maior tolerância propiciada pelas maiores condições de controle e de ações adaptativas. As avaliações físicas pelos dois índices mostraram muitos resultados situados fora da zona

de conforto. Em relação à percepção de saúde, foram encontradas porcentagens muito altas de sintomas respiratórios, oculares e gerais. Pode haver relação com os períodos de alta e de baixa umidade do ar. Entretanto, outras pesquisas relacionadas à qualidade do ar são necessárias para melhor esclarecimento da origem dos problemas de saúde.

5 CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que os índices de conforto térmico nem sempre correspondem às percepções dos usuários. Tendo em vista que o conforto ambiental tem componentes subjetivos, sociais, culturais e individuais, a pesquisa da opinião dos usuários mostrou-se um procedimento de grande importância. Observou-se, também, maior tolerância às variações de temperatura no escritório em que se ofereceu maiores condições de controle e de adaptações comportamentais aos usuários.

Em relação à pesquisa de percepção de saúde, a aplicação de questionários de sintomas relacionados ao ambiente de trabalho mostrou-se muito importante por revelar problemas que poderiam passar despercebidos se fossem realizadas apenas as avaliações físicas. Observe-se que o número de parâmetros avaliados no protocolo do PMOC é muito restrito e não dá confiança para o reconhecimento de que a qualidade do ar é boa. Diversos protocolos adotados em outros países mostram maior abrangência, realizando avaliações de outras substâncias, tais como monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, ozônio, formaldeído e compostos orgânicos voláteis totais.

Conclui-se que a inclusão da pesquisa da percepção de saúde e de conforto e a análise conjunta com os outros dados trouxeram contribuições significativas para os resultados da avaliação.

Como perspectiva para futuros estudos, fica a proposta de revisão dos procedimentos adotados pelo PMOC, buscando aumentar o número de fatores analisados. Apesar de reconhecer que a adoção da obrigatoriedade do PMOC foi um grande avanço para a melhoria da qualidade dos ambientes internos, é preciso continuar a investir no aprimoramento do protocolo do PMOC, procurando sempre aumentar o grau de confiança nos resultados. Fica, também, a recomendação de flexibilização dos limites de conforto térmico adotados, utilizando as preferências dos usuários como parâmetro para nortear os ajustes. A promoção de maior interação dos usuários com o ambiente também pode oferecer aumento da tolerância e possibilidade de economia de energia e redução das emissões de carbono.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RE/ANVISA nº 9**. Brasília, 16 de janeiro de 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2/2008**: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BRASIL **Lei número 13.589**. Brasília, 04 de janeiro de/2018.

DIAS, A. R. D.; PEDRINI, A.; CALADO, B. F. Desempenho térmico da envoltória de edifícios na zona bioclimática 08: comparação entre os métodos de simulação e prescritivo do RTQ-R e o modelo de conforto adaptativo. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 25356-25370, nov. 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726/1998**: Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.

KIM, J.; HONG, T.; LEE, M.; JEONG, K. (2019). Analyzing the real-time indoor environmental quality factors considering the influence of the building occupants' behaviors and the ventilation. **Building and Environment**, 156, p. 99-109, 2019.

LAN, L.; WARGOCKI, P.; WYON, D. P.; LIAN, Z. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. **Indoor Air**, 21(5), p. 376-390, 2011.

MUI, K.M. CHAN, W. Y.; WONG, L. T.; HUI, P. S. Fungi: an indoor air quality assessment parameter for air-conditioned offices. **Building Services Engineering Research and Technology**. 28 (3), p. 265-274, 2007.

ROELOFSEN, P. The impact of office environments on employee performance: the design of the workplace as a strategy for productivity enhancement, **Journal of Facilities Management**, 1, p. 247-264, 2002.

SPINAZZÈ, A.; CAMPAGNOLO, D.; CATTANEO, A.; URSO, P.; SAKELLARIS, I. A.; SARAGA, D. E.; ... BARTZIS, J. G. Indoor gaseous air pollutants determinants in office buildings - the OFFICAIR project. **Indoor Air**, 30, p. 76-87, 2020.

THACH, T.; MAHIRAH, D.; SAUTER, C.; ROBERTS, A. C.; DUNLEAVY, G.; NAZEHA, N.; ... CAR, J. Associations of perceived indoor environmental quality with stress in the workplace. **Indoor Air**, May 2020

WARGOCKI, P.; WYON, D. P. Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. **Building and Environment**, 112, p. 359-366, 2017.

WEI, W.; WARGOCKI, P.; ZIRNGIBL, J.; BENDŽALOVÁ, J.; MANDIN, C. Review of parameters used to assess the quality of the indoor environment in Green Building certification schemes for offices and hotels. **Energy and Buildings**, V. 209, 15 February 2020, 109683.

WOLKOFF, P.; KJÆRGAARD, S. K. The dichotomy of relative humidity on indoor air quality. **Environment International**, 33(6), p. 850-857, 2007.

WOLKOFF, P. Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, 216(4), p. 371-394, 2013.

WONG, L.; MUI, K.; HUI, P. Evaluation on screening strategies for indoor air quality assessments in air-conditioned offices. **Building Services Engineering Research and Technology**, 30(3), p. 203-212, 2009.

XU, X.; HUANG, Z.; ZHANG, X.; LI, Z. A novel humidity measuring method based on dry-bulb temperatures using artificial neural network. **Building and Environment**, 139, p. 181-188, 2018.

ZUO, C.; LUO, L.; LIU, W. Effects of increased humidity on physiological responses, thermal comfort, perceived air quality, and Sick Building Syndrome symptoms at elevated indoor temperatures for subjects in a hot-humid climate. **Indoor Air**, September 2020.