2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA QUALIDADE DO AR E DA CONCENTRAÇÃO DE CO_2 EM EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIOS EM FLORIANÓPOLIS[1]

OLIVEIRA, Candi Citadini de (1); RUPP, Ricardo Forgiarini (2); GHISI, Enedir (3)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, candi.c.oliveira@gmail.com
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, ricardorupp@gmail.com
(3) Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br

RESUMO

Sabe-se que as pessoas passam a maior parte do tempo em ambientes internos, cuja qualidade do ar pode influenciar positiva ou negativamente o desempenho e a saúde dos ocupantes. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a percepção da qualidade do ar pelos usuários e a concentração de CO_2 no interior de três edificações de escritórios em Florianópolis/SC. Ao relacionar variáveis ambientais com respostas subjetivas dos ocupantes, obteve-se diminuição da satisfação com a qualidade do ar à medida que houve elevação da temperatura do ar e da razão de umidade. Também se observou a importância da ventilação adequada dos ambientes internos para garantir baixos níveis de concentração de poluentes, boa qualidade do ar e maior prevenção contra doenças respiratórias. Ademais, identificou-se influência significativa da percepção da qualidade do ar sobre o conforto térmico dos usuários.

Palavras-chave: *Percepção da qualidade do ar. Dióxido de carbono (CO_2). Conforto térmico. Edificações híbridas.*

ABSTRACT

It is known that people spend most of their time indoors, where air quality can positively or negatively influence occupants' performance and health. Thus, the objective of this study was to evaluate users' air quality perception and CO_2 concentration in indoor environments of three office buildings in Florianópolis, southern Brazil. By relating environmental variables and occupants' subjective responses, it was found a decrease in air quality satisfaction as air temperature and humidity ratio increased. It was also observed the importance of natural ventilation to ensure low levels of pollutants concentration, good air quality and higher prevention against respiratory diseases. In addition, a significant influence of air quality perception on users' thermal comfort was identified.

Keywords*: Air quality perception. Carbon dioxide (CO_2). Thermal comfort. Mixed-mode buildings.*

[1] OLIVEIRA, Candi Citadini de; RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Avaliação da percepção da qualidade do ar e da concentração de CO_2 em edificações de escritórios em Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

Sabendo-se que as pessoas passam até 90% do tempo em ambientes internos (EUROPEAN..., 2003; KLEPEIS et al., 2001), torna-se importante estudar a qualidade do ar interno e seus efeitos sobre o conforto térmico dos usuários. A qualidade do ar está relacionada às características físicas, químicas e biológicas do ar e à concentração de poluentes no ar – como o dióxido de carbono (CO_2). Assim, é fundamental haver circulação adequada do ar por ventilação natural ou mecânica, de modo a possibilitar troca de ar entre os ambientes internos e externos e controlar a quantidade de poluentes no interior das edificações.

De modo geral, estudos verificaram que elevados valores de temperatura do ar e umidade do ar tendem a piorar a qualidade do ar percebida, devido ao menor resfriamento do sistema respiratório (TOFTUM; JORGENSEN; FANGER, 1998). Por outro lado, o movimento de ar melhora significativamente a satisfação com a qualidade do ar (TOFTUM; JORGENSEN; FANGER, 1998; ZHAI et al., 2013). Pesquisas identificaram correlação positiva entre a umidade do ar e a concentração de CO_2 em edificações naturalmente ventiladas (GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK, 2013). Também foram observadas maiores variações dos valores de concentração de CO_2 em edificações híbridas, atingindo níveis mais elevados, em comparação a edificações com sistema central de ar-condicionado (ASIF; ZEESHAN; JAHANZAIB, 2018). Em edificações residenciais, identificou-se fraca correlação entre a percepção da qualidade do ar e o conforto térmico – o que pode estar relacionado ao fato de os ocupantes estarem acostumados à elevada concentração de poluentes no local (INDRAGANTI; RAO, 2010). Além disso, estudos notaram que usuários menos satisfeitos com a qualidade do ambiente interno apresentaram menor performance de aprendizagem em salas de aula (JAMALUDIN; MAHYUDDIN; AKASHAH, 2017; LEE et al., 2012).

Desta forma, visto que a qualidade do ar pode influenciar positiva ou negativamente o desempenho e a saúde das pessoas, torna-se importante a realização de estudos investigando a sua relação com as variáveis ambientais e o conforto térmico dos ocupantes. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a percepção da qualidade do ar pelos usuários e a concentração de CO_2 nos ambientes internos de edificações de escritórios em Florianópolis, na região sul do Brasil.

2 MÉTODO

2.1 Contextualização do estudo

Neste estudo, foram considerados dados coletados previamente em uma edificação com sistema central de ar-condicionado (CC) e duas edificações híbridas (H1 e H2), em que houve alternância entre os modos de operação por ventilação natural (VN) e por ar-condicionado (AC) de acordo com a preferência dos ocupantes. As três edificações de escritórios estão localizadas em Florianópolis/SC, cujo clima é classificado como subtropical úmido, com verões quentes e invernos amenos. A cidade apresenta as quatro estações do ano bem definidas, com média anual de temperatura do ar externo igual a 20,9°C, variando entre 16,4°C em julho e 25,1°C em fevereiro. O município se situa majoritariamente em uma ilha banhada pelo oceano Atlântico e, por conta de sua proximidade com o mar, apresenta elevados valores de umidade relativa do ar externo ao longo do ano, com média anual igual a 80,4%.

Foram efetuadas medições das variáveis ambientais temperatura do ar, temperatura de globo, velocidade do ar e umidade relativa no interior das edificações por meio

de confortímetros, além de medições pontuais da temperatura do ar e da velocidade do ar por termoanemômetros portáteis. A concentração de dióxido de carbono foi medida por analisadores de CO_2. Simultaneamente, foram coletados dados subjetivos dos usuários a partir de um questionário eletrônico com questões gerais sobre sua percepção do ambiente térmico e da qualidade do ar. A coleta de dados em campo ocorreu em diversos dias entre abril de 2015 e março de 2016 e abrangeu as diferentes estações climáticas, o que incluiu características ambientais diversificadas que representam melhor a realidade climática ao longo do ano. Maiores informações sobre a coleta de dados em campo podem ser encontradas em Rupp (2018).

2.2 Análise de dados

Com o intuito de avaliar a relação entre as variáveis ambientais e subjetivas, foram realizadas análises estatísticas por meio de correlações e diagramas de caixa. Destaca-se que cada resposta subjetiva de um participante em determinado momento foi combinada com as condições ambientais medidas no instante da resposta.

A percepção da qualidade do ar se refere ao grau de satisfação dos usuários com a qualidade do ar no ambiente de trabalho e foi avaliada na escala sétima (-3 a -1 insatisfeito; 0 neutro; +1 a +3 satisfeito). Os usuários insatisfeitos com a qualidade do ar avaliaram os problemas "Ar está abafado", "Ar não está limpo" e "Ar está com odores" na escala sétima (-3 a -1 "É um problema grande"; 0 neutro; +1 a +3 "É um problema pequeno"; e a opção extra "Não é um problema").

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a percepção da qualidade do ar pelos usuários e a concentração de CO_2 nos ambientes internos de edificações de escritórios em Florianópolis, foram analisadas 870 respostas subjetivas no total.

Para cada edificação e modo de operação, a Tabela 1 apresenta a média e o desvio padrão das variáveis ambientais consideradas neste estudo: temperatura do ar (Ta), velocidade do ar (Va), razão de umidade (Wa) e concentração de dióxido de carbono (CO_2). De modo geral, os valores médios de temperatura do ar e velocidade do ar foram semelhantes para todas as edificações e modos de operação. Por outro lado, a média de razão de umidade foi superior nas edificações híbridas operando com ventilação natural em comparação ao modo de operação por ar-condicionado e à edificação com sistema central de ar-condicionado. Isso se deve à redução da umidade do ar pela utilização de aparelhos de ar-condicionado (DAMIATI et al., 2016). Quanto à concentração de dióxido de carbono (CO_2), observam-se valores médios superiores para as edificações híbridas operando com ar-condicionado em comparação ao modo de operação por ventilação natural e à edificação com sistema central de ar-condicionado – assim como obtido por Asif, Zeeshan e Jahanzaib (2018). Este resultado pode ser justificado pela ausência de renovação do ar interno, devido à recirculação de ar por aparelhos de ar-condicionado do tipo *split* nas edificações híbridas.

Tabela 1 – Média e desvio padrão das variáveis ambientais de acordo com a edificação e o modo de operação

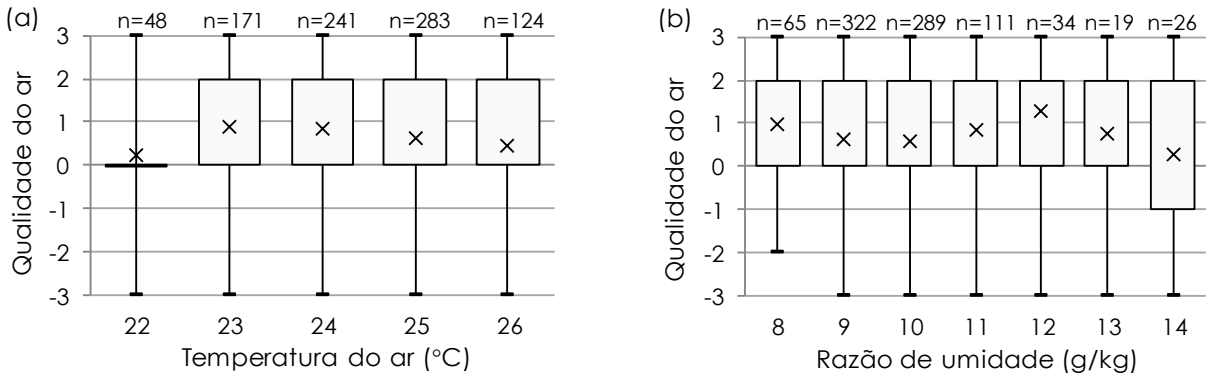
Variáveis	H1		H2		CC
	VN n=80	AC n=55	VN n=232	AC n=329	AC n=174
Ta (°C)	23,4 ± 1,5	23,8 ± 0,9	24,4 ± 1,2	24,6 ± 0,9	24,4 ± 0,5
Va (m/s)	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,2
Wa (g/kg)	10,01 ± 0,34	9,12 ± 0,36	10,96 ± 1,52	9,15 ± 0,84	9,66 ± 0,51
CO_2 (ppm)	661 ± 90	1046 ± 143	449 ± 67	774 ± 207	581 ± 40

Fonte: Os autores

3.1 Percepção da qualidade do ar e variáveis ambientais

A Figura 1 apresenta diagramas de caixa relacionando as variáveis ambientais temperatura do ar e razão de umidade com a satisfação com a qualidade do ar. Nos gráficos, constam os valores mínimos e máximos, os quartis (1º e 3º) e as médias. Ressalta-se que foram considerados os dados de todas as edificações e modos de operação e, por conta da elevada concentração de velocidades do ar próximas a 0,1 m/s, não foi possível efetuar esta análise entre velocidade do ar e qualidade do ar. Além disso, os intervalos de temperatura do ar e razão de umidade com número de observações inferior a 10 não foram considerados nas análises correspondentes. Observa-se que, para todos os valores de temperatura do ar e razão de umidade (exceto 8 g/kg), os votos de satisfação com a qualidade do ar variaram entre os valores extremos de -3 a +3. Além disso, mais de 75% dos votos indicaram neutralidade ou satisfação com a qualidade do ar, com exceção de 14 g/kg. Nota-se a tendência de diminuição nos valores médios de satisfação com a qualidade do ar à medida que aumentou a temperatura do ar. Quanto à razão de umidade, o seu aumento ocasionou oscilação dos valores médios de satisfação com a qualidade do ar entre 0 e +1, havendo redução da qualidade do ar para elevados valores de razão de umidade (entre 12 e 14 g/kg). Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores (TOFTUM; JORGENSEN; FANGER, 1998; ZHAI et al., 2013), que também observaram a redução da qualidade do ar interno com o aumento da temperatura e da umidade do ar.

Figura 1 – Diagramas de caixa relacionando (a) temperatura do ar e (b) razão de umidade com a satisfação com a qualidade do ar



Fonte: Os autores

Fonte: Os autores

A concentração de dióxido de carbono (CO_2), medida em partes por milhão (ppm), encontrou-se distribuída entre 300 e 900 ppm nas edificações híbridas operando com

ventilação natural e entre 400 e 1300 ppm no modo de operação por ar-condicionado. Na edificação com sistema central de ar-condicionado, o nível de CO_2 variou entre 500 e 600 ppm. Desta forma, a faixa de valores de CO_2 foi mais ampla e abrangeu valores mais elevados nas edificações híbridas em ambos os modos de operação em comparação à edificação com sistema central de ar-condicionado – similar ao observado por Asif, Zeeshan e Jahanzaib (2018). Destaca-se que a maioria dos valores de concentração de CO_2 referentes às edificações híbridas operando com ventilação natural foram inferiores àqueles observados no modo de operação por ar-condicionado e na edificação com sistema central de ar-condicionado.

No Brasil, a Resolução ANVISA 09/2003 (BRASIL, 2003) especifica 1000 ppm como valor máximo recomendado para dióxido de carbono em ambientes climatizados artificialmente de uso coletivo. As edificações híbridas operando com ar-condicionado apresentaram maior nível de poluentes nos ambientes internos, com alguns valores excedendo o limite recomendado de 1000 ppm. A elevada concentração de CO_2 no interior das edificações se deve ao produto do metabolismo humano e à falta de renovação do ar – principalmente devido ao uso de ar-condicionado do tipo *split* com recirculação do ar interno. Na edificação CC, apesar do elevado consumo energético devido à operação contínua do sistema de condicionamento artificial (as janelas eram seladas), o sistema de ar-condicionado contava com sistema de renovação de ar, o que garantiu valores de CO_2 inferiores ao limite recomendado. Assim, para contribuir com a redução da concentração de CO_2 e melhorar a qualidade do ar, ressalta-se a importância da implementação de dispositivos de renovação do ar nos sistemas de ar-condicionado do tipo *split* utilizados em edificações híbridas.

A Tabela 2 apresenta equações de regressão linear e valores do coeficiente de determinação para correlações entre variáveis ambientais e a concentração de CO_2, de acordo com o tipo de edificação e modo de operação. Observa-se que a elevação da temperatura do ar esteve relacionada à tendência de diminuição da concentração de CO_2 nas edificações híbridas em ambos os modos de operação. O aumento da velocidade do ar tendeu a reduzir a concentração de CO_2 para as edificações híbridas operando com ventilação natural – conforme esperado, visto que o movimento de ar aumenta a dispersão de poluentes, reduzindo os níveis de CO_2 no ar interno (SUZUKI, 2010). Por outro lado, no modo de operação por ar-condicionado a concentração de CO_2 aumentou com a elevação da velocidade do ar, devido à recirculação do ar interno. Na edificação com sistema central de ar-condicionado, não houve efeito da temperatura do ar e da velocidade do ar sobre a concentração de CO_2 ($p>0,05$). Destaca-se que as correlações entre as variáveis foram fracas em todos os casos ($R^2<0,2$). Em relação à razão de umidade, o seu aumento resultou em redução da concentração de CO_2 em todas as edificações. Segundo Gładyszewska-Fiedoruk (2013), a umidade relativa e a concentração de CO_2 devem estar diretamente relacionadas quando há apenas ventilação natural, visto que as pessoas emitem vapor de água e dióxido de carbono no ambiente. No entanto, a autora afirma que em ambientes condicionados artificialmente é esperado o oposto, devido à desumidificação do ar por aparelhos de ar-condicionado e acumulação de gases como o CO_2 nos ambientes internos – por conta da ausência de troca de ar com o ambiente externo. Assim, os resultados obtidos pela autora foram parcialmente correspondentes às tendências observadas, uma vez que este estudo considerou a umidade absoluta do ar e a edificação com sistema central de ar-condicionado possuía sistema de renovação do ar.

Tabela 2 – Equação de regressão linear e coeficiente de determinação para correlações entre variáveis ambientais e a concentração de CO_2

Híbridas VN (n=312)		Híbridas AC (n=384)		CC (n=174)	
Equação	R^2	Equação	R^2	Equação	R^2
CO_2 = -12,0Ta + 793,9	0,02	CO_2 = -101,9Ta + 3310,6	0,18	p>0,05*	0,01
CO_2 = -101,7Va + 515,4	0,01	CO_2 = 5658,6Va + 225,5	0,13	p>0,05*	0,00
CO_2 = -37,2Wa + 901,6	0,19	CO_2 = -115,7Wa + 1871,3	0,17	CO_2 = -12,0Wa + 697,1	0,02

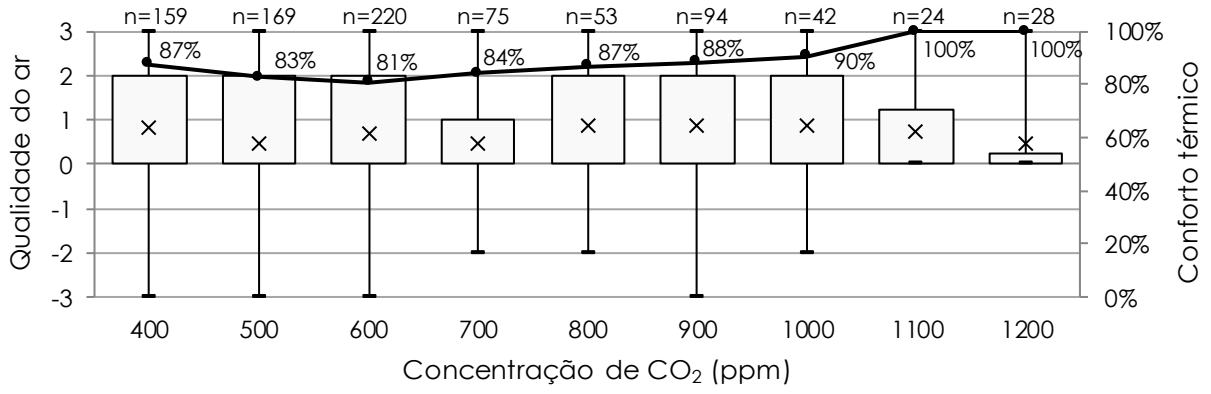
* Estatisticamente não-significativo com p>0,05.

Fonte: Os autores

3.2 Percepção da qualidade do ar e conforto térmico

A Figura 2 mostra um diagrama de caixa relacionando a satisfação com a qualidade do ar e o conforto térmico com a concentração de CO_2, considerando os dados conjuntos de todas as edificações. Não houve tendência definida entre a concentração de CO_2 e a satisfação com a qualidade do ar (oscilações entre 0 e +1), visto que esta pode ser influenciada por outros fatores. Para elevados níveis de CO_2, ocorreu redução da satisfação com a qualidade do ar e ausência de insatisfação com a qualidade do ar, enquanto o conforto térmico aumentou. Desta forma, a ausência de insatisfação com a qualidade do ar pode estar relacionada ao elevado conforto térmico, mesmo para alta concentração de CO_2 no ar interno.

Figura 2 – Diagrama de caixa relacionando a satisfação com a qualidade do ar e o conforto térmico com a concentração de CO_2



Fonte: Os autores

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos votos de satisfação com a qualidade do ar e a avaliação de seus problemas de acordo com o tipo de edificação e modo de operação, para usuários em conforto e desconforto térmico. Em todas as edificações, houve elevada concentração de votos indicando neutralidade ou satisfação com a qualidade do ar para os usuários em conforto térmico e menos de 10% de votos de insatisfação. Por outro lado, os ocupantes em desconforto térmico se sentiram predominantemente neutros ou insatisfeitos com a qualidade do ar. Destaca-se que a edificação com sistema central de ar-condicionado apresentou o maior percentual de votos indicando satisfação com a qualidade do ar, tanto para usuários em conforto (71,3%) quanto em desconforto térmico (35,5%). Quanto aos problemas relacionados à qualidade do ar, verifica-se que o percentual de votos indicando um grande problema foi superior àqueles considerando um problema pequeno para quase todos os casos, para usuários em conforto e desconforto térmico. Ressalta-se que ao menos metade dos usuários considerou "Ar está

abafado" um grande problema. É interessante notar o significativo percentual de votos "Não é um problema" para os usuários em conforto e desconforto térmico, para os problemas "Ar está abafado" (até 25,0%), "Ar não está limpo" (até 62,5%) e principalmente "Ar está com odores" (até 91,7%).

Tabela 3 – Distribuição dos votos de satisfação com a qualidade do ar e dos problemas referentes à qualidade do ar de acordo com o tipo de edificação e modo de operação, para os usuários em conforto e desconforto térmico

Escala das variáveis		Conforto térmico (%)			Desconforto térmico (%)		
		Híbridas VN	Híbridas AC	CC	Híbridas VN	Híbridas AC	CC
Satisfação com a qualidade do ar		n=263	n=339	n=143	n=49	n=45	n=31
+1 a +3	Satisfeito	47,9	41,6	71,3	2,0	22,2	35,5
0	Neutro	45,2	52,2	19,6	30,6	24,4	25,8
-1 a -3	Insatisfeito	6,8	6,2	9,1	67,3	53,3	38,7
"Ar está abafado"		n=18	n=21	n=12	n=33	n=24	n=12
+1 a +3	É um problema pequeno	11,1	14,3	25,0	6,1	8,3	16,7
0	Neutro	27,8	19,0	0,0	12,1	12,5	0,0
-1 a -3	É um problema grande	50,0	66,7	50,0	78,8	58,3	83,3
	Não é um problema	11,1	0,0	25,0	3,0	20,8	0,0
"Ar não está limpo"		n=18	n=21	n=12	n=33	n=24	n=12
+1 a +3	É um problema pequeno	11,1	0,0	25,0	0,0	8,3	8,3
0	Neutro	44,4	52,4	0,0	60,6	29,2	25,0
-1 a -3	É um problema grande	16,7	33,3	16,7	18,2	0,0	33,3
	Não é um problema	27,8	14,3	58,3	21,2	62,5	33,3
"Ar está com odores"		n=18	n=21	n=12	n=33	n=24	n=12
+1 a +3	É um problema pequeno	5,6	4,8	16,7	0,0	4,2	8,3
0	Neutro	0,0	4,8	0,0	9,1	4,2	16,7
-1 a -3	É um problema grande	5,6	28,6	16,7	18,2	0,0	25,0
	Não é um problema	88,9	61,9	66,7	72,7	91,7	50,0

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

Este estudo discutiu os resultados de análises envolvendo a percepção da qualidade do ar, variáveis ambientais e o conforto térmico, a partir de dados coletados em duas edificações híbridas e uma edificação com sistema central de ar-condicionado em Florianópolis/SC. Obteve-se diminuição da média de satisfação com a qualidade do ar à medida que houve elevação da temperatura do ar e da razão de umidade.

Verificou-se que as edificações híbridas operando com ar-condicionado apresentaram elevados valores de concentração de CO_2, excedendo o limite recomendado de 1000 ppm. Por outro lado, a edificação com sistema central de ar-condicionado apresentou reduzida concentração de CO_2 por contar com sistema de renovação do ar – destacando-se a importância de haver ventilação adequada dos ambientes internos para garantir boa qualidade do ar e maior prevenção contra doenças respiratórias. Em todas as edificações, o aumento da razão de umidade resultou em redução da concentração de CO_2. Não se identificou tendência definida entre a concentração de CO_2 e a satisfação com a qualidade do ar, visto que esta pode ser influenciada por outros fatores. Ademais, constatou-se influência da percepção da qualidade do ar sobre o conforto térmico, visto que mais de 90%

dos usuários em conforto estavam neutros/satisfeitos com a qualidade do ar e a maioria daqueles em desconforto térmico se sentiram insatisfeitos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos recursos investidos nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASIF, A.; ZEESHAN, M.; ZAHANZAIB, M. Indoor temperature, relative humidity and CO_2 levels assessment in academic buildings with different heating, ventilation and air-conditioning systems. **Building and Environment**, v. 133, p. 83-90, 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução nº 9**, 2003. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_.pdf/ 8ccafc91-1437-4695-8e3a-2a97deca4e10>. Acesso em: 20 jun. 2020.

DAMIATI, S. A.; ZAKI, S. A.; RIJAL, H. B.; WONORAHARDJO, S. Field study on adaptive thermal comfort in office buildings in Malaysia, Indonesia, Singapore, and Japan during hot and humid season. **Building and Environment**, v. 109, p. 208-223, 2016.

European Commission. **Indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought**, 2003. Disponível em: <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_03_1278>. Acesso em: 27 jan. 2020.

GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK, K. Correlations of air humidity and carbon dioxide concentration in the kindergarten. **Energy and Buildings**, v. 62, p. 45-50, 2013.

INDRAGANTI, M.; RAO, K. D. Effect of age, gender, economic group and tenure on thermal comfort: A field study in residential buildings in hot and dry climate with seasonal variations. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 3, p. 273-281, 2010.

JAMALUDIN, N. M.; MAHYUDDIN, N; AKASHAH, F. W. Assessment on Indoor Environmental Quality (IEQ) with the application of potted plants in the classroom: case of University Malaya. **Journal of Design and Built Environment**, v. 17, n. 2, p. 1-15, 2017.

KLEPEIS, N. E.; NELSON, W. C.; OTT, W. R.; ROBINSON, J. P.; TSANG, A. M.; SWITZER, P.; BEHAR, J. V.; HERN, S. C.; ENGELMANN, W. H. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. **Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology**, v. 11, p. 231–252, 2001.

LEE, M. C.; MUI, K. W.; WONG, L. T.; CHAN, W. Y.; LEE, E. W. M.; CHEUNG, C. T. Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms. **Building and Environment**, v. 49, p. 238-244, 2012.

RUPP, R. F. **Conforto térmico humano em edificações de escritórios localizadas no clima subtropical úmido de Florianópolis/SC**. 2018. 289f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SUZUKI, E. H. **Avaliação do conforto térmico e do nível de CO_2 em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo**. 2010. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

TOFTUM, J.; JORGENSEN, A. S.; FANGER, P. O. Upper limits of air humidity for preventing warm respiratory discomfort. **Energy and Buildings**, v. 28, n. 1, p. 15-23, 1998.

ZHAI, Y.; ZHANG, H.; ZHANG, Y.; PASUT, W.; ARENS, E.; MENG, Q. Comfort under personally controlled air movement in warm and humid environments. **Building and Environment**, v. 65, p. 109-117, 2013.