

INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE MASSA CORPÓREA E FREQUÊNCIA DE ATIVIDADES FÍSICAS NO CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS LOCALIZADAS EM FLORIANÓPOLIS

Matheus de Cezaro Menegatti (1); Ricardo Forgiarini Rupp (2); EneDir Ghisi (3)

(1) Graduando em Engenharia Civil, menegatti_81@hotmail.com

(2) Mestre, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, ricardorupp@gmail.com

(3) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, enedir@labeec.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Caixa Postal 476, Florianópolis - SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721-2392

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar a influência do índice de massa corpórea e da frequência de atividades físicas na sensação, preferência, conforto e aceitabilidade térmica de pessoas que trabalham em escritórios com ventilação híbrida ou que operam com sistema de ar-condicionado central, na cidade de Florianópolis/SC. De modo a realizar uma análise e verificar se há diferenças significativas entre indivíduos considerando estes fatores, foram analisados os resultados de 85 estudos de campo (medições ambientais e aplicação de questionários) em três diferentes edificações em Florianópolis. Uma destas edificações opera com sistema de ar-condicionado central, enquanto as outras duas usam a estratégia de ventilação híbrida, alternando entre a ventilação natural e o sistema de ar-condicionado. Os dados foram separados de acordo com cada modo de operação e subdivididos em dois subgrupos, de IMC e frequência de atividades físicas, e então submetidos a análises estatísticas com as variáveis de conforto térmico. Observou-se uma tendência de os valores de isolamento de roupas diminuírem conforme se aumentam os valores de IMC. Sensação térmica, preferência térmica e conforto térmico mostraram uma relação significativa com os dois modos de operação, quando levados em consideração os valores de IMC. Em geral, indivíduos com maiores IMCs sentem o ambiente mais aquecido, tendem a preferir ambientes mais resfriados e sentem-se mais confortáveis termicamente que usuários com menores valores de IMC. A frequência de atividades físicas mostrou-se relacionada apenas com um dos modos de operação, dependendo da variável analisada.

Palavras-chave: conforto térmico, índice de massa corpórea, atividade física, ar-condicionado central, ventilação híbrida.

ABSTRACT

The aim of this study is to verify the influence of body mass index and frequency of physical activities on the thermal sensation, preference, comfort and acceptability of people working in offices with hybrid ventilation or operating with central air-conditioning system in the city of Florianópolis/SC. In order to perform an analysis and to verify if there are significant differences amongst individuals considering these factors, the results of 85 field studies (environmental measurements and application of questionnaires) were analysed in three different buildings in Florianópolis. One of these buildings operates with a central air-conditioning system, while the other two use the hybrid ventilation strategy. Data were separated according to each mode of operation and subdivided into two subgroups, BMI and frequency of physical activity, and then submitted to statistical analysis with thermal comfort variables. A tendency of decreasing clothing insulation as BMI increases was observed. Thermal sensation, thermal preference and thermal comfort showed a significant relationship with the two modes of operation, when considering BMI values. Overall, individuals with higher BMIs feel warmer, tend to prefer cooler environments and feel more thermally comfortable than user with lower BMI values. The frequency of physical activities was related only to one of the modes of operation, depending on the variable analysed.

Keywords: thermal comfort, body mass index, physical activity, hybrid ventilation, central air-conditioning.

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico é um dos parâmetros mais importantes a serem considerados em um projeto de construção, pois influencia na produtividade pessoal e é um fator determinante no consumo de energia das edificações.

Na constante busca por diminuir-se o desconforto térmico, os sistemas de condicionamento de ar têm sido cada vez mais usados, independentemente das condições climáticas exteriores. Porém, existem casos onde o sistema de ar-condicionado é utilizado para resfriamento em estações quentes, enquanto nas demais estações, o edifício opera com ventilação natural. Esta estratégia é denominada de ventilação híbrida.

O organismo humano, bem como seu metabolismo, funciona de forma diferente para cada tipo de pessoa. Fanger (1970) afirmou que não é possível que todos os indivíduos que atuam no ambiente se sintam confortáveis termicamente, visto que a condição ambiental nem sempre corresponde à preferência de todos os usuários. Por isso, busca-se criar condições de conforto, nas quais a maior porcentagem dos ocupantes se encontre em conforto térmico. No campo de estudos sobre conforto térmico, existem dois principais modelos que analisam a interação do ser humano com o ambiente:

- Modelo analítico: Proposto por Ole Fanger (1970) através de pesquisas em câmaras condicionadas artificialmente. Considera o indivíduo como um ser estático no ambiente, buscando-se manipular as variáveis ambientais para se atingir o conforto térmico. Através desse modelo é possível calcular os valores de *Predicted Mean Vote* (PMV) e *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD). Tal modelo prevê a sensação térmica média de um grupo de trabalhadores e fornece informações para se atingir uma determinada temperatura, que satisfaça a maior parte das pessoas envolvidas.
- Modelo adaptativo: Proposto por Nicol e Humphreys (2002) e de Dear e Brager (1998) através de pesquisas realizadas em campo, com ambiente físico e pessoas reais em que a busca por conforto térmico pode ser dada sob duas formas: o ser humano se adapta ao local onde vive, ou seja, pode adaptar seu corpo as diferenças de temperatura (mudança de postura ou de roupas) ou ocorrer à reestruturação do ambiente térmico para o conforto térmico (abertura/fechamento de janelas ou ajustando o sistema de ar-condicionado).

Estudos têm sido realizados com o intuito de avaliar o conforto térmico em função das características antropométricas das pessoas. Um dos parâmetros analisados é o peso, comumente associado ao índice de massa corpórea (IMC). Vecchi (2015), ao analisar indivíduos em clima subtropical no Brasil, chegou à conclusão que a temperatura neutra preferida encontrada para cada grupo de ocupantes, quando separados segundo os valores de IMC foi: 24,6°C para indivíduos com “peso normal”; 22,9°C para indivíduos “acima do peso” e 21,9°C para indivíduos “obesos”, mostrando que conforme os valores de IMC aumentam, diminui a respectiva temperatura neutra preferida.

Leites *et al.* (2013) confirmaram que indivíduos acima do peso apresentam um resfriamento evaporativo mais reduzido do que aqueles mais magros. No entanto, indivíduos com menor massa quando sujeitos a atividades físicas na presença de calor possuem uma menor aceitação do ambiente do que aqueles com maior massa. Os autores deixaram claro que o aumento da temperatura corpórea durante a prática de exercícios, e conseqüentemente, o aumento da sensação de calor, está relacionada à condutividade térmica do tecido adiposo, presente em maior quantidade em pessoas obesas. Logo, quanto maior a camada de tecido adiposo, maior a preferência por ambientes com temperatura mais baixa.

Ooijen (1920, apud WIJERS *et al.*, 2010) concluiu que indivíduos magros, quando expostos a ambientes frios por uma hora, tiveram um aumento metabólico de cerca de 20%, enquanto indivíduos com maior adiposidade apresentaram um aumento metabólico de cerca de 6%. Wijers *et al.* (2010) adicionaram os valores de IMC à pesquisa e concluíram que a diferença apresentada no gasto energético está na diferença da espessura da camada de gordura subcutânea e as temperaturas medidas na pele. A partir disso, os autores concluíram que indivíduos obesos possuem um maior isolamento térmico devido a uma maior espessura na camada de gordura, e por isso a perda de calor no corpo é dificultada. Logo, não é necessário um grande aumento na geração energética provinda do metabolismo para manter a temperatura constante.

Fadeyi (2014) observou, em seus experimentos com seres humanos, realizados durante o verão em ambiente com sistema de ar-condicionado central, que a sensação térmica de pessoas com sobrepeso foi maior (sentiram-se mais aquecidas) quando comparada com a sensação de pessoas com peso normal. Além disso, os níveis de aceitabilidade térmica, que expressa a aceitação térmica do ambiente pelo indivíduo, foram menores para as pessoas com sobrepeso.

De acordo com Maeda *et al.* (2005), a produção de calor por meio de calafrios é estreitamente relacionada à proporção de massa magra muscular da pessoa, o que depende da frequência de atividade física (humanos com o hábito diário de exercício têm um alto nível de aptidão física e logo uma maior proporção

de massa magra). Outro fator importante a ser considerado é o metabolismo basal, que segundo os autores é o principal responsável pela produção de calor pelo corpo. Dessa maneira, os autores realizaram experimentos com humanos, envolvendo exposições a diferentes temperaturas e a realização de atividade física. Os autores mostraram que pessoas com hábitos de praticar exercícios diários possuíam um metabolismo basal mais elevado do que pessoas sedentárias. Assim, esses indivíduos toleraram melhor o frio em comparação a indivíduos com um menor metabolismo basal (sedentários), sem terem de aumentar a produção de calor metabólico.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é verificar a influência do índice de massa corpórea e frequência de atividades físicas na sensação, preferência, conforto térmico e aceitabilidade térmica de pessoas que trabalham em escritórios com ventilação híbrida ou que operam com sistema de ar-condicionado central, na cidade de Florianópolis/SC.

3. MÉTODO

O foco deste trabalho está na análise de dados previamente coletados sob a ótica de duas variáveis humanas que possivelmente afetam o conforto térmico: IMC e frequência de atividades físicas.

3.1. Levantamento dos dados

Os dados analisados neste trabalho foram obtidos em medições de campo em escritórios, durante os meses de março a outubro de 2014, por uma equipe de pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, e utilizados na tese de Vecchi (2015). As medições de campo foram realizadas em três diferentes edificações públicas de escritórios em Florianópolis/SC. Nos edifícios as salas são compartilhadas entre os trabalhadores. Não serão informados os nomes dos participantes e nem as empresas que participaram do estudo. Logo, as edificações foram denominadas por A, B e C. A edificação A é a única a operar com sistema de ar-condicionado central durante todo o ano, enquanto as edificações B e C operam com ventilação híbrida (sistema de ar-condicionado e ventilação natural são alternados conforme a preferência dos usuários).

Para o levantamento de dados foram utilizados dois confortímetros equipados com sensores para medição da temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura de globo. Em conjunto com os confortímetros foram utilizados termômetro portátil para a medição pontual de temperatura e velocidade do ar. As medições ambientais foram realizadas de acordo com a ASHRAE 55 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2013).

A coleta de dados subjetivos foi realizada por meio da aplicação de um questionário eletrônico que contém seis etapas intercaladas por intervalos de tempo de 20 minutos, com perguntas que buscam respostas pessoais e momentâneas, ou seja, diz respeito ao que a pessoa estava sentindo no momento em que respondeu às perguntas. Por meio do questionário foram obtidos os seguintes dados dos usuários: vestimentas utilizadas, atividade laboral, frequência de atividades físicas fora do trabalho (“Diariamente”, “Semanalmente” ou “Nunca”), gênero, peso, altura, sensação térmica (Escala sétima da ASHRAE: -3 muito frio; -2 frio; -1 levemente com frio; 0 neutro; +1 levemente com calor; +2 calor; +3 muito calor), preferência térmica (“mais aquecido”, “assim mesmo” ou “mais resfriado”), conforto térmico (“confortável” ou “desconfortável”) e aceitabilidade térmica (“aceitável” ou “inaceitável”).

Maiores informações sobre os procedimentos de coleta de dados e instrumentos utilizados podem ser consultadas em Vecchi (2015) e em Rupp *et al.* (2017).

3.2. Tratamento dos dados

A planilha de dados utilizada neste trabalho, com as respostas subjetivas dos usuários associadas às variáveis ambientais, corresponde à utilizada por Vecchi (2015) em sua tese de doutorado. Para a análise dos dados, primeiramente foi realizada uma análise descritiva, apresentando a distribuição de valores de acordo com a frequência de ocorrência e a variabilidade, e valores de máximo, mínimo, média e desvio padrão. Logo após, foram realizados testes de hipóteses entre as variáveis, a fim de verificar como estas variáveis se influenciam. Através dos testes foi possível afirmar se as variáveis apresentam, estatisticamente, relação significativa. Comparou-se a influência das variáveis peso e altura, as quais foram representadas pelo índice de massa corpórea (valor obtido da divisão da massa pela altura ao quadrado). Os valores resultantes do tratamento de dados foram comparados com a conhecida classificação do IMC (Tabela 1) e frequência de atividades físicas com as variáveis de sensação térmica, preferência térmica, conforto térmico, aceitabilidade térmica e valores de isolamento de roupas (clo).

Tabela 1 - Relação entre IMC e grupos de risco.

IMC	<17,00	17,00-18,49	18,50-24,99	25,00-29,99	30,00-34,99	35,00-39,99	>40,00
Situação	Muito abaixo do peso	Abaixo do peso	Peso normal	Acima do peso	Obesidade I	Obesidade II (severa)	Obesidade III (mórbida)

Os dados também foram separados de acordo com os dois modos de operação (ar-condicionado e ventilação híbrida) e agrupados conforme IMC e frequência de atividades físicas e, então submetidos a duas análises. A primeira análise foi feita com base em teste de hipóteses (qui-quadrado) entre as variáveis, considerando que ambas estão pareadas. Duas variáveis são ditas pareadas quando constituem observações da mesma característica em um mesmo indivíduo em momentos distintos. A análise estatística avaliou a relação entre as duas variáveis, através da diferença entre elas. Adotou-se um nível de significância (α) padrão de 0,05 e as variáveis estudadas foram classificadas como quantitativas contínuas e discretas e duas hipóteses foram consideradas:

- H0: não há diferença significativa entre a distribuição dos dados, portanto há normalidade;
- H1: há diferença significativa entre a distribuição dos dados, portanto não há normalidade;
- Se o valor de $p \leq \alpha$ confirma-se H1, caso contrário aceita-se H0.

Quando confirmado que não houve normalidade entre a distribuição dos valores, foi realizado um teste não-paramétrico (correlação de Spearman). Adotou-se então um nível de significância (α) de 0,05 e duas hipóteses foram consideradas:

- H0: estatisticamente não há relação significativa entre as variáveis;
- H1: estatisticamente há relação significativa entre as variáveis;
- Se o valor de $p \geq (\alpha/2)$ confirma-se H0, caso contrário aceita-se H1.

Além disso, as variáveis podem estar relacionadas de forma direta – quando o coeficiente r de Spearman estiver no intervalo ($0 < r < 1$) – e de forma inversa ($-1 < r < 0$). Ou seja, para o caso de as variáveis estarem relacionadas de forma inversa, tem-se uma variável aumentando, enquanto a outra diminui. O tipo de correlação que existe entre as variáveis está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação entre valores de r (em módulo) e tipo de relação.

Valor de r	0,00 a 0,19	0,20 a 0,39	0,40 a 0,59	0,60 a 0,79	0,80 a 1,00
Tipo de relação	Muito fraca	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte

4. RESULTADOS

A análise de dados foi baseada em um total de 85 estudos de campo realizados em 2014. Essa pesquisa contou com a participação de 584 pessoas participantes das três edificações que responderam aos questionários, totalizando 2.695 votos de conforto térmico. Destes, 1.199 foram votos femininos (44,5% do total) e 1.496 votos masculinos (55,5%). Foram obtidos 1.620 votos em ambientes com aparelhos de ar-condicionado ligados (60,1%) e 1.055 votos em ambientes ventilados naturalmente (39,2%). Quanto ao tipo de edificação, foram coletados 1.275 votos em edificação com ar-condicionado central (edificação A), isto é, 47,3% do total de votos e 1.420 votos de edificações com ventilação híbrida (52,7% do total de respostas – edificações B e C).

Na edificação que operou com sistema de ar-condicionado central, a atividade metabólica variou entre 1,0 e 1,4 W/m². O peso dos ocupantes teve uma variação de 42 a 108 kg. Quanto ao isolamento de roupa, os valores oscilaram de 0,42 a 1,40 clo. Nas edificações que operaram com ventilação híbrida, a atividade metabólica variou de 1,0 a 1,4 W/m², o peso de 43 a 130 kg e o fator de isolamento de roupa de 0,31 a 1,49 clo. Estes dados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição estatística das características físicas dos indivíduos.

Variáveis	Atividade metabólica (W/m ²)		Altura (m)		Peso (kg)		Vestimenta (clo)	
	Eac	Evh	Eac	Evh	Eac	Evh	Eac	Evh
Tipo de edificação								
Número de observações (N)	1275	1420	1275	1420	1275	1420	1275	1420
Mínimo	1,00	1,00	1,50	1,50	42	43	0,42	0,31
Máximo	1,40	1,40	1,97	1,92	108	130	1,40	1,49
Média	1,04	1,02	1,72	1,70	75	74	0,68	0,72
Desvio padrão	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 14	± 16	± 0,20	± 0,20

Eac: Edificação com sistema de ar-condicionado central; Evh: Edificações com ventilação híbrida.

Ao observar-se os valores das características ambientais, separados de acordo com os modos de operação, percebe-se que na edificação com ar-condicionado central a temperatura se manteve mais constante no ambiente, com uma mínima muito próxima da temperatura máxima. Quanto à umidade relativa

do ar, percebe-se que o ar se torna mais seco, devido à presença do ar-condicionado ligado. Estes dados são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição estatística das características ambientais.

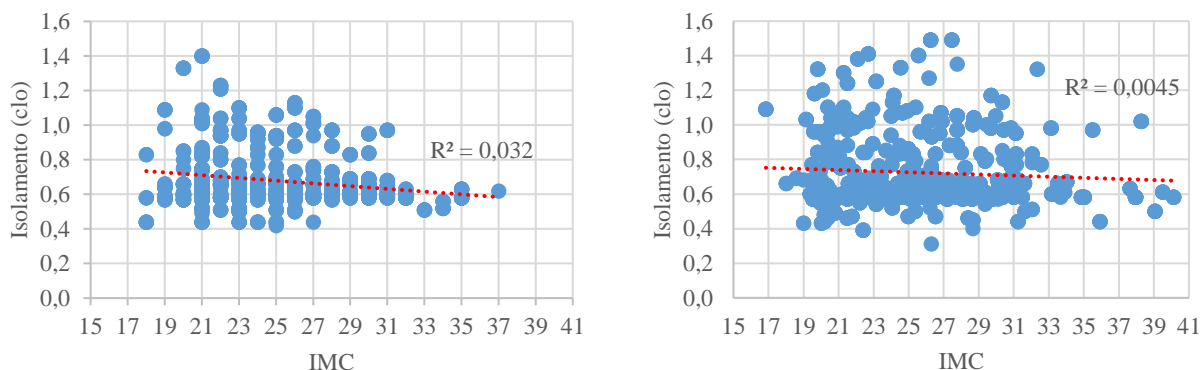
Variáveis	Temperatura interna (°C)		Umidade relativa do ar (%)		Temperatura externa (°C)	
	Eac	Evh	Eac	Evh	Eac	Evh
Tipo de edificação	Eac	Evh	Eac	Evh	Eac	Evh
Número de observações (N)	1275	1420	1275	1420	1275	1420
Mínimo	21,50	17,10	23,05	38,70	12,20	12,20
Máximo	24,66	28,00	78,14	82,25	25,30	24,70
Média	23,01	23,19	60,95	62,08	20,03	19,37
Desvio padrão	± 0,56	± 1,16	± 9,29	± 9,12	± 4,31	± 2,89

Eac: Edificação com sistema de ar-condicionado central; Evh: Edificações com ventilação híbrida.

4.1. Vestimentas

A Figura 1 mostra a correlação entre o IMC e o isolamento de roupas para a edificação com ar-condicionado central e para as edificações com ventilação híbrida. Em ambos os modos de operação há uma tendência dos valores de isolamento de roupas diminuir conforme se aumentam os valores de IMC. Ao comparar-se a frequência de atividades físicas com o isolamento de roupas, independentemente do modo de operação, não se obteve associação entre as variáveis.

De modo a verificar a relação existente entre o isolamento de roupas com o IMC e frequência de atividades físicas, os testes de hipóteses foram realizados e estão mostrados na Tabela 5. Ao analisar-se o valor de p para a correlação de Spearman, nota-se que a correlação entre frequência de atividades físicas e isolamento de roupas não foi significativa para ambos os modos de operação. No entanto, ao analisar-se o IMC, percebe-se que houve uma correlação muito fraca, porém significativa, apenas na edificação que opera com ar-condicionado central, de modo que quanto maiores foram os valores de IMC, menores foram os valores de isolamento de roupas – ou seja, apesar de fraca a relação entre as variáveis, estatisticamente elas estão relacionadas.



(a) Ar-condicionado central (N=1275)

(b) Ventilação híbrida (N=1420)

Figura 1 – Relação entre IMC e isolamento de roupas para os diferentes modos de operação.

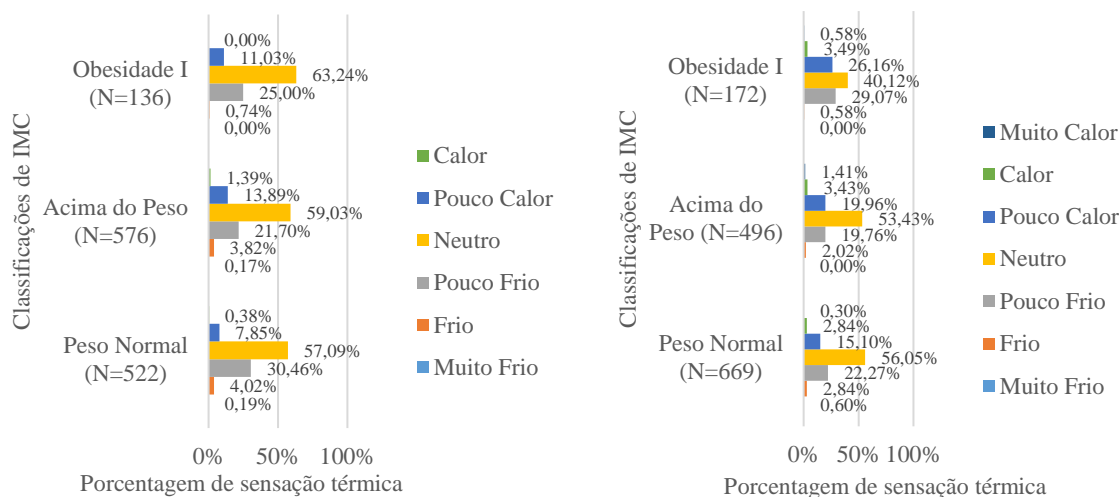
Tabela 5 – Resultados obtidos nos testes de hipóteses para isolamento de roupas.

Modo de operação	Ar-condicionado central		Ventilação híbrida	
	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas
Valor de p (qui-quadrado)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Valor de p (Spearman)	0,00224	0,46628	0,08290	0,21659
Coefficiente r de Spearman	-0,08002	0,00239	0,04983	0,02819

4.2. Sensação térmica

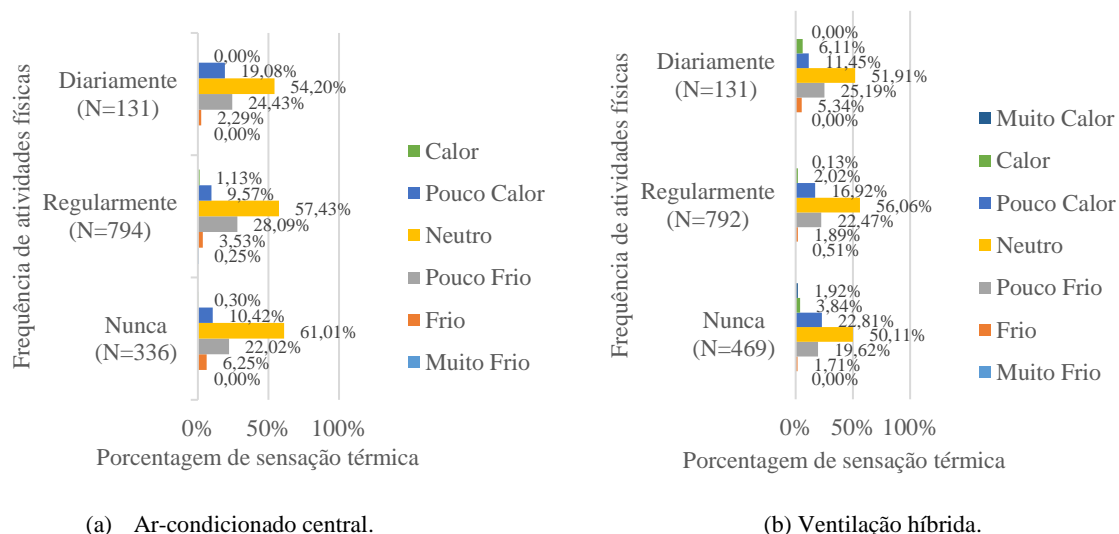
A sensação térmica é medida pela escala da ASHRAE e indica como o usuário está se sentindo termicamente, variando de -3 (muito frio) a +3 (muito calor). A Figura 2 mostra as porcentagens de votos de sensação térmica obtidas com relação às faixas de IMC e em função do modo de operação. Percebe-se que na edificação que opera com ar-condicionado central não houve votos na categoria “Muito Calor (+3)”. Observa-se que os votos para sensação térmica neutra (0) foram superiores para ambientes com ar-condicionado central. Em ambos os modos, nota-se uma diminuição na sensação de frio conforme se

aumentam os valores de IMC, com exceção do IMC “Obesidade I” no modo de ventilação híbrida. Assim, percebe-se uma tendência de que indivíduos com maior IMC sentem o ambiente mais aquecido.



(a) Ar-condicionado central. (b) Ventilação híbrida.
 Figura 2 – Relação entre IMC e sensação térmica para os diferentes modos de operação.

A Figura 3 mostra a relação entre a porcentagem dos votos de sensação térmica obtidas com relação à frequência de atividades físicas para os dois modos de operação. Observa-se que os valores para sensação térmica neutra aumentaram em direção ao sedentarismo (indivíduos que nunca praticam exercícios físicos) apenas na edificação que opera com ar-condicionado central. Nas edificações com ventilação híbrida houve aumento nos votos para “pouco frio (-1)” e diminuição dos votos para “pouco calor (+1)” à medida que se aumenta a prática de exercícios físicos.



(a) Ar-condicionado central. (b) Ventilação híbrida.
 Figura 3 – Relação entre frequência de atividades físicas e sensação térmica para os diferentes modos de operação.

Tabela 6 – Resultados obtidos nos testes de hipóteses para sensação térmica.

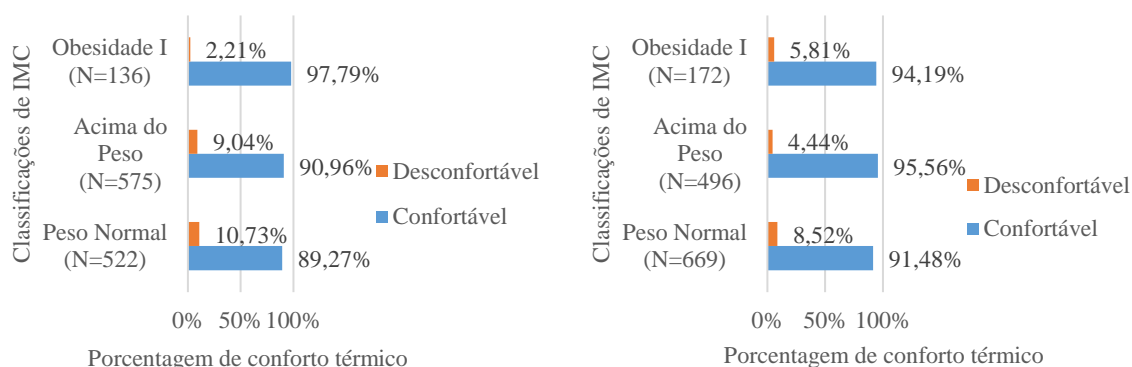
Modo de operação	Ar-condicionado central		Ventilação híbrida	
	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas
Valor de p (qui-quadrado)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Valor de p (Spearman)	0,00001	0,22428	0,00001	0,00003
Coefficiente r de Spearman	0,13619	-0,02136	0,24343	0,12145

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos nos testes estatísticos para sensação térmica. Observa-se que para ambos os modos de operação, houve correlação significativa entre as variáveis de IMC e sensação térmica. Porém, a correlação foi fraca para as edificações que operaram com ventilação híbrida, e muito fraca para a edificação com ar-condicionado central. Logo, conforme se aumentam os valores de IMC, há uma tendência de os indivíduos sentirem-se mais aquecidos, independentemente do modo de operação. Para a frequência de atividades pode-se concluir que a correlação entre esta variável e a sensação térmica não foi

significativa para a edificação que operou com ar-condicionado central. No entanto, para as edificações com ventilação híbrida, confirmou-se que a correlação entre as variáveis, apesar de muito fraca, foi significativa, ou seja, apesar de fraca a relação entre as variáveis, estatisticamente elas estão relacionadas. Assim, indivíduos que se exercitam regularmente sentem o ambiente térmico mais resfriado.

4.3. Conforto térmico

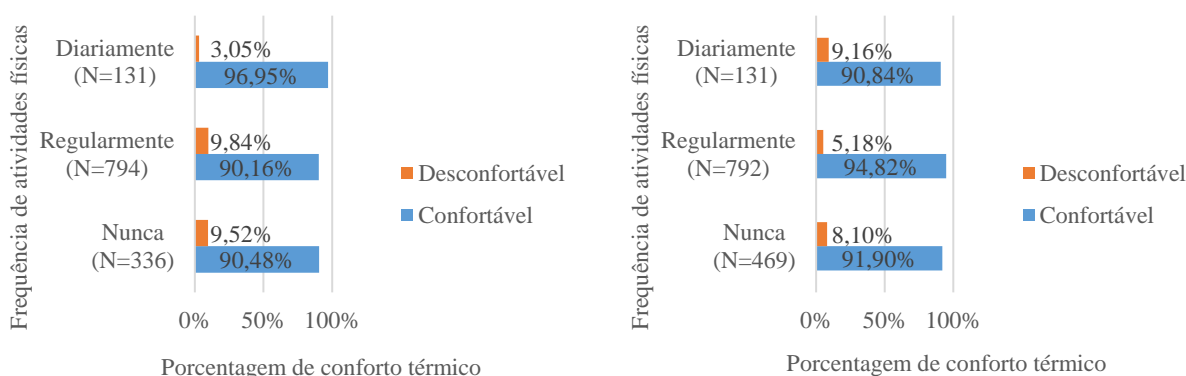
Conforto térmico é definido como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico em que o indivíduo está inserido. A Figura 4 mostra a porcentagem de votos de conforto térmico para cada subgrupo de IMC, e ainda compara a diferença entre eles nos dois modos de operação. De um modo geral, a maior parte das pessoas estava se considerando confortável termicamente. No entanto, para a edificação que operou com ar-condicionado central há uma certa linearidade no crescimento dos votos para ambiente confortável a medida que os valores de IMC aumentam. Porém, o mesmo não pode ser dito para as edificações que operaram com ventilação híbrida, pois há uma maior porcentagem de indivíduos confortáveis para o grupo considerado acima do peso do que para o grupo de obesos.



a) Ar-condicionado central. (b) Ventilação híbrida.

Figura 4 – Relação entre os valores de IMC e conforto térmico.

Na Figura 5 é apresentada a porcentagem de votos de conforto térmico para cada subgrupo de frequência de atividades físicas. Nota-se que na edificação que operou com ar-condicionado central os votos foram maiores para desconfortável termicamente, crescendo conforme a menor frequência de exercícios durante a semana (opções “nunca” e “semanalmente”). Enquanto nas edificações que operaram com ventilação híbrida, os votos para maior desconforto térmico foram para indivíduos que se exercitam diariamente. Em ambas as edificações os votos indicaram alta porcentagem de conforto térmico (acima de 90%).



(a) Ar-condicionado central. (b) Ventilação híbrida.

Figura 5 – Relação entre os valores de frequência de atividades físicas e conforto térmico.

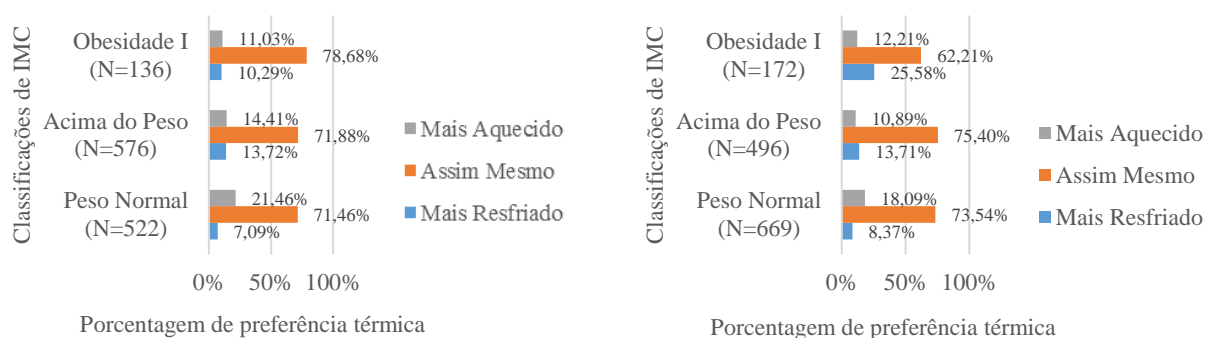
Ao se analisar os valores resultantes dos testes de hipóteses, presentes na Tabela 7, nota-se que para ambos os modos de operação, o IMC e o conforto térmico apresentaram correlação significativa, apesar de muito fraca. Pelo valor do coeficiente r de Spearman, concluiu-se que esta correlação se mostrou de forma inversa, ou seja, conforme se aumentam os valores de IMC, menores as porcentagens de desconforto térmico. Para frequência de atividades físicas, percebe-se que, houve uma correlação, fraca, porém, significativa, na edificação que operou com ventilação híbrida. Na edificação com ar-condicionado central não houve correlação significativa entre frequência de atividades físicas e conforto térmico.

Tabela 7 – Resultados obtidos nos testes de hipóteses para conforto térmico.

Modo de operação	Ar-condicionado central		Ventilação híbrida	
	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas
Valor de p (qui-quadrado)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Valor de p (Spearman)	0,00001	0,07631	0,00001	0,02049
Coefficiente r de Spearman	-0,12869	0,04032	-0,09428	-0,02205

4.4. Preferência térmica

A Figura 6 apresenta a porcentagem de votos de preferência térmica que os indivíduos de diferentes IMCs apresentaram para cada modo de operação. Observa-se que há uma diminuição nos votos de preferência “mais aquecidos”, conforme se aumentam os valores de IMC para ar-condicionado central. Para ambientes com ventilação híbrida o contrário foi observado. As porcentagens de preferência térmica por não mudar (“assim mesmo”) foram maiores em usuários obesos e acima do peso na edificação com sistema de ar-condicionado central e nos ambientes com ventilação híbrida, respectivamente.

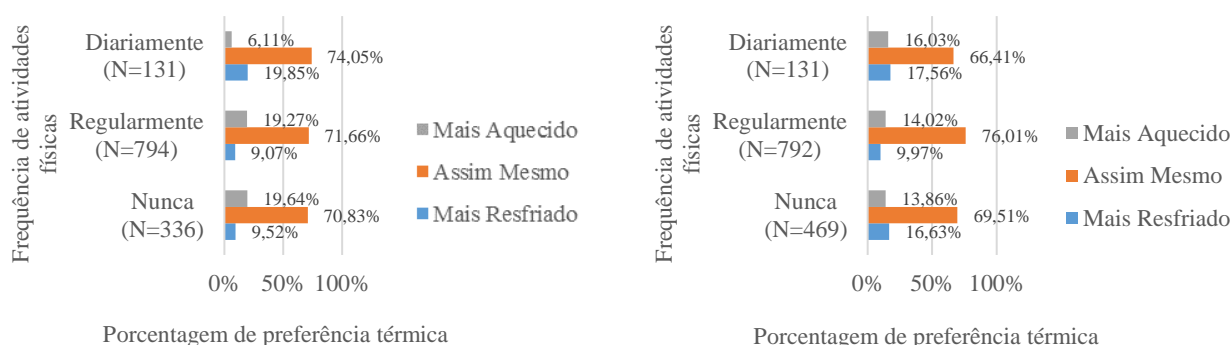


(a) Ar-condicionado central.

(b) Ventilação híbrida.

Figura 6 – Relação entre os valores de IMC e preferência térmica.

Para as porcentagens de votos de preferência térmica, cruzados com a frequência de atividades físicas, presentes na Figura 7, nota-se que em ambientes com ar-condicionado central há um aumento na preferência por ambientes mais aquecidos, conforme se diminui a frequência de atividades físicas, bem como uma diminuição na preferência por não mudar os ambientes. Ao se analisar os valores de preferência em ambientes com ventilação híbrida, nota-se que há uma maior preferência por ambientes mais resfriados, conforme se aumenta a frequência de atividades físicas.



(a) Ar-condicionado central.

(b) Ventilação híbrida.

Figura 7 – Relação entre os valores de frequência de atividades físicas e preferência térmica.

Tabela 8 – Resultados obtidos nos testes de hipóteses para preferência térmica.

Modo de operação	Ar-condicionado central		Ventilação híbrida	
	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas
Valor de p (qui-quadrado)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Valor de p (Spearman)	0,00001	0,00127	0,00001	0,27567
Coefficiente r de Spearman	0,16941	-0,08497	0,19938	0,01594

Através dos dados obtidos nos testes de hipóteses, presentes na Tabela 8, concluiu-se que há correlação significativa entre as variáveis de preferência térmica e IMC para ambos os modos de operação. Ao observar-se o coeficiente r de Spearman, percebe-se que ambas as correlações foram muito fracas.

Conforme se aumentam os valores de IMC, há uma maior preferência por ambientes mais resfriados. Para frequência de atividades físicas, somente a edificação que opera com ar-condicionado central mostrou correlação, que apesar de muito fraca, foi significativa. Com isto, percebe-se que indivíduos que praticam atividades físicas regularmente preferem um ambiente térmico mais resfriado do que aqueles sedentários.

4.5. Aceitabilidade térmica

A Figura 8 mostra a porcentagem de votos de aceitabilidade térmica, separados conforme cada subgrupo de IMC e pelo modo de operação. Percebe-se que para a edificação com ar-condicionado central os votos para ambiente aceitável foram muito próximos nas classificações de IMC “peso normal” e “acima do peso”, enquanto para indivíduos obesos, houve 100% dos votos para ambiente térmico aceitável. Para ventilação híbrida, novamente foram predominantes os votos para ambiente aceitável, e foram levemente superiores quando comparados com a edificação que opera com ar-condicionado central, exceto para indivíduos obesos. Tal grupo apresentou uma redução nos votos de aceitabilidade térmica.

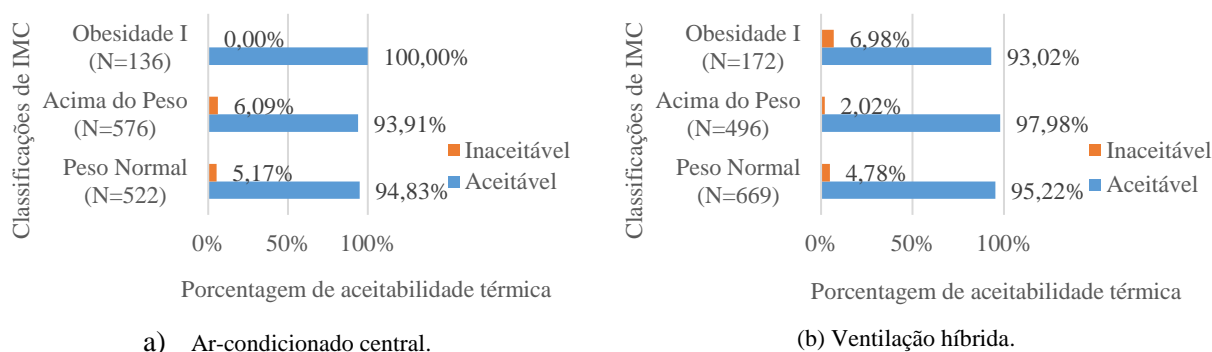


Figura 8 – Relação entre os valores de IMC e aceitabilidade térmica.

Ao analisar-se a relação entre a frequência de atividades físicas e a aceitabilidade térmica, apresentadas na Figura 9, nota-se que para ambos os modos de operação, indivíduos que se exercitam diariamente foram os que apresentaram maiores valores de aceitabilidade térmica. No entanto, para ambientes com ar-condicionado central, os votos de aceitabilidade térmica se mostraram muito próximos entre indivíduos que se exercitam regularmente, e aqueles que não praticam atividade física. Porém, analisando os ambientes com ventilação híbrida, indivíduos que se exercitam regularmente aceitam melhor o ambiente do que aqueles que não o fazem. Porém, os valores percentuais foram muito próximos entre ambos os subgrupos.

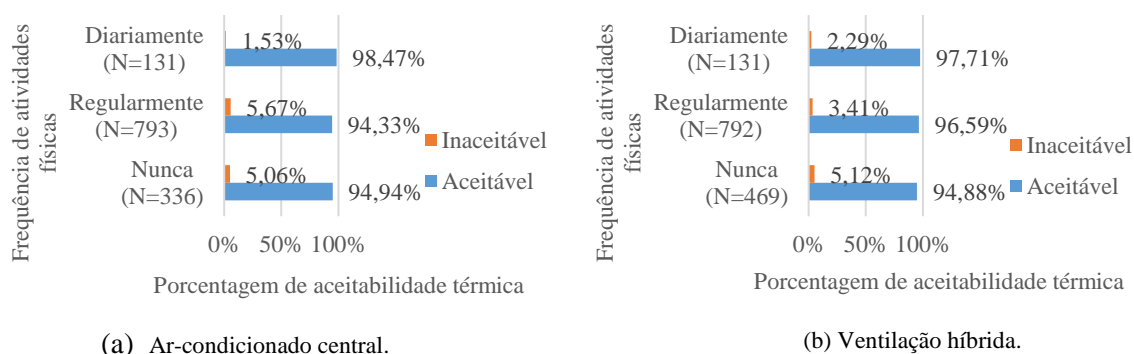


Figura 9 – Relação entre os valores de frequência de atividades físicas e aceitabilidade térmica.

Tabela 9 – Resultados obtidos nos testes de hipóteses para aceitabilidade térmica.

Modo de operação	Ar-condicionado central		Ventilação híbrida	
	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas	Índice de Massa Corpórea	Frequência de atividades físicas
Valor de p (qui-quadrado)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Valor de p (Spearman)	0,00091	0,19186	0,11527	0,01894
Coefficiente r de Spearman	-0,08772	0,02455	-0,03208	0,05552

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos por meio da aplicação dos testes de hipóteses. Nota-se que houve correlação significativa, apesar de muito fraca, entre IMC e aceitabilidade térmica apenas na edificação com ar-condicionado central, de forma que indivíduos com maiores valores de IMC aceitam melhor o ambiente do que aqueles com menores valores. Para frequência de atividades físicas, houve correlação significativa, apesar de muito fraca, apenas para as edificações que operam com ventilação

híbrida, de forma que conforme se aumenta a frequência de atividades físicas durante a semana, maiores os índices de aceitabilidade térmica.

5. CONCLUSÕES

Todas as conclusões aqui apresentadas são referentes a estudos de campo realizados durante o outono, inverno e primavera de 2014, em três edificações de escritórios localizadas no clima subtropical da cidade de Florianópolis, SC. Duas das edificações operam com ventilação híbrida e a outra edificação possui sistema de ar-condicionado central.

- **Relação entre IMC e isolamento de roupas:** em ambos os modos de operação há uma tendência do isolamento de roupas diminuir conforme se aumentam os valores de IMC;
- **Relação entre sensação, preferência, conforto térmico e aceitabilidade térmica e IMC:** em ambos os tipos de edificação, constatou-se que há correlação significativa entre IMC e sensação térmica, preferência térmica e conforto térmico: indivíduos com maior IMC sentem o ambiente mais aquecido, preferem ambientes mais resfriados e sentem-se mais confortáveis termicamente. O IMC somente apresentou relação significativa com a aceitabilidade térmica na edificação com ar-condicionado central, sendo que usuários com maiores valores de IMC aceitam em maior proporção o ambiente térmico. A influência do IMC na vestimenta e nas respostas subjetivas das pessoas provavelmente está relacionada com a adiposidade, a qual impacta a transferência de calor entre o corpo e o ambiente. O aumento no percentual de conforto térmico com o aumento do IMC possivelmente é explicado pelo fato dos estudos de campo não terem sido realizados no verão. Assim, a maioria das reclamações de desconforto térmico reportadas pelos usuários foram devidas ao frio. Desse modo, o aumento do IMC diminuiu o desconforto térmico. Cabe salientar que esta constatação pode não ser verdadeira para as estações mais quentes;
- **Relação entre sensação, preferência, conforto térmico e aceitabilidade térmica e frequência de atividades físicas:** os resultados relacionados à frequência de atividades físicas não foram conclusivos considerando todas as edificações. Em edificações com ventilação híbrida observou-se relação significativa entre frequência de atividades físicas e sensação, conforto e aceitabilidade térmica: indivíduos que se exercitam regularmente sentiram o ambiente térmico mais resfriado, reportaram maior desconforto térmico, mas aceitaram em maior proporção o ambiente térmico que usuários sedentários. Na edificação com sistema de ar-condicionado central, indivíduos que praticam atividades físicas regularmente preferem um ambiente térmico mais resfriado do que aqueles sedentários.

Para uma melhor compreensão da influência de diferentes variáveis no conforto térmico, mais estudos e análises devem ser realizados considerando o verão em Florianópolis e também, de uma maneira geral, nas demais regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, R. A. A. –C. E. **ANSI/ASHRAE Standard 55** –Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE Inc., EUA, 2013.
- DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. **ASHRAE Transactions**, v. 104, p. 145–167, 1998.
- FADEYI, M. O. Initial study on the impact of thermal history on building occupants' thermal assessments in actual air-conditioned office buildings. **Building and Environment**, v. 80, p. 36–47, 2014.
- FANGER, P. O. **Thermal comfort - analysis and applications in environmental engineering**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.
- LEITES, G. T.; SEVHL, P. L.; CUNHA, G.; FILHO, A. D.; MEYER, F. Responses of obese and lean girls exercising under heat and thermoneutral conditions. **The Journal of Pediatrics**, v. 162, n. 5, p. 1054–60, 2013.
- MAEDA, T.; SUGAWARA, A.; FUKUSHIMA, T.; HIGUCHI, S.; ISHIBASHI, K. Body composition, and physical fitness on cold tolerance in humans. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, v. 24, n. 4, p. 439–443, 2005.
- NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 563–572, 2002.
- RUPP, R. F.; VECCHI, R.; ASMUS, B.; CANDIDO, C.; GHISI, E. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 111–123, 2017.
- VECCHI, R. **Avaliação de conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido**. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.
- WIJERS, S. L. J.; SARIS, W. H. M.; VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D. Cold-induced adaptive thermogenesis in lean and obese. **Obesity**, v. 18, n. 6, p. 1092–9, 2010.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelos recursos investidos nesta pesquisa.