

ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO PARA DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MELHORIAS CLIMÁTICAS EM SALAS DE AULAS: COMPARAÇÃO ENTRE DADOS TÉCNICOS E A PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS¹

**CHAVES, Victor Leandro (1); ALBANO, Leônidas (2); ABREU-HARBICH, Loyde (3);
BRANDSTETTER, Maria Carolina (4)**

(1) UFG, e-mail: victorleandro2@hotmail.com; (2) PUC-GO, e-mail:
la@leonidasalbano.com; (3) UFG, e-mail: loydeabreu@gmail.com; (4) UFG, e-mail:
maria.carolina@uol.com.br

RESUMO

Este estudo avalia o conforto térmico e a eficiência energética através de medições "in loco" e a percepção dos usuários na Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFG. A metodologia consiste em: a) análise do projeto arquitetônico; b) levantamento de dados climáticos de verão, temperatura do ar e umidade relativa, dentro da sala de aula e a opinião dos usuários em três diferentes situações - com janelas e portas abertas e climatizador evaporativo ligado, janelas e portas abertas e ventilação natural, e janelas e portas fechadas e com ar condicionado ligado -; c) tratamento dos dados climáticos; d) comparação dos resultados coletados e a percepção dos usuários. Foram entrevistados 200 usuários. Cerca de 83,3% dos entrevistados estavam insatisfeitos na situação com ventilação natural, 68,5% na situação com climatizador evaporativo ligado e 70,2% na situação com ar condicionado ligado. Apesar dos resultados apontarem que a situação utilizando climatizadores é a mais confortável, o número de usuários que se sente desconfortável é muito alto em todas as situações, não atendendo os níveis recomendados pela ISO 7730 (1994).

Palavras-chave: Conforto térmico (clima tropical). Edifícios escolares. Percepção do usuário.

ABSTRACT

This study evaluates the thermal comfort and energy efficiency through field measurements and the users' perception in the School of Civil and Environmental Engineering at UFG. Methodology consists: a) analysis of architectural design; b) data collected, relative air humidity and temperature in the classroom and interviews about users' opinions in three different situations - using evaporative cooler with windows and doors opened, natural ventilation with windows and doors opened and air conditioner with windows and doors closed -; c) treatment of climatic data; d) comparison between collected data and users' perception. 200 users were interviewed. About 83,3% of respondents were dissatisfied in the situation with natural ventilation, 68,5% in the situation on evaporative cooler and 70,2% in the situation using air conditioning. Although the results suggest that the situation using evaporative cooler is more comfortable than others, the number of users who feel

¹CHAVES, Victor Leandro; ALBANO, Leônidas; ABREU-HARBICH, Loyde; BRANDSTETTER, Maria Carolina. Análise de conforto térmico para diferentes estratégias de melhorias climáticas em salas de aulas: comparação entre dados técnicos e a percepção dos usuários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

uncomfortable is very high in all situations, not comply the recommendation by ISO 7730 (1994).

Keywords: Thermal Comfort (tropical Climate). School Buildings. Users' perception.

1 INTRODUÇÃO

O clima tropical de altitude possui uma estação quente durante quase todo o ano. Esse clima é predominante em grande parte do país e gera um desconforto térmico das edificações brasileiras devido ao calor. As mudanças climáticas ocorridas em diversas cidades brasileiras com clima tropical de altitude tem tornando-as cada vez mais quentes (Abreu et al. 2014), fazendo com que o usuário utilize cada vez mais sistemas de refrigeração para manter os ambientes internos confortáveis, principalmente os de uso institucionais como as escolas.

Diversas pesquisas têm sido realizadas em edifícios escolares, avaliando as condições climáticas internas das salas de aula (SOUZA; FONTANELLA, 2011; DEAR *et al.*, 2014; TELI *et al.*, 2012; VECCHI, 2013). Os estudos agregam abordagens objetivas, através da coleta de dados climáticos, índices de avaliação e simulações, com as subjetivas, que envolvem as opiniões dos usuários, obtidas a partir de questionários ou entrevistas.

Ochoa (2012) faz uma avaliação do conforto ambiental (térmico, acústico e lumínico) em duas edificações da Universidade Federal de Goiás (UFG), obtendo grandes discrepâncias de resultado ao comparar os dados técnicos (coletados *in loco* e calculados conforme as normativas) com a percepção dos usuários. Quanto à questão térmica, em mais de 90% do tempo as salas poderiam ser consideradas confortáveis do ponto de vista técnico, tendo como zona de conforto o intervalo entre 18°C e 29°C. Em contrapartida, o máximo de pessoas satisfeitas dentro da sala foi 60%.

O conforto térmico interno das edificações pode ser garantido através de medidas passivas, como a ventilação cruzada, a proteção contra a radiação direta e a ventilação noturna. Essas medidas englobam as características dos edifícios (orientação espacial, formato, disposição das salas e das aberturas, materiais utilizados na envoltória, cor das paredes externas, tipo de cobertura, utilização de brises) e as características do clima (temperatura externa diurna e noturna, umidade relativa, ventos dominantes, dentre outros).

Atualmente, no entanto, nas instituições públicas de ensino superior, tanto em edifícios antigos quanto os atuais, têm-se buscado a adoção de sistemas de condicionamento mecânico para o arrefecimento dos ambientes, elevando os custos com energia em até 50%.

O impacto gerado nas contas de energia, devido à utilização de aparelhos de ar condicionado, vem comprometendo as verbas dessas instituições, obrigando-as a buscar alternativas para minimizar ou substituir o uso desses equipamentos. Por exemplo, um dos equipamentos de ar condicionado consome cerca de 2,4kwh, enquanto o climatizador, cerca de 0,38kwh. Supondo que os equipamentos ficam ligados durante 8 horas por dia

durante o período de aulas (20 dias), o consumo de um ar condicionado será 384kwh/mês e do climatizador de 60,8kwh/mês, ou seja, o ar condicionado consome 631,6% a mais que o climatizador.

Tendo em vista o contexto apresentado, este artigo objetiva analisar o conforto térmico e a percepção térmica dos usuários em três sistemas de ventilação (climatizador, ar condicionado e ventilação natural) a partir de medições “in loco” e entrevistas. O estudo de caso escolhido foi uma sala de aula, do edifício Bloco B da Escola de Engenharia, pertencente ao parque edificado da Universidade Federal de Goiás.

2 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada na pesquisa, contemplando as características do local, da amostra e dos dados climáticos coletados.

2.1 Clima de Goiânia

Goiânia ($16^{\circ} 40' S$; $49^{\circ} 15' O$; 749m) situa-se na região centro-oeste do Brasil, sendo a capital mais próxima da capital federal Brasília (cerca de 200Km). É a segunda capital mais populosa do centro-oeste, superada por Brasília. Na década de 60, a cidade sofreu um acelerado crescimento populacional, e hoje possui cerca de 1 milhão e quatrocentos mil habitantes (IBGE) e uma densidade habitacional igual a 1 782,5 habitantes/km². O clima da cidade é classificado como tropical de altitude com período predominantemente seco (AW, KOTTEK et al. 2006). A temperatura média do ar é 23,59° C para os últimos 10 anos, sendo que a maior temperatura registrada foi 40,1° C, em outubro de 2015. O índice pluviométrico é de 1570mm por ano, sendo que as chuvas se concentram nos meses de outubro a abril. De acordo com Ochoa (2012), a cidade de Goiânia apresenta um regime pluviométrico bem definido, configurando uma estação seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a janeiro). Os meses de fevereiro, março e abril possuem uma intensidade razoável de chuvas, caracterizando uma transição entre os períodos. Os índices de umidade relativa variam de 52%, em agosto (mês mais seco do ano), e 82%, no período de dezembro a março.

2.2 Área de Estudo

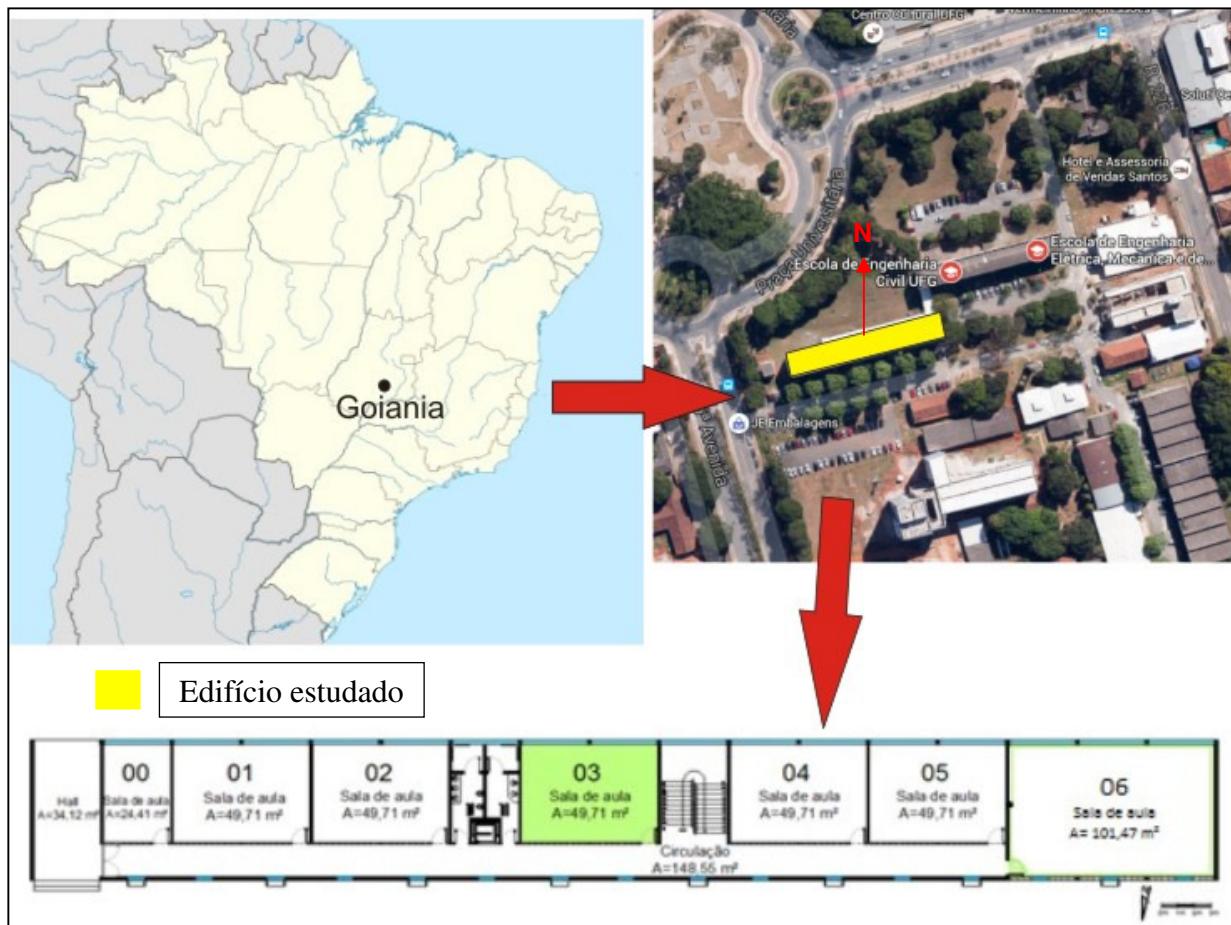
O edifício Bloco B, situado na latitude $16^{\circ}40' S$ e longitude $40^{\circ}14' O$ (Figura 1), possui uma volumetria prismática de base retangular, com as maiores fachadas inclinadas 13° em relação ao norte geográfico. A edificação é constituída por dois andares principais, que reúnem treze salas de aula, destinadas aos alunos de graduação e pós-graduação dos cursos de engenharia civil, elétrica, mecânica, ambiental e sanitarista, e da computação. Todas as salas possuem janelas voltadas somente para a fachada Sul, com exceção de duas delas, que dispõem de aberturas nas fachadas Norte e Sul.

A estrutura do edifício é em concreto armado, com paredes em bloco cerâmico furado, argamassadas e pintadas em cor branca (externamente) e em branca e tom pastel (internamente). As paredes externas possuem uma espessura de 25cm e as internas de 15cm.

O objeto de estudo desta pesquisa é a Sala 3, instalada no pavimento térreo. A escolha se deu a partir das suas características físicas, como a presença de aberturas somente em uma fachada (Sul), o que permite um melhor controle das variáveis climáticas externas a serem medidas e analisadas. Como observado na Figura 1, as salas 1 a 5 são idênticas do ponto de vista estrutural e arquitetônico, com dimensões de 6,15m x 8,15m, e pé-direito de 3,88m. A Sala 3 (Figura 2), entretanto, apresenta como vantagem, em relação às demais, seu maior isolamento no que tange às influências térmicas externas, uma vez que está situada entre um banheiro e a escada, que não apresentam produção de calor significativa, aproximando o modelo real do experimento com o modelo ideal (sistema adiabático) previsto nos métodos de avaliação normativos.

As salas foram projetadas para o favorecimento da ventilação natural interna através do efeito chaminé, uma vez que possuem janelas internas, com abertura para o duto de ventilação, sobre o corredor, que se abre para a fachada norte, possibilitando a saída do ar quente ascendente. Nas salas da extremidade oeste, com dimensões de 8,25m x 12,25m, e pé direito de 3,88m, ocorre a ventilação cruzada completa, devido à presença de aberturas nas fachadas Norte e Sul.

Figura 1 – Localização do objeto de estudo



Fonte: Os autores

Figura 2 – Interior da Sala 3: a) sem o climatizador e b) com o climatizador



Fonte: Os autores

2.3 Coleta de dados in Loco

A pesquisa foi desenvolvida na Sala 3, situada no edifício Bloco B da Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Goiás, no período de 16/02/2016 a 26/02/2016, envolvendo a coleta de dados climáticos internos (temperatura e umidade relativa), para três sistemas de ventilação distintos e a aplicação de questionários aos alunos e professores. As situações estudadas foram: ventilação natural, com janelas e portas abertas;

climatizador evaporativo, com janelas e portas abertas; e ar condicionado, com janelas e portas fechadas.

Durante o experimento, não houve nenhuma interferência sobre o andamento das aulas ministradas, ocorrendo tudo conforme previsto na grade de horários da instituição. A única limitação imposta foi o sistema de ventilação a ser adotado em cada dia.

As medições de temperatura e umidade relativa dentro da sala de aula foram obtidas através de um aparelho termo-higrômetro, com *data logger*, da marca Novus, modelo LogBox-RHT-LCD, instalado embaixo da mesa do professor, há uma altura de 0,70m do chão (Figura 3). Os dados foram coletados no período de 16/02/2016 a 26/02/2016, ininterruptamente, com intervalo entre as aquisições de dez minutos. A Tabela 1 apresenta o detalhamento de todas as situações analisadas na pesquisa.

Figura 3 – Data logger utilizado nas medições



Fonte: Ochoa (2012)

Tabela 1 – Detalhamento das situações avaliadas

SITUAÇÃO	HVAC	CLIMATIZADOR	JANELAS	PORTE	DIA 1	DIA 2	DIA 3
1	DESLIGADO	DESLIGADO	ABERTAS	ABERTA	16/FEV	18/FEV	19/FEV
2	DESLIGADO	LIGADO	ABERTAS	ABERTA	17/FEV	23/FEV	25/FEV
3	LIGADO	DESLIGADO	FECHADAS	FECHADA	22/FEV	24/FEV	26/FEV

Fonte: Os autores

As condições climáticas externas foram obtidas através da estação meteorológica, instalada próxima à fachada Norte da edificação, com dados de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e radiação.

2.4 Perfil do Usuário

Os usuários participantes da pesquisa são professores e alunos de graduação dos cursos de engenharia civil e ambiental.

A taxa de metabolismo média adotada foi de 70 W/m², conforme disposto em Ruas (1999), para a atividade típica de sala de aula. Os valores de isolamento da vestimenta (clo) foram estimados com base nas respostas assinaladas nos questionários, referentes às roupas utilizadas por cada

usuário naquele momento, obtendo um valor médio de 0,44 clo (camiseta manga curta, calça comprida e sapato fechado).

Em paralelo às medições das variáveis climáticas, foram aplicados questionários (Figura 4) aos alunos e professores, usuários da Sala 3, obtendo uma amostra total de 200 questionários, sendo 54 para a Situação 1, 89 para a Situação 2 e 57 para a Situação 3. Os mesmos foram aplicados em aulas alternadas, escolhidas conforme o número de alunos presentes e o período do dia (matutino e vespertino). A aplicação ocorreu no início das aulas (após um período de 15 minutos de aclimatação) ou ao final, conforme autorização do professor.

O questionário teve como foco o conforto, a aceitabilidade e a preferência térmica dos ocupantes. De maneira complementar, foram incluídos dados antropométricos (idade, peso, altura e gênero) e das vestimentas dos entrevistados. A Tabela 2 apresenta o perfil dos usuários entrevistados, indicando as médias de idade, peso e altura, o número de pessoas do sexo masculino e feminino e a quantidade de professores e alunos. Para a determinação da idade média foram descartados os dados referentes aos professores, uma vez que a amostra era pouco representativa.

As informações adquiridas permitiram uma análise qualitativa das condições térmicas internas da sala de aula para cada sistema de ventilação estipulado, tendo como base a escala séptima de Fanger (1970), com intervalo entre -3 (muito frio) e +3 (muito calor).

Figura 4 – Modelo do questionário aplicado

Questionário de Sensações Térmicas

Data: ___ / ___ / ___ Hora: ___ Local: ___

Altura: ___ Peso: ___ Sexo: Masculino Feminino Idade: ___ Aluno Professor

Roupa: calça comprida camiseta manga longa jaqueta avental
 bermuda / saia camiseta manga curta sapato fechado
 sapato aberto

1. Você está se sentindo confortável hoje?

 Sim Não

2. Qual a sua sensação térmica neste momento?

<input type="checkbox"/> Muito quente	<input type="checkbox"/> Ligeiramente frio
<input type="checkbox"/> Quente	<input type="checkbox"/> Frio
<input type="checkbox"/> Ligeiramente quente	<input type="checkbox"/> Muito frio
<input type="checkbox"/> Neutro	

3. Você acha este ambiente?

<input type="checkbox"/> Confortável	<input type="checkbox"/> Muito desconfortável
<input type="checkbox"/> Um pouco desconfortável	<input type="checkbox"/> Extremamente desconfortável
<input type="checkbox"/> Desconfortável	

4. Neste momento você prefere que este ambiente esteja:

<input type="checkbox"/> Muito mais quente	<input type="checkbox"/> Pouco mais frio
<input type="checkbox"/> Mais quente	<input type="checkbox"/> Mais frio
<input type="checkbox"/> Pouco mais quente	<input type="checkbox"/> Muito mais frio
<input type="checkbox"/> Nem mais quente nem mais frio (Neutro)	

5. Levando em conta apenas sua preferência pessoal, você aceita ou rejeita as condições térmicas deste ambiente?

 Aceito Rejeito

6. Este ambiente, na sua opinião, em relação à temperatura é:

Perfeitamente tolerável
 Um pouco difícil de tolerar
 Difícil de tolerar
 Muito difícil de tolerar
 Intolerável

7. Quantas vezes saiu da sala?

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Perfil dos usuários

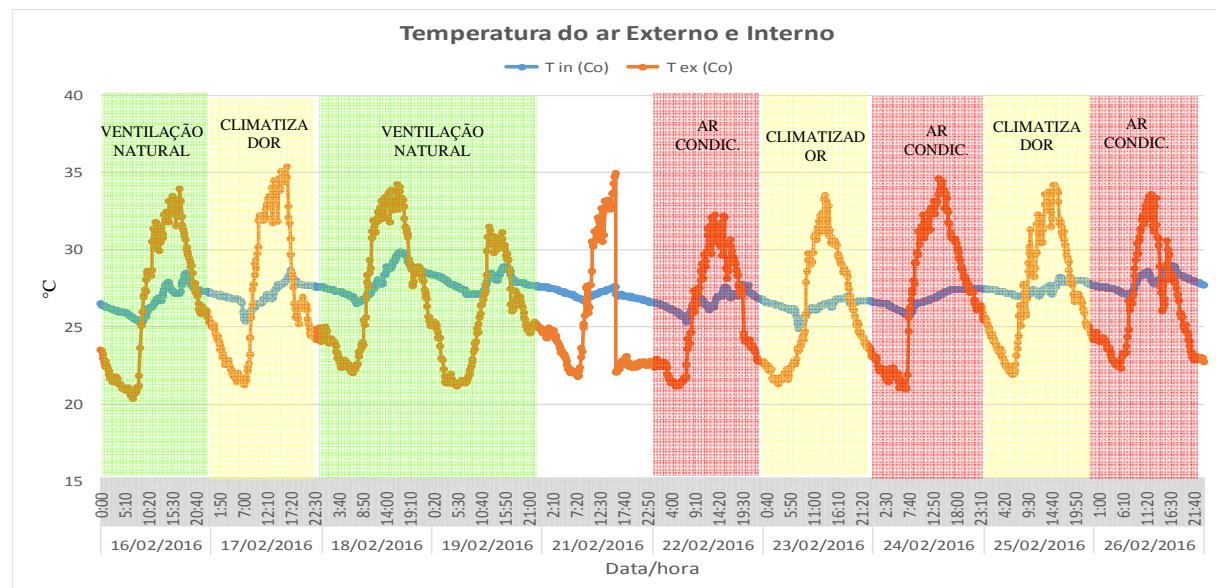
GÊNERO	HOMEM: 149 MULHER: 51
USUÁRIO	PROFESSOR: 8 ALUNO: 192
IDADE:	22 ANOS
PESO:	72.6KG
ALTURA:	1.75M

Fonte: Os autores

3 RESULTADOS

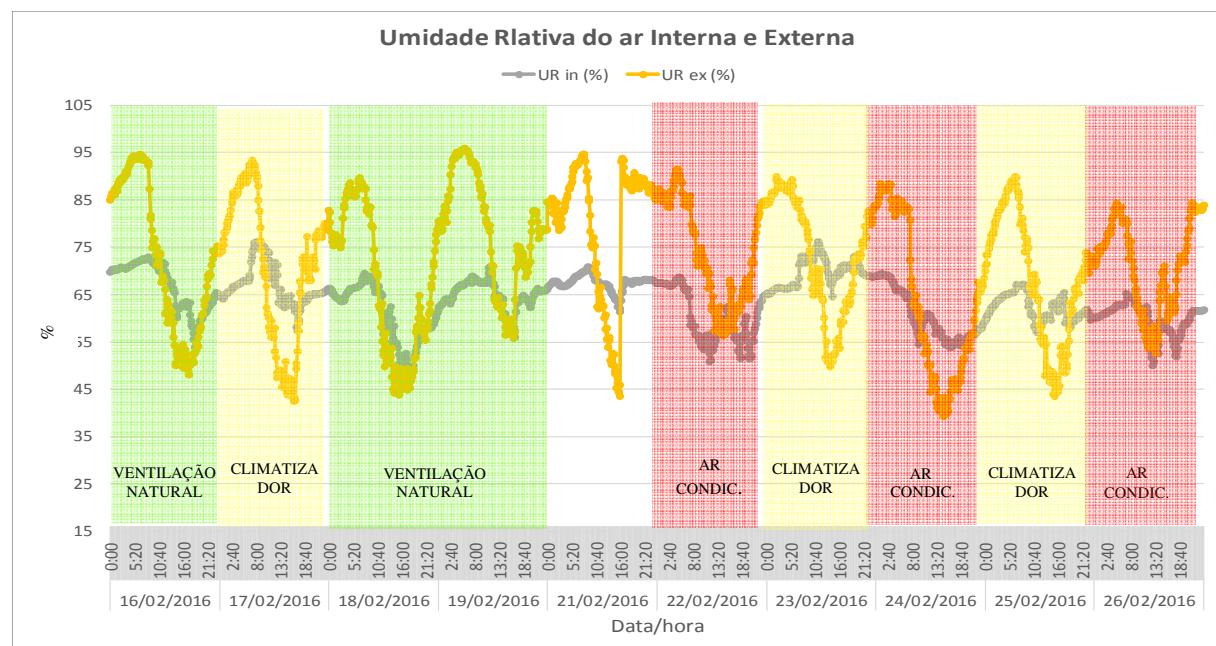
A Figura 5 e a Figura 6 apresentam os resultados da temperatura e umidade relativa do ar, nos ambientes externo e interno. As médias obtidas no período estudado foram de 27.01° C (interno) e 25.9° C (externo) para a temperatura do ar, e de 63% (interno) e 73% (externo) para a umidade relativa do ar.

Figura 5 – Temperatura do ar interno e externo para o período de 16 a 26 de fevereiro de 2016



Fonte: Os autores

Figura 6 – Umidade Relativa do ar interno e externo para o período de 16 a 26 de fevereiro de 2016



Fonte: Os autores

O período analisado apresenta altas temperaturas. As elevadas taxas de umidade relativa no ambiente externo se devem às constantes chuvas ocorridas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

Para comparar os resultados das temperaturas do ar e umidade relativa do ar obtidas internas e externas, foram calculadas as médias, máximas e mínimas (Tabela 3). Foram considerados os seguintes períodos: dia, período de aula (das 8h até as 18h), período matutino (8h até as 12h) e vespertino (12h até as 18h).

Na situação ar condicionado, a média da temperatura do ar interno foi 27,14 °C, média da temperatura do ar externo de 26,52 °C, umidade relativa do ar interno de 60,14% e umidade relativa do ar externo de 69,49%. Na situação climatizador, a média da temperatura do ar interno foi 27,02 °C, média da temperatura do ar externo de 26,81 °C, umidade relativa do ar interno de 60,23% e umidade relativa do ar externo de 71,17%. Na situação ventilação natural, a média da temperatura do ar interno foi 27,53 °C, média da temperatura do ar externo de 26,57 °C, umidade relativa do ar interno de 64,13% e umidade relativa do ar externo de 72,89%. Observou-se também que a temperatura mais baixa registrada no interior da sala foi de 24,9 °C, que é acima do limite recomendado pela norma ISO 7730 (1994).

Durante o dia, a diferença entre ar interno e externo é de 2,87 °C para o ar condicionado, 3,58 °C para o climatizador e 1,93 °C para a ventilação natural. Ou seja, o climatizador teve um desempenho térmico melhor do que o ar condicionado. No entanto, estes resultados sugerem que o sistema de ar condicionado necessita de manutenção.

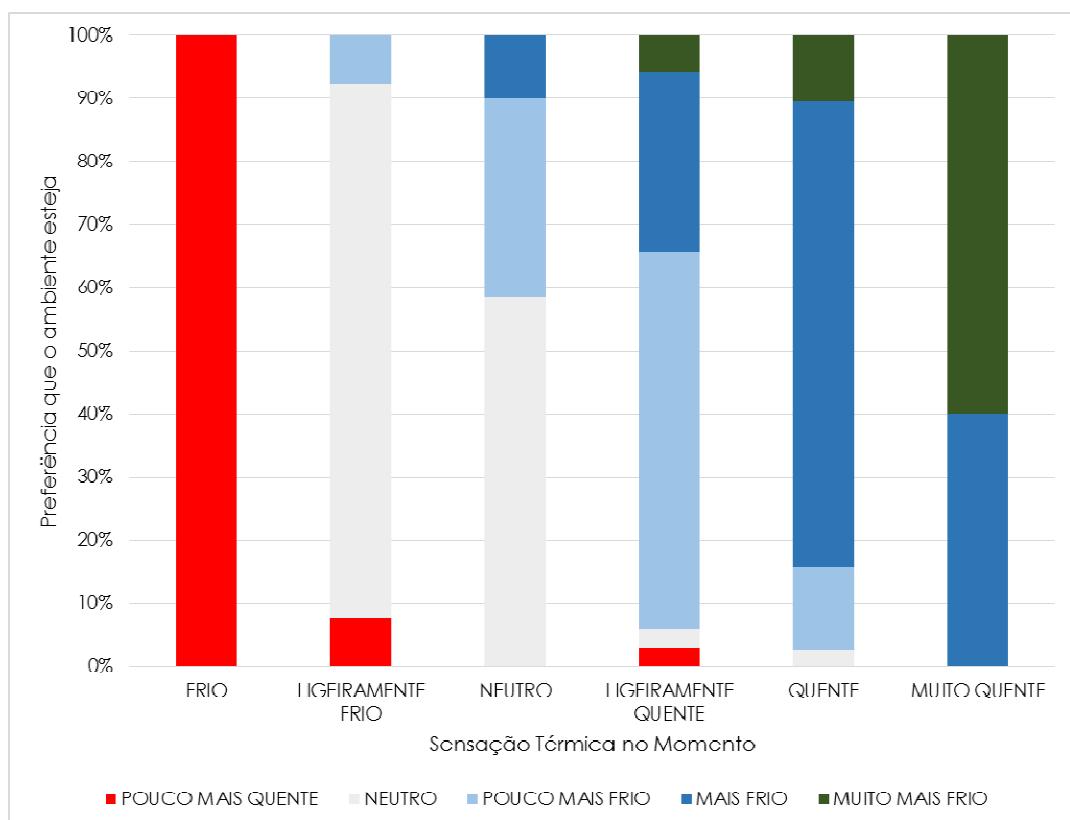
Tabela 3 – Médias, mínimas e máximas dos dados climáticos coletados

Situação	Temperatura do ar Interna (°C)			Temperatura do ar Externa (°C)			Umidade Relativa Interna (%)			Umidade Relativa Externa (%)		
	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media
Ar Condicionado (dia)	25.30	29.00	27.14	21.01	34.57	26.52	50.00	69.40	60.14	39.20	91.30	69.49
Ar Condicionado (período)	25.80	29.00	27.31	23.95	34.57	30.19	50.00	64.50	57.36	39.20	78.10	58.64
Manhã	25.80	28.60	27.03	23.95	33.44	29.41	50.80	64.50	58.65	44.30	78.10	63.39
Tarde	26.10	29.00	27.51	26.06	34.57	30.72	50.00	62.30	56.46	39.20	70.90	55.35
Climatizador (dia)	24.90	28.70	27.02	21.27	35.34	26.81	57.00	76.20	66.23	42.40	93.30	71.17
Climatizador (período)	24.90	28.70	26.98	22.39	35.34	30.57	57.00	76.20	66.90	42.40	89.80	59.54
Manhã	24.90	27.40	26.49	22.39	32.92	28.65	57.00	76.20	69.68	55.60	89.80	70.16
Tarde	26.30	28.70	27.32	26.52	35.34	31.89	57.30	73.60	64.97	42.40	71.50	52.16
Ventilação Natural(dia)	25.30	29.90	27.53	20.39	34.26	26.57	48.40	72.90	64.13	43.80	95.80	72.89
Ventilação Natural (período)	25.30	29.90	27.64	21.06	34.26	29.56	49.20	72.90	63.41	43.80	93.00	63.85
Manhã	25.30	28.90	27.31	21.06	33.91	28.72	56.00	72.90	65.66	48.00	93.00	67.72
Tarde	27.80	29.90	28.94	31.77	34.26	33.01	49.20	62.50	54.22	43.80	56.90	48.08

Fonte: Os autores

A Figura 7 apresenta a preferência do usuário quanto ao ambiente para cada sensação térmica. Observa-se que aproximadamente 60% das pessoas que consideram o ambiente neutro, não desejam a alteração das condições climáticas internas. Os demais (cerca de 40%) preferem que a sala esteja um pouco mais fria ou mais fria, mesmo o ambiente estando neutro. Em contrapartida, para a sensação de ligeiramente frio, quase 80% dos alunos não desejam nenhuma alteração das condições internas.

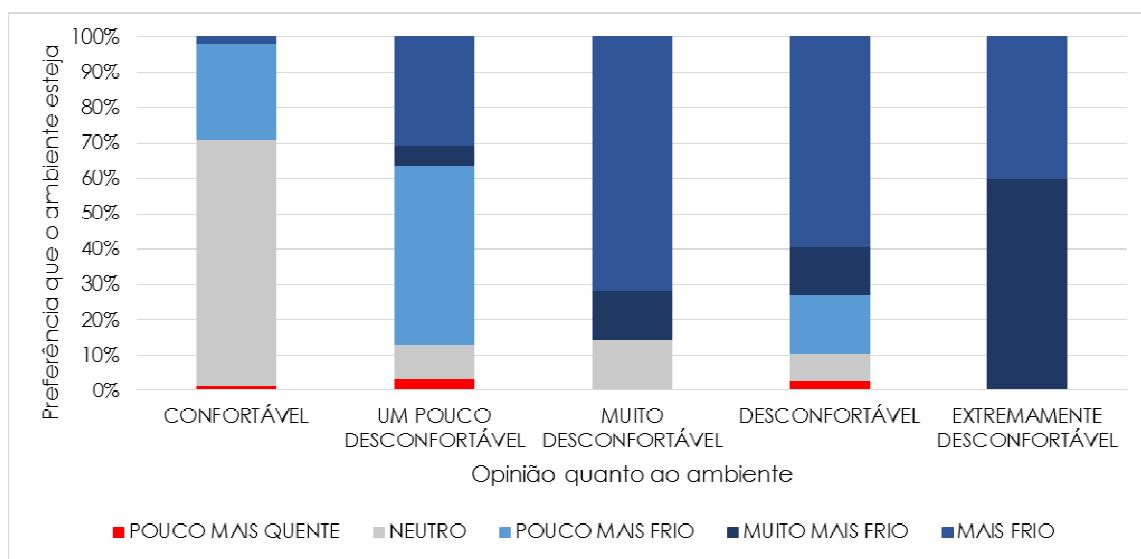
Figura 7 – Preferências térmicas dos usuários quanto ao ambiente



Fonte: Os autores

A Figura 8 compara a opinião do usuário quanto ao ambiente com a sua preferência em relação à condição térmica. Observa-se que mesmo assinalando que acham o ambiente confortável, quase 30% das pessoas desejam um ambiente um pouco mais frio e frio, indicando que os mesmos não estão efetivamente em estado de conforto. O gráfico mostra ainda que a sensação de desconforto dos usuários é provocada praticamente em sua totalidade devido ao calor, uma vez que as preferências são sempre direcionadas para ambientes mais frios.

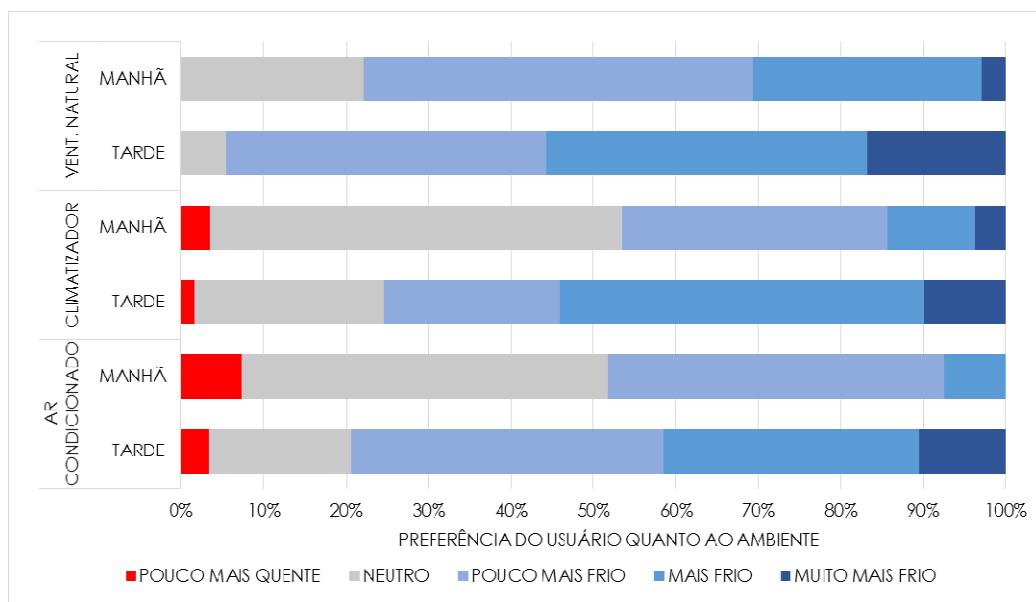
Figura 8 – Preferências do usuário quanto ao ambiente para as condições de conforto



Fonte: Os autores

No período vespertino, as condições climáticas locais se tornam mais desfavoráveis devido ao aumento das temperaturas e ganho de calor, elevando as sensações de desconforto interno da edificação, como indicado no gráfico da Figura 9, que mostra um crescimento no desejo do usuário por um ambiente mais frio a tarde, em relação à manhã.

Figura 9 – Preferências dos usuários quanto ao ambiente para cada situação



Fonte: Os autores

A Figura 9 mostra ainda que os maiores índices de neutralidade, no qual o usuário não deseja a alteração das condições do ambiente, nem mais quente nem mais frio, ocorre na situação com o uso do climatizador evaporativo. Mesmo com o uso do ar condicionado, cerca de 50% das

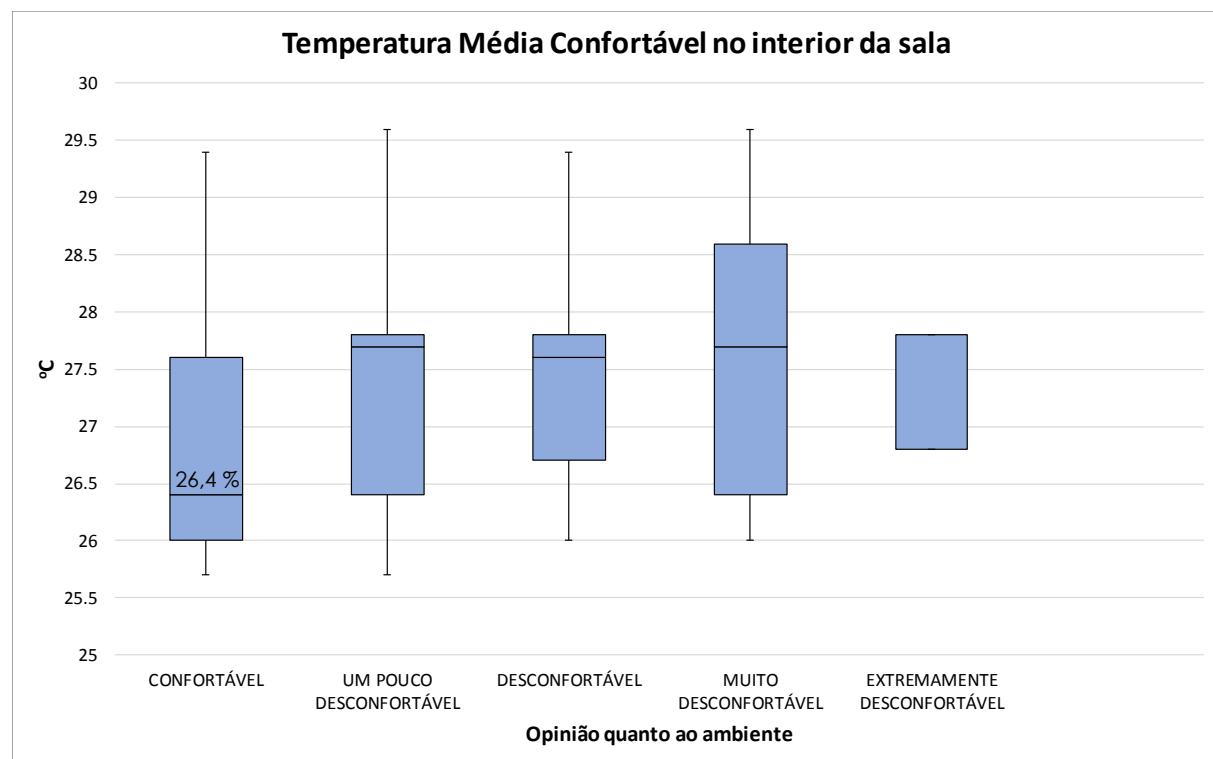
pessoas, no período da manhã, preferiam que o local estivesse mais frio. Esse índice aumenta para quase 80% dos usuários durante a tarde. O resultado obtido se deu, provavelmente, devido ao não funcionamento adequado dos condicionadores de ar, já que as temperaturas internas na sala não alcançaram o valor indicado nos aparelhos (21 °C).

A pior situação ocorre com a ventilação natural, na qual cerca de 80%, de manhã, e 95%, a tarde, dos entrevistados preferiam um ambiente mais frio.

A menor temperatura do ar interno encontrada foi na situação climatizador.

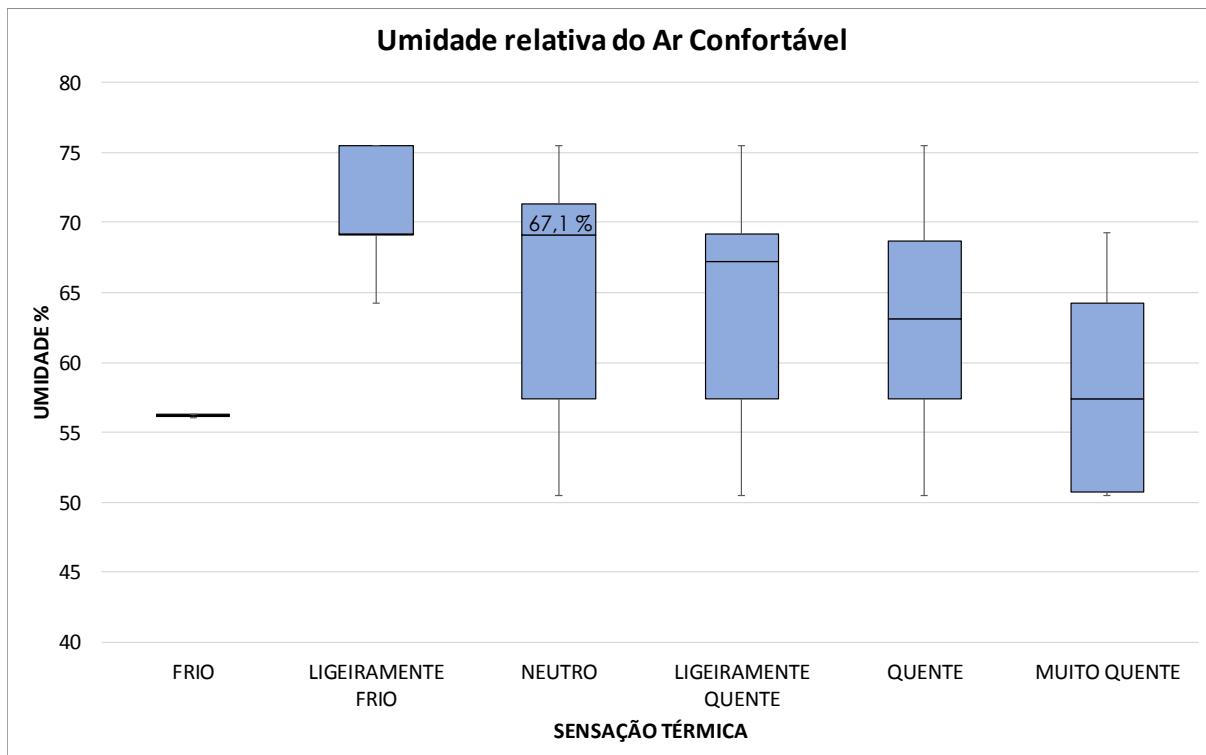
Baseando nas respostas dos entrevistados e nas temperaturas encontradas no interior do ambiente, foi considerada a temperatura do ar igual a 26,4 °C como confortável, Figura 10. A umidade relativa do ar considerada confortável foi 67,1%, Figura 11. Considerando que cerca de 70% dos entrevistados consideraram desconfortáveis todas as situações analisadas, esses resultados sugerem que a sala de aula analisada necessita de uma readequação ambiental para que a maioria dos alunos se sinta confortável em relação à temperatura do ambiente.

Figura 10 – Temperatura Média do ar considerada confortável



Fonte: Os autores

Figura 11 – Umidade Relativa Média do ar considerada confortável



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

Este artigo avaliou as condições de conforto térmico e a percepção ao ambiente térmico de uma sala de aula em 3 situações: com ar condicionado, climatizador e ventilação natural. Considerando o conceito básico de conforto térmico apresentado pela ASHRAE 55-2013, no qual corresponde ao estado da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico, foi considerado os usuários que estavam efetivamente confortáveis na sala de aula aqueles que não desejaram nenhuma alteração das condições do ambiente. Algumas pessoas, mesmo assinalando que o local estava confortável, desejavam que estivesse mais frio, o que indica o não cumprimento de um estado de satisfação plena com o ambiente. Dentro deste contexto, a temperatura do ar considerada confortável foi de 26,4 °C e a umidade relativa do ar de 67,1%.

Verificou-se que a maioria dos entrevistados estavam insatisfeitos em relação ao ambiente, onde 70,2% de insatisfeitos para a situação ar condicionado, 68,5% para a situação climatizador e 83,3% para a situação ventilação natural. Esses resultados podem ser justificados pela média das temperaturas do ar interno, igual a 27,3° C. O uso do climatizador evaporativo representou os melhores índices de conforto das três situações. Os resultados sugerem que o sistema de ar condicionado seja revisado para a utilização de situações extremas de calor, como a época que foi realizada essa pesquisa.

Mesmo tendo havido uma preocupação com a disposição da edificação durante a sua concepção, colocando as salas de aula com aberturas para

a fachada Sul, e criando elementos para favorecer a ventilação cruzada, as condições de conforto térmico dentro das salas de aula não são garantidas com a ventilação natural.

O desconforto dos usuários foi grande, apesar do edifício atender aos requisitos de desempenho térmico da norma NBR15575-1, item 11.2, onde o valor máximo da temperatura do ar interno é menor ou igual à temperatura máxima do ar externo. Neste estudo, em todas as situações a temperatura do ar interno foi menor do que a temperatura do ar externo entre 4,46 a 6,64°C. Salienta-se que os valores da norma são para ambientes residenciais e que para ambientes escolares deve-se adotar outro sistema de avaliação como o PMV/PPD descrito na ASHRAE 55-2013.

É importante que o projetista desenvolva projetos de edificações visando, não somente atender as normas vigentes, mas também o conforto térmico do usuário. Salienta-se que durante o verão, é necessário o uso de sistemas ativos como ar condicionado, ventiladores e climatizadores para melhorar o conforto térmico interno. Os resultados sugerem que os climatizadores sejam mais recomendados para os meses mais secos e quentes, entre setembro e novembro. O aumento da umidade provocado pelo aparelho pode possibilitar um ambiente mais confortável termicamente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa Ecológica Climatização, por ter concedido os aparelhos climatizadores evaporativos para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimate as a factor in urban and architectural planning in tropical climates-The case of Campinas, Brazil. **Urban Ecosystems**, v. 16, p. 397-674, 2014.

ASHRAE 55-2013. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta. 2013.

DE DEAR, R.; KIM, J.; CÂNDIDO, C.; DEUBLE, M. Summertime thermal comfort in Australian school classrooms. In: 8th WINDSOR CONFERENCE: COUNTING THE COST OF COMFORT IN A CHANGING WORLD, 2014, Windsor, UK. **Proceedings...**

DE VECCHI, R.; CÂNDIDO, C. M.; LAMBERTS, R. O efeito da utilização de ventiladores de teto no conforto térmico em salas de aulas com condicionamento híbrido em um local de clima quente e úmido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 189-202, jul./set. 2013.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort:** analysis and applications in environmental engineering. Copenhagen: Darlish Technical Press, 1970.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SATTLER, M. A. Análise de conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 91-114, jan./mar. 2012.

RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. Fundacentro: São Paulo, 1999, 96 p.

SOUZA, H. N.; FONTANELLA, M. S. Percepção do ambiente térmico nas salas de aula pelos alunos da UFOP. **Engenharia Civil**, Ouro Preto, v. 64, n. 4, p. 415-419, out./dez. 2011.

TELI, D.; JENTSCH, M. F.; JAMES, P. A. B. Naturally ventilated classrooms: an assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 166-182, 2012.