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

CONFORTO TÉRMICO EM SALA DE INFORMÁTICA: CONFORTO ADAPTATIVO PELA ASHRAE 55 X CONFORTO RELATADO PELOS USUÁRIOS

PEREIRA, Clara (1); SOUZA, Roberta (2); VELOSO, Ana Carolina (3); CARVALHO, Fernanda (4); SARAIVA, Lethícia (5); PASCOAL, Laiza (6); PINHEIRO, Bernardo (7)

(1) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, curso de Engenharia Civil da Universidade Fumec, clararp16@gmail.com
(2) Departamento de Tecnologia do Design da Arquitetura e do Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, robertavgs@ufmg.br
(3) Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da UFMG, acoveloso@gmail.com
(4) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, fecarvalho1997@hotmail.com
(5) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, lethiciagomes705@gmail.com
(6) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG, laiza.pascoal1@gmail.com
(7) Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG,

RESUMO

A principal função da edificação é propiciar aos seus usuários proteção e conforto para o desenvolvimento de suas atividades e, no espaço de atividades escolares, o desenvolvimento escolar de um aluno pode ser influenciado pelas condições do ambiente em que se insere. Assim, este estudo avaliou o conforto térmico de uma sala de informática da Escola de Arquitetura e Urbanismo e Design da UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais. A metodologia para a análise do conforto térmico consistiu em: a) aplicação de questionário para 46 alunos e, b) simulação computacional para a verificação das horas de conforto no ambiente. Os resultados obtidos no estudo indicam insatisfação do usuário quanto ao conforto térmico no verão e satisfação no inverno. Enquanto no inverno esta sensação foi referendada pela simulação, no verão a indicação de que há desconforto apenas 25% do tempo pareceu subestimar a sensação térmica dos usuários do espaço. No entanto, o fato de o questionário ter sido aplicado no inverno pode ter influenciado os resultados .

***Palavras-chave**: Conforto Térmico. Edifícios Escolares. Questionário. Simulação Computacional.*

ABSTRACT

The main function of building is intended to users the protection and comfort for the development of its activities and, within school activities, the development of students can be influenced by environmental conditions in which it is. Thus, this study evaluated the thermal comfort of a computer laboratory at the School of Architecture and Urbanism and Design at UFMG - Federal University of Minas Gerais. The methodology for the analysis of thermal comfort consisted in a) application of a questionnaire to 46 students and b) computer simulation to

verify hours of thermal comfort in the space. The results obtained in this study indicate that users are unsatisfied with the thermal conditions of the laboratory in the summer but are fairly comfortable in winter. While this sensation is confirmed in winter by the simulation, in the summer the indication that there´s thermal discomfort in 25% of the time seems to underestimate users' thermal sensation. Nevertheless, as the questionnaires were applied in wintertime the users indications may not be taken as precise for the summer period.
Keywords: *Thermal comfort. School Buildings. Questionnaire. Computational Simulation.*

1 INTRODUÇÃO

A principal função da edificação é propiciar aos seus usuários proteção e conforto para o desenvolvimento de suas atividades (OCHOA et. al, 2012). O desenvolvimento escolar de um aluno pode ser influenciado pelas condições do ambiente em que se insere e, da mesma forma, o conforto térmico de um determinado espaço pode contribuir ou prejudicar para o aprendizado e a produção de conteúdo acadêmico (FINGER et. al 2016). Dessa maneira, compreende-se que o espaço deve ter condições ambientais apropriadas, "[...] permitindo o desenvolvimento das atividades dos usuários de modo produtivo e confortável" (FINGER et. al 2016). Para minimizar esse desconforto térmico em instituições de ensino superior, Abreu-Harbich *et al*. (2018) indicam que muitas têm implantado sistemas mecânicos de arrefecimento nos ambientes para minimização do desconforto térmico.

A partir dessas informações, entende-se que o projeto arquitetônico tem muito a contribuir para potencializar uma melhoria de desempenho dos seus usuários, melhorando seu conforto e reduzindo a necessidade de condicionamento artificial.

Uma das maneiras de avaliar se um ambiente é termicamente confortável é analisar as temperaturas internas dos ambientes pelos limites ASHRAE Standard 55/2017 (ANSI, 2017) que apresenta um método a partir da análise de variáveis ambientais. Almeida et. al. (2016) colocam que a grande maioria dos estudos de conforto térmico em salas de aula foi realizada em espaços aquecidos e mecanicamente ventilados e, que em espaços ventilados naturalmente, as expectativas dos ocupantes tendem a ser diferentes tendo uma falta de informação sobre o comportamento destes espaços.

Sendo assim, o objetivo desse artigo, desenvolvido em uma disciplina de graduação, foi verificar a compatibilidade do conforto térmico declarado pelo usuário com o resultado de simulações computacionais usando como de caso o Centro de Informática da Escola de Arquitetura e Urbanismo e Design da UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, CIAU.

O conforto térmico foi avaliado por simulação e os resultados foram comparados com respostas obtidas pela aplicação de um questionário feito com usuários do espaço. Este ambiente foi escolhido por ter uso constante e por apresentar alta rotatividade de usuários, os quais geralmente relatam desconforto térmico por calor no uso da sala. Tendo em vista que o CIAU é um ambiente majoritariamente usado para a produção acadêmica, considera-se que o desempenho dos usuários possa ser afetado negativamente caso as condições térmicas não sejam adequadas.

2 MÉTODO

Para a análise do conforto térmico do CIAU, foram feitas duas análises: por questionários e pelo método de simulação, tendo em vista a comparação de dados subjetivos e analíticos, respectivamente. Para o método de simulação foi utilizado o

índice de conforto térmico presente na ASHRAE Standard 55/2017 (ASHRAE, 2017) e a simulação foi feita no programa Energy Plus.

2.1 Questionários

O Questionário foi escolhido como instrumento de coleta de informações acerca das opiniões dos usuários do CIAU, por diversos fatores. Dentre instrumentos de levantamento da opinião dos usuários, os questionários apresentam facilidade na aplicação para coleta de dados e a possibilidade de atingir muitas pessoas (COSTA *et al.*, 2016) além de permitir o anonimato das respostas, garantindo, com isso, certo conforto aos participantes e, consequentemente, a imparcialidade do pesquisador diante das respostas coletadas. O Questionário foi elaborado de forma simples e objetiva, com a intenção de facilitar a compreensão ao usuário quanto às possíveis respostas a serem assinaladas.

Foram coletadas respostas de 46 estudantes de graduação de diferentes períodos, presentes no CIAU, também em diversos períodos do dia e em diferentes dias da semana no mês de junho de 2019 – período de inverno. Como se tratou de trabalho desenvolvido em disciplina com duração de apenas 1 semestre, não foi possível fazer coleta no período de verão, e o número de usuários se limitou àqueles presentes no espaço nos dias de coleta. O questionário foi organizado em sete questões de múltipla escolha, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Questionário do usuário



Questionário do Usuário

Avaliação do conforto térmico dos usuários do CIAU - EAD UFMG

* Required

1. Sexo: *
Mark only one oval.
- Homem
- Mulher

2. Você é usuário frequente do CIAU há mais de 1 ano? *
Mark only one oval.
- Sim
- Não

3. Em geral, qual o seu nível de atividade durante sua estadia na sala? *
Mark only one oval.
- Sentado
- Em pé em repouso
- Atividade de leve esforço em pé
- Atividade de médio esforço em pé
- Atividade de muito esforço em pé

4. Como você se sente no CIAU durante o inverno? *
Mark only one oval.
- Com muito calor
- Com calor
- Com um pouco de calor
- Bem, nem com calor nem com frio
- Com um pouco de frio
- Com frio
- Com muito frio

5. Como você se sente no CIAU durante o verão? *
Mark only one oval.
- Com muito calor
- Com calor
- Com um pouco de calor
- Bem, nem com calor nem com frio
- Com um pouco de frio
- Com frio
- Com muito frio

6. Qual o horário mais desconfortável? *
Mark only one oval.
- Manhã
- Tarde
- Noite

7. Em geral, qual o seu nível se satisfação com a temperatura da sala ao longo do ano? *
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito Insatisfeito	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Muito Satisfeito

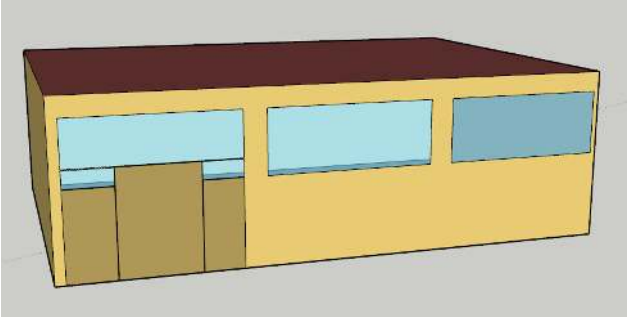
Fonte: Os autores

Apesar de o período de coleta ter sido feito no inverno, optou-se por registrar a opinião de usuários familiarizados com o espaço a pelo menos 1 ano de sua sensação térmica no período de verão por os alunos que desenvolveram a pesquisa serem usuários do espaço, por estes terem relatos constantes de desconforto no período quente por parte de outros usuários do espaço e também por sua própria vivencia (apesar de saber-se que esta não é uma metodologia tradicional).

2.2 Simulação – EnergyPlus

Para avaliar o conforto térmico, foi feita simulação computacional no software EnergyPlus versão 8.7. A simulação foi realizada durante o período de um ano, conforme a rotina das aulas e de férias. A sala apresenta uma área de 87,05m², com aberturas voltadas somente para noroeste com WWR de 31% (Figura 2).

Figura 2 – Maquete 3D do CIAU



Fonte: Os autores

As paredes laterais, de fundos e teto foram considerados adiabáticos. A parede externa possui transmitância de 3,22 W/m²K, com absortância de 0,5. O vidro utilizado foi o simples com FS = 0,87.

A sala tem ocupação máxima de 50 alunos com taxa metabólica de 130 W, com 50 computadores e uma potência de iluminação instada de 768 W. O padrão de uso e ocupação da sala está apresentado na Tabela 01.

Tabela 1 - Padrões de uso e ocupação do CIAU

meses	**dias**	**horário**	**ocupação (%)**	**iluminação (%)**	**equipamentos (%)**
jan - fev	semana toda	0:00-24:00	0	0	0
mar-abr-mai-jun	dias de semana	0:00-7:30	0	0	0
		7:30-12:30	100	100	100
		12:30-22:00	30	100	100
		22:00-24:00	0	0	0
	finais de semana	0:00-8:00	0	0	0
		8:00-20:00	10	100	100
		20:00-24:00	0	0	0
jul	semana toda	0:00-24:00	0	0	0
ago-set-out-nov	dias de semana	0:00-7:30	0	0	0
		7:30-12:30	100	100	100
		12:30-22:00	30	100	100
		22:00-24:00	0	0	0
	finais de semana	0:00-8:00	0	0	0
		8:00-20:00	10	100	100
		20:00-24:00	0	0	0
dez	semana toda	0:00-24:00	0	0	0

Fonte: Os autores

Como a sala é ventilada naturalmente, para o módulo de ventilação natural, optou-se por simular usando-se o "Airflow Network" do EnergyPlus. As janelas foram consideradas abertas de forma constante durante 24 horas por dia, uma vez que são altas e protegidas da chuva por uma marquise. O coeficiente do fluxo de ar por frestas (CQ) para janelas e portas retangulares foi de 0,001 kg/s.m e o expoente do fluxo de ar (n) foi de 0,65.

Como a sala está situada no pavimento térreo, ou seja, em contato com o solo, foi utilizado para as simulações o programa Slab que está vinculado ao EnergyPlus para calcular as temperaturas do solo de cada cidade analisada de acordo com Eli et al (2019). O arquivo climático utilizado foi o INMET da cidade de Belo Horizonte.

2.3 Análise dos dados

Nos questionários foram retiradas as respostas daqueles usuários que frequentavam o local a menos de um ano. As respostas dos demais alunos foram analisadas em termos percentuais.

Para a análise das horas de conforto obtidas por simulação computacional, foi adotado o modelo adaptativo da ASHRAE Standard 55/2017 (ASHRAE, 2017) e a faixa de conforto adotada foi de 80% de aceitabilidade térmica. A partir das médias mensais de temperatura de bulbo seco, encontradas no arquivo climático de Belo Horizonte, foi possível obter as temperaturas limites máximas e mínimas de conforto térmico seguindo a metodologia de conforto adaptativo da norma. Para tal foram analisadas as temperaturas operativas que representam o valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média do ambiente.

Quando a temperatura operativa de determinado horário estava dentro da faixa considerada de conforto, esta foi contabilizada como hora de conforto, caso contrário, como hora de desconforto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Questionários

Com relação ao tratamento dos dados coletados, a primeira ação realizada foi a eliminação dos questionários dos estudantes que responderam que não frequentavam o CIAU há mais de um ano, devido ao fato de não se considerar que estes usuários seriam capazes de opinar sobre a sensação térmica das duas estações do ano (inverno e verão). Desta forma, foram utilizadas apenas as respostas dos usuários mais frequentes, que corresponderam a 74% dos entrevistados.

Como pode ser visto nas figuras 3 e 4 com relação as questões quatro e cinco do questionário, que estão relacionadas à sensação térmica dos usuários que frequentam o CIAU no inverno e no verão, verificou-se que no inverno a sensação térmica de mais da metade dos usuários é de conforto, mas que, no entanto, 32% dos entrevistados declararam se sentir desconfortáveis por calor na sala mesmo nesta estação do ano (Figura 3). Com relação à sensação térmica no verão (Figura 4), cerca de 56% dos entrevistados responderam que sentiam muito calor e 44% que sentiam calor, indicando alto nível de desconforto no espaço no verão. Com relação ao período mais desconfortável termicamente, 88% dos alunos indicaram a parte da tarde, 12% a noite e 0% manhã.

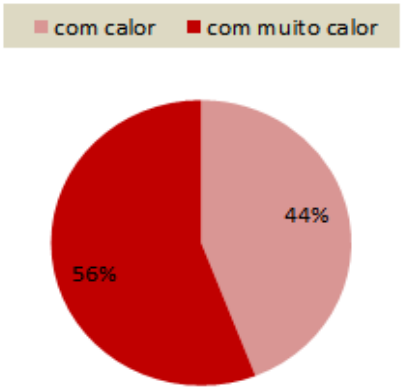
Com relação à sensação térmica da sala de informática nas estações de inverno e verão, foram atribuídos pesos para as respostas, numa escala de +3 a -3, onde + 3 é muito quente, 0 é neutro e -3 muito frio. A média alcançada entre os usuários no verão foi de 2,55, ou seja, próximo ao muito quente, e a média encontrada na relação de sensação térmica do usuário no inverno foi de 0,35, número este próximo ao considerado neutro.

Figura 3 – Sensação térmica dos usuários no inverno



Fonte: Os autores

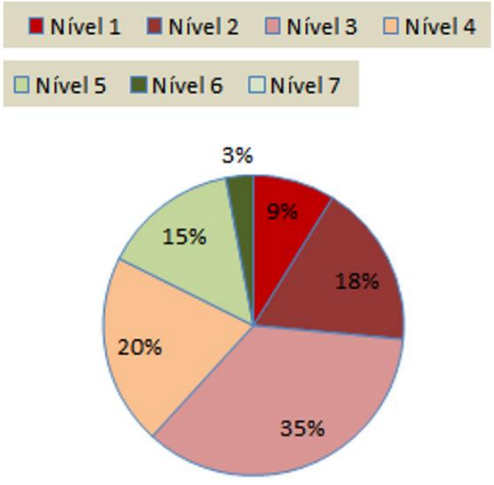
Figura 4 – Sensação térmica dos usuários no verão



Fonte: Os autores

Ao analisar a última questão do questionário, que diz respeito ao nível de satisfação dos usuários quanto ao conforto térmico do CIAU de modo geral, se estabeleceu que o nível 1 corresponde ao critério "muito insatisfeito", enquanto o nível 7 corresponde aos usuários que se declararam "muito satisfeitos" (Figura 5). Sendo assim, 59% indicam algum grau de insatisfação térmica do espaço (respostas de 1 a 3), 22% consideram o espaço neutro (resposta 4 na escala) e 19% se mostraram satisfeitos (respostas de 5 e 6 na escala). A média das respostas em 7 é de 3,4, abaixo de 4, que indicaria neutralidade, indicando que de modo geral os usuários estão ligeiramente insatisfeitos com o ambiente térmico do CIAU ao longo do ano.

Figura 5 – Nível de satisfação dos usuários quanto ao conforto térmico do CIAU

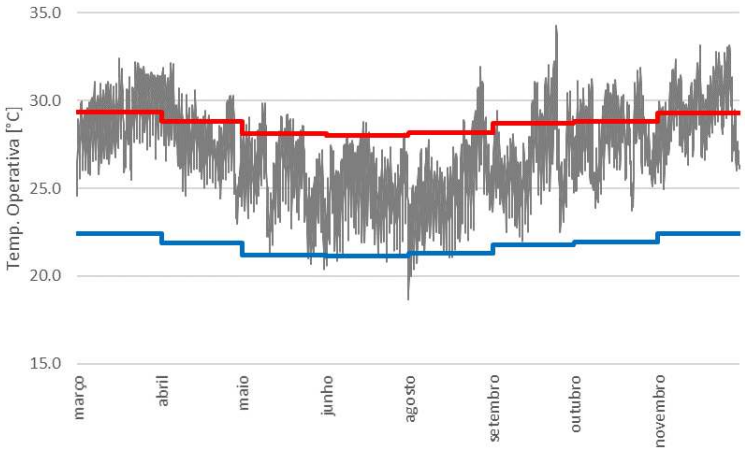


Fonte: Os autores

3.2 Simulação Computacional

Para as análises de conforto térmico, foram analisados os meses que têm ocupação, ou seja: de março a junho e de agosto a novembro. A figura 6 mostra as temperaturas operativas da sala do CIAU ao longo dos meses avaliados para a condição real da sala. Na Tabela 2 apresentam-se os resultados. As linhas nas cores vermelho e azul representam as temperaturas máximas e mínimas de conforto obtidas através da metodologia de conforto adaptativo da ASHRAE Standard 55/2017 (ANSI, 2017) e as linhas cinzas as temperaturas internas do ambiente.

Figura 6 – Temperatura operativa para o período de ocupação e limites máximos e mínimos de temperatura



Fonte: Os autores

Observa-se na figura 6 que os meses de março e novembro (meses de verão) são os que tem o maior desconforto por calor – cerca de 50% das ocorrências por calor de deram nesses meses - e o mês de junho e agosto são os meses que apresentam algum desconforto por frio – 67% das ocorrências foram nesses meses, mas, de acordo com os resultados de simulação, em grande parte do tempo de uso considerado, o CIAU se encontra em conforto.

Pode-se observar na Tabela 2 que 73% das horas ocupadas do ano a sala estão dentro dos limites de conforto e que cerca de 26% das horas ocupadas apresentam desconforto por calor. Quando há desconforto, 72% ocorre no período da tarde, referendando a informação da obtida nos questionários. O período de desconforto por frio é encontrado quase na sua totalidade na parte da manhã e o período da noite é o que apresenta a maior parte das horas de uso em conforto.

Tabela 2 – Horas e percentual em conforto, desconforto por frio e por calor.

		desconforto		**desconforto por frio**			**desconforto por calor**		
	conforto	**frio**	**calor**	**manhã**	**tarde**	**noite**	**manhã**	**tarde**	**noite**
horas	2552	24	880	21	0	3	158	642	80
percentual	73.8%	0.7%	25.5%	0.6%	0.0%	0.1%	4.6%	18.6%	2.3%

Fonte: Os autores

As respostas do questionário parecem referendar os níveis de conforto encontrados na simulação quando se analisa o gráfico da figura 6. No entanto, quando se analisam os percentuais, os usuários indicaram nos questionários haver desconforto térmico por calor mesmo no inverno cujo percentual de horas em desconforto é pequeno pela simulação e significativo desconforto no verão enquanto o percentual

de desconforto encontrado na simulação é de 25% das horas. Apesar de não se poder confiar na lembrança do usuário de um período que não o presente, como no caso dos meses de verão, parece haver por parte do usuário uma indicação correta no que tange a haver desconforto por calor neste período.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo verificar os níveis de conforto de uma sala de informática perguntando ao usuário através de um questionário como ele se sentia no ambiente e em um segundo momento, verificando por simulação computacional o nível conforto obtido segundo a ASHRAE Standard 55/2017 (ASHRAE, 2017). Nos resultados fica evidente que quando se faz a análise comparativa entre métodos subjetivos e objetivos de avaliação sobre conforto térmico numericamente pode-se inferir que a sensação térmica se confirma se for desconsiderado o aspecto numérico.

A partir dos resultados obtidos com a simulação computacional e o questionário com os usuários, ficou evidente que o CIAU é desconfortável nos meses mais quentes do ano. No entanto, a indicação de que há desconforto apenas 25% do tempo parece subestimar a sensação térmica dos usuários do espaço. Já no inverno a sensação do usuário parece estar mais de acordo com os resultados de simulação.

Estudos feitos por meio de questionários baseados na memória de desempenho térmico dos ambientes podem ser interessantes para se traçar diretrizes para priorização de intervenção em espaços existentes. Resultados diferentes entre os métodos de simulação e de questionário podem indicar que os usuários possuem menor tolerância a ambientes que chegam a temperaturas extremas do que valores de percentuais de horas de desconforto podem indicar. No caso do CIAU, por simulação, as temperaturas extremas chegaram a 34 ° C.

Outro aspecto importante do presente estudo foi o de permitir a alunos que estão se iniciando no universo da simulação computacional comparar métodos e analisar criticamente resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ABREU-HARBICH, L. V.; CHAVES, V. L. A.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. **Evaluation of strategies that improve the thermal comfort and energy saving of a classroom of an institutional building in a tropical climate**, Building and Environment, v 135, Elsevier, 2018, pp 257–268

ALMEIDA, R. M. S. F.; RAMOS N. M. M.; FREITAS, V. P. **Thermal comfort models and pupils' perception in free-running school buildings of a mild climate country,** Energy and Buildings 111, Elsevier, 2016. pp 64–75

ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta. 2017.

COSTA, Débora; HATANAKA, Aparecida; NOGUEIRA, Flávia; PANZA, Gustavo; KNUDSEN, Marcelo - **Conforto Adaptativo E Percepção Do Usuário: Correspondências No Estudo Da Biblioteca Da Pós-graduação Da Faculdade De Arquitetura E Urbanismo Da Universidade De São Paulo**. XVI Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. São Paulo. 2016.

ELI, Letícia Gabriela. et al. **Manual De Simulação Computacional De Edifícios Com O Uso Do Objeto Ground Domain No Programa Energyplus – Versão 9.0.1**. Florianópolis: LabEEE, 2019, p. 18-19.

FINGER, F.; GOEDERT, G.; MELO, N. R. - **Avaliação Das Condições De Conforto Térmico Em Sala De Estudos:** Aplicabilidade Dos Modelos Estático E Adaptativo Comparados Aos Dados

Comportamentais Do Usuário. XVI Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. São Paulo. 2016.

OCHOA, J.; ARAÚJO, D.; SATTLER, M. - **Análise Do Conforto Ambiental Em Salas De Aula**: Comparação Entre Dados Técnicos E A Percepção Do Usuário. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre. 2012.