



Desempenho Térmico em ambiente escolar: estudo de caso no Câmpus Jacareí do IFSP

Fabiana de Aguiar C. Jurcic¹
Lara Prianti Saxton²
Larissa Ellen Silva³
Manuella Alves dos Loios⁴
Vitória Aissa Simão Coelho⁵
Carlos A. C. Niemeyer⁶

Resumo: O artigo apresenta os resultados da avaliação de desempenho térmico conduzida como trabalho de Iniciação Científica aplicando o método denominado Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ou Índice de Desconforto (ID). A pesquisa buscou verificar a performance térmica de diversos ambientes permitindo oferecer um treinamento real no manuseio de aparelhos e na coleta sistemática de dados de temperatura e umidade com tabulações e análise conclusiva. O resultado oferece um relevante diagnóstico de conforto térmico do prédio de aulas do câmpus Jacareí do IFSP aferidas em medições realizadas, respectivamente, no solstício de inverno e no equinócio permitindo aferir as condições térmicas atuantes neste semestre letivo. Os resultados demonstraram grande disparidade no conforto térmico (ID) ao longo do dia para seus ocupantes, com momentos agradáveis (confortável para + 50%) ou desagradáveis (desconfortável para + 50%), face a características de orientação solar e disposição arquitetônica ali atuantes, avaliadas para o percentual de indivíduos hipoteticamente calculados pelo método aplicado.

Palavras-chave: Conforto Térmico, Desempenho térmico de ambientes, Conforto ambiental.

Abstract: The article presents the results of the thermal performance evaluation conducted as a Scientific Initiation work applying the method called Temperature and Humidity Index (THI) or Discomfort Index (DI). The research sought to verify the thermal performance of different environments, allowing to offer a real training in the handling of devices and in the systematic collection of temperature and humidity data with tabulation and conclusive analysis. The result provides a relevant diagnosis of thermal comfort in the classroom building of IFSP in câmpus Jacarei, appraised in measurements, respectively, at the winter solstice and equinox allowing assess the thermal conditions functioning in this semester. The results showed a great disparity in thermal comfort (DI) throughout the day for its occupants, with pleasant moments (comfortable for + 50%) or unpleasant (uncomfortable for + 50%), given the characteristics of solar orientation and architectural disposition, evaluated for the percentage of individuals hypothetically calculated by the applied method.

Keywords: Thermal Comfort, Thermal performance of environment, Environmental Comfort.

¹ Graduanda em Design de Interiores pelo câmpus JCR do IFSP, fabicimijur@icloud.com

² Graduanda em Design de Interiores pelo câmpus JCR do IFSP, larapsaxton@gmail.com

³ Graduanda em Design de Interiores pelo câmpus JCR do IFSP, larissaelencont@gmail.com

⁴ Graduanda em Design de Interiores pelo câmpus JCR do IFSP, manuellaaloios21@gmail.com

⁵ Graduanda em Design de Interiores pelo câmpus JCR do IFSP, vitoria.aissa@aluno.ifsp.edu.br

⁶ Arquiteto, professor do IFSP, doutor em Arquitetura pela Unicamp, carlosniemeyer@ifsp.edu.br

Introdução

O conceito de conforto ambiental está relacionado com a sensação de bem-estar e de satisfação com o ambiente construído. Para ser considerado confortável o interior arquitetônico deve atender positivamente a um conjunto de variáveis de desempenho como conforto *térmico*, *acústico*, *lumínico*, *visual*, *antropométrico* entre outras segundo prevê a NBR 15.575-1/2013. A atenção a estes quesitos busca atender exigências do usuário relativas à habitabilidade

O *conforto térmico*, importante área de estudo em arquitetura e design de interiores é um fundamento essencial para a concepção de uma boa arquitetura. No contexto de um prédio escolar a preocupação com a qualidade do ambiente térmico deve ser até maior uma vez que os alunos gastam um significativo tempo de suas vidas restritos aos bancos escolares e às condições físicas ali impostas. Exige-se, portanto, um bom planejamento arquitetônico tanto a nível da arquitetura em si, iniciada na concepção do prédio, quanto no planejamento de seus interiores. Quando bem resolvida, a arquitetura mostra sua essência na qualidade vivencial do ambiente, transmitindo conforto e bem-estar aos ocupantes.

Pesquisas mostram que ambientes de permanência prolongada, como é o exemplo das salas de aula, devem ser prioritariamente objeto de atenção de designers e arquitetos para se evitar condições ambientais perturbadoras ao ensino e a saúde (BURGOS; GRIGOLETTI; PAIXÃO, 2015; CUNHA, 2016; NOGUEIRA *et al.*, 2008; OCHOA; ARAÚJO; SATTTLER, 2012). Esses estudos reiteram a necessidade de se observar necessidades humanas de comodidade como boa ventilação, proteção à radiação direta, adotar revestimentos de baixa capacidade térmica, entre outros. O calor excessivo em sala de aula é altamente prejudicial ao aprendizado por provocar sudorese, irritabilidade e desatenção com consequências no rendimento intelectual. Assim, proporcionar condições ambientais adequadas é vital para o desenvolvimento de atividades cognitivas e intelectuais.

Considera-se um ambiente físico termicamente adequado quando ocorre neutralidade térmica, onde há um fluxo equilibrado de perdas e ganhos de calor no qual a temperatura da pele possa estar sempre em torno dos 35 °C (CORBELLA; YANNAS, 2009). Em um ponto de vista emocional, a norma norte-americana ASHARE (2005), considera conforto térmico como um “estado de espírito” que reflete satisfação com o ambiente térmico.

As normas nacionais ABNT NBR 15.220/2005 e a NBR 15.575/2013, estabelecem diretrizes e recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações visando uma concepção de arquitetura adaptada ao local, ao qual chamamos de

“arquitetura bioclimática”. Já a norma internacional ISO 7730 (2005) indica ser o ambiente termicamente confortável quando um mínimo de 80% dos seus ocupantes expressa satisfação térmica com o lugar, aferida pelo índice térmico por ela preconizado. No Brasil, a Norma Regulamentadora n.17 (NR-17) do Ministério do Trabalho, atenta às condições psicofisiológicas do trabalhador sugere controlar as variáveis ambientais de modo que a temperatura interna esteja entre 20 e 23 °C e a umidade relativa do ar inferior a 40%. Todavia, os resultados das medições aferidas na pesquisa de IC quando confrontados aos limites propostos pela NR-17 apontam para um baixo desempenho térmico em determinados horários, objeto de atenção para se pensar futuras adaptações arquitetônicas.

O objetivo desse estudo é avaliar o desempenho térmico das estações de trabalho e estudo do câmpus de forma a servir como uma base informativa de qualidade ambiental do mesmo. Adotou-se um índice de fácil aplicação em experimentos e pesquisas básicas de conforto térmico de ambientes: o ITU (Índice de Temperatura e Umidade) ou ID (índice de Desconforto). No ambiente escolar, foco deste trabalho, o índice térmico aqui adotado permite avaliar as condições de conforto para uma hipotética maioria de seus ocupantes - alunos e funcionários - para que atividades intelectuais ali possam ser realizadas sem maiores esforços fisiológicos.

Materiais e Métodos

O estudo busca avaliar o desempenho térmico de ambientes estimando o nível de conforto de seus ocupantes sendo aqui utilizado um modelo de avaliação que opera com duas variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar (UR), de fácil obtenção por meio de um termo higrômetro. Nas medições utilizou-se o aparelho manual modelo/marca ICEL / HT - 75 PRO (Fig. 8) com resolução de 0,1 °C e 0,1 RH, com medição efetuada a 1,10 m do solo segundo recomenda a ISO 7726, conforme a NBR 15.575.

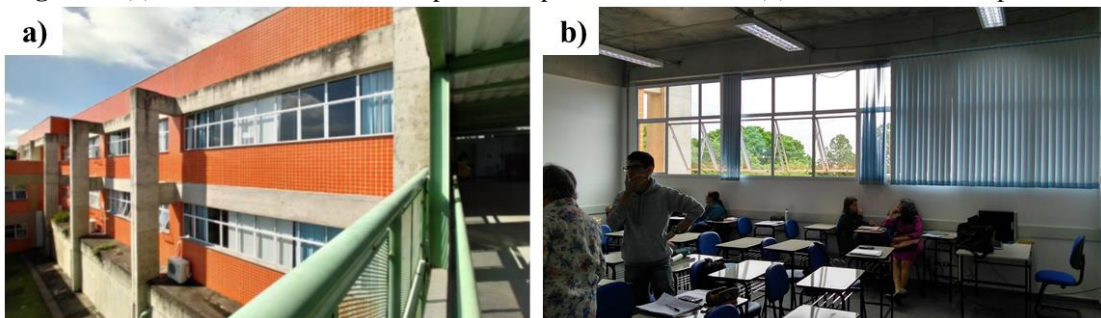
O Método

Adotou-se o Método denominado Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ou Índice de Desconforto (ID) que é também utilizado tanto em aferições ambientais urbanas quanto em interiores e até no âmbito das ciências agrárias, adotando-se em cada situação tabelas sinóticas próprias ajustadas a seus usos específicos. As medições foram colhidas e anotadas em planilhas

para posterior tabulação dos dados pela equipe de pesquisa. Foram realizadas três medições ao longo do semestre em 05 (cinco) ambientes posicionados em duas fachadas com insolações da manhã e da tarde: sala da aula 02, sala de aula 08, Secretaria, Biblioteca e Auditório, descritas nos gráficos.

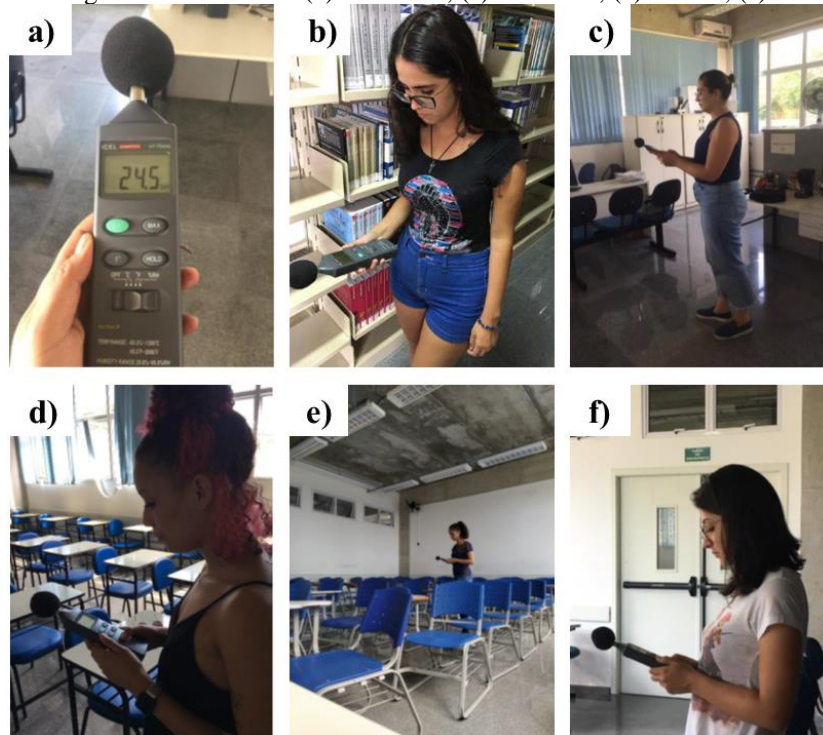
Os ambientes possuem idênticas características construtivas: piso em granito polido, laje de concreto aparente polido, janelas em fita com persianas verticais, pé-direito de 3,40 m e áreas variáveis (salas de aula e secretaria c/ 58,60 m²; auditório e biblioteca c/ 117,26 m²). Contam apenas com dois ventiladores de parede (ares-condicionados desligados para economia de energia) que pouco amenizam o forte calor em dias quentes, além de um PC na mesa do professor e um Datashow no teto (Figs 1 e 2).

Figura 1: (a) Vista da fachada leste do prédio no período da manhã e (b) do ambiente correspondente



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2: (a) Termo higrômetro em uso na (b) biblioteca, (c) secretaria, (d) sala 02, (e) sala 08 e (f) auditório



Fonte: Elaborado pelos autores

As medições foram realizadas em ambientes vazios, exceto a biblioteca (ocupação variável) e a sala 08 (quase sempre ocupada). Esta última, apesar de menos insolada devido a proteção de árvores frondosas que a ladeiam, seu ID sofre incremento do calor metabólico atuante em ambientes lotados, o que contribuiu para explicar sua performance térmica. Na sala 02, apesar de vazia, manteve alto seu ID, sobretudo no mês quente, devido à forte insolação que impacta essa fachada por toda manhã, horário de maior uso.

As medições foram realizadas nos meses de junho (dia 25), setembro (dia 24) e novembro (dia 28) de 2019, respectivamente, no solstício de inverno (junho) e no equinócio (setembro e novembro), com medições horárias entre 8h e 18h. Os dados coletados foram tabulados e adicionados na planilha desenvolvida especialmente para esse fim gerando os respectivos ID's. Na sequência, construiu-se os gráficos no programa Excel, propiciando finalmente a necessária compreensão do ambiente térmico.

O ID leva em consideração o desconforto térmico causado pelo calor excessivo em lugares onde a solicitação térmica seja predominantemente quente e úmida, conforme sublinha Giles *et al.* (1990). Nogueira *et al.* (2012) atestou sua aplicabilidade na estimativa de conforto entre edificações habitacionais recém construídas em Cascavel (PR), na estação quente e úmida. O método opera partindo do princípio de que a evaporação do suor é uma maneira natural de atenuar a temperatura do corpo, denominado resfriamento evaporativo, todavia quando o ar está muito úmido, tal resfriamento é reduzido ou anulado provocando desconforto. Por isso, o método é usualmente aplicado em regiões com solicitação climática predominantemente quente úmida, como é o caso da cidade de Jacaréí.

O clima em Jacaréí é definido como sendo “quente e temperado úmido com verão quente” (faixa Cfa) segundo a Classificação climática de Köppen e Geiger com uma temperatura média de 19,2 °C; tais características permitem a utilização do método proposto devido às peculiaridades térmicas da cidade serem aquelas onde este possui adequada aplicabilidade, ou seja, em situações de estresse térmico ao calor, mas considerado restrito em condições frias, o que não é o caso de Jacaréí conforme já apresentado.

A Equação utilizada

A equação original descrita em Thom (1959) incluía a Temperatura de Bulbo Úmido; Giles *et al.* (op. cit) adota um modelo adaptado desta considerando somente a Temperatura de Bulbo Seco e a UR (%), sendo esta, aqui utilizada. O resultado do ID deve ser conferido na

respectiva tabela sinótica descrita abaixo junto com equação original e que permite fazer um prognóstico preciso do nível de conforto térmico existente no ambiente. Sua escala varia de 21 (sem desconforto) à 32 (estado de emergência médica) passando pelas faixas intermediárias que indicam índices crescentes de desconforto. Vale ressaltar que o ITU expressa uma referência hipotética para a sensação de conforto térmico que tenta englobar a maior parte da população (abaixo ou acima de 50%) baseado somente nas duas variáveis climáticas citadas.

$$ID = T - 0,55 (1-001 UR)*(T-14,5)$$

Onde:

ID = Índice de Desconforto (°C)

T = Temperatura de Bulbo Seco (°C)

UR = Umidade Relativa do Ar (%)

Tabela sinótica: **NÍVEIS DE DESCONFORTO TÉRMICO ID (°C)**

Sem desconforto (neutro) <21

Abaixo de 50% de desconfortáveis 21 - 24

Acima de 50% de desconfortáveis 24 - 27

Maioria da população com desconforto 27 - 29

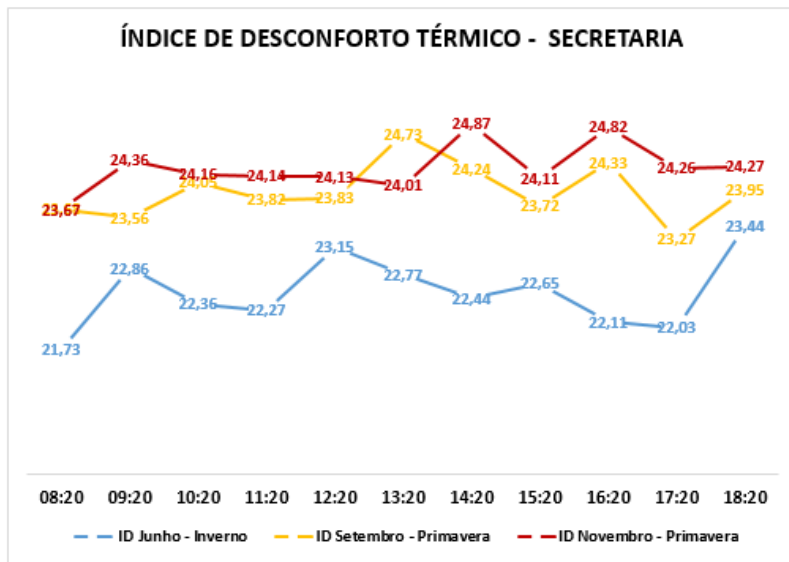
Todos com estresse térmico severo 29 - 32

Estado de emergência médica >32

Análise dos resultados

Para melhor apreciação dos resultados optou-se em elaborar gráficos unificando as três medições sazonais, juntando. Assim gerou-se um total de 05 (cinco) gráficos de ID (Figs. 3, 4, 5, 6 e 7), apresentados em sequência, indicando o desempenho térmico de cada ambiente, suas variações e picos de desconforto em tabelas informativas laterais agregadas. Exceto a sala 08 cujas medições foram realizadas com a sala quase sempre ocupada, os demais ambientes encontravam-se desocupados nos horários de medição apresentando uma performance térmica similar revelando pouca variação na média do ID nas três medições. Todavia a performance térmica em cada ambiente altera-se nos horários de maior insolação: fachada leste na parte da manhã e fachada oeste na parte da tarde, comprovando o impacto negativo da ausência de dispositivos de proteção solar. Registros eventualmente discrepantes são explicados por dias atípicos (muito quentes ou muito frios).

Figura 3: ID da Secretaria – Fachadas Leste / Sul



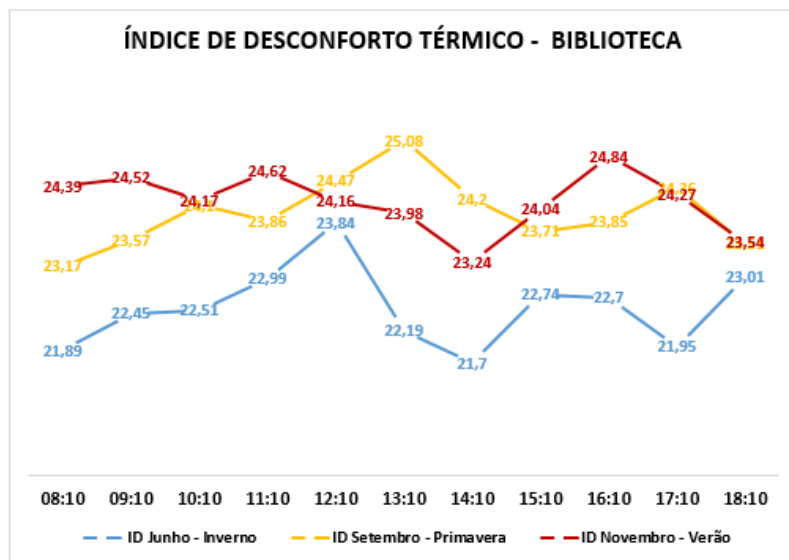
Média	
ID	
ID Junho - Inverno	22,53
pico	23,44
Menor	21,73
variação	1,71
%	7,87

ID Setembro - Primavera	23,93
pico	24,73
Menor	23,27
variação	1,46
%	6,27

ID Novembro - Primavera	24,25
pico	24,87
Menor	23,67
variação	1,2
%	5,07

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4: ID da Biblioteca – Fachada Oeste



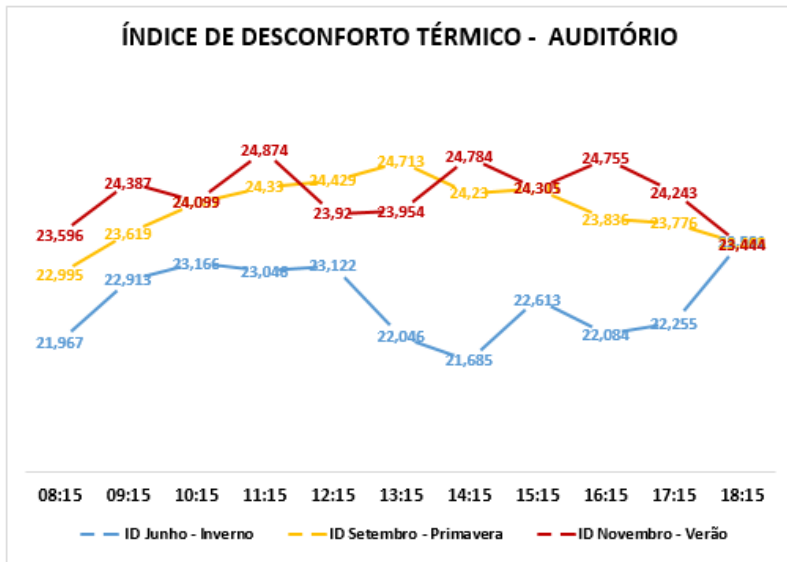
Média	
ID	
ID Junho - Inverno	22,54
pico	23,84
Menor	21,70
variação	2,14
%	9,86

ID Setembro - Primavera	23,99
pico	25,08
Menor	23,17
variação	1,91
%	8,24

ID Novembro - Verão	24,16
pico	24,84
Menor	23,24
variação	1,6
%	6,88

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 5: ID do Auditório – Fachada Leste



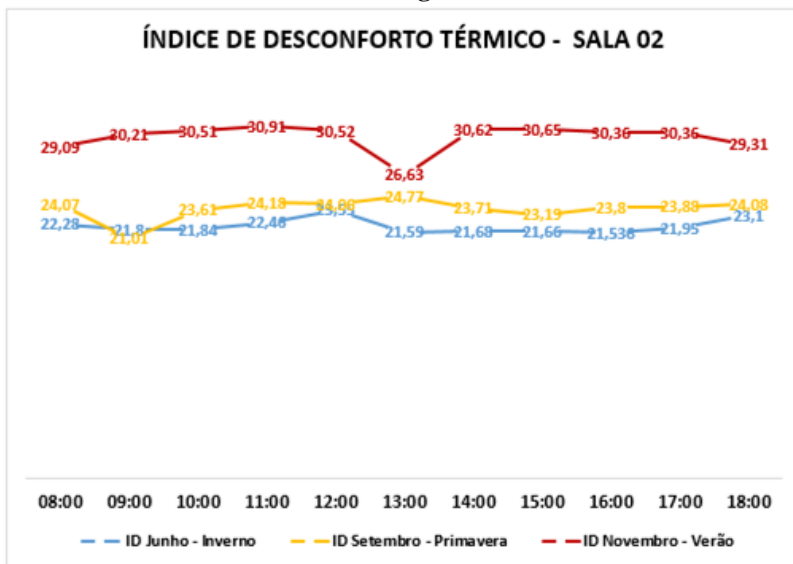
Média	
ID	
ID Junho - Inverno	22,58
pico	23,50
Menor	21,69
variação	1,82
%	8,37

ID Setembro - Primavera	23,98
pico	24,713
Menor	22,995
variação	1,718
%	7,47

ID Novembro - Verão	24,21
pico	24,874
Menor	23,444
variação	1,43
%	6,10

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6: ID da Sala 2 – Fachada Leste



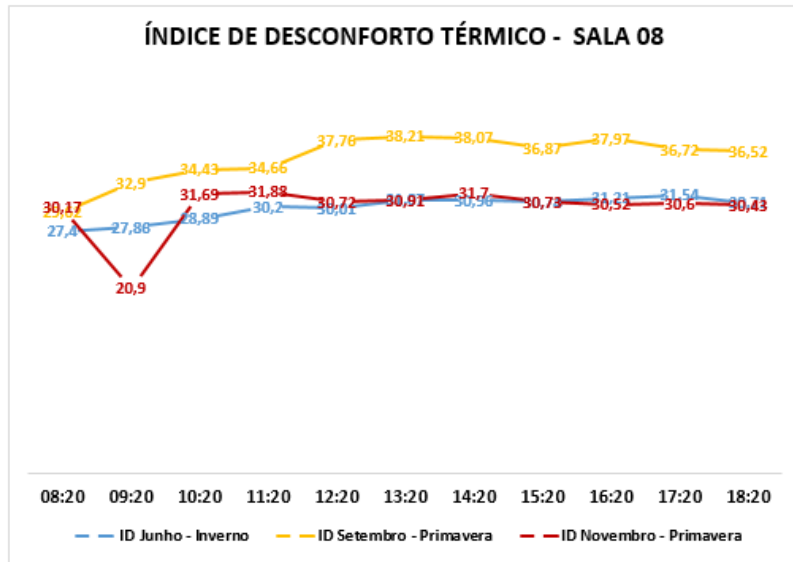
Média	
ID	
ID Junho - Inverno	22,13
pico	23,55
Menor	21,54
variação	2,01
%	9,35

ID Setembro - Primavera	23,67
pico	24,77
Menor	21,01
variação	3,76
%	17,90

ID Novembro - Verão	29,92
pico	30,91
Menor	26,63
variação	4,28
%	16,07

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 7: ID da Sala 8 – Fachada Oeste



Média	
ID	
ID Junho - Inverno	30,05
pico	31,54
Menor	27,40
variação	4,14
%	15,11

ID Setembro - Primavera	35,79
pico	38,21
Menor	29,62
variação	8,59
%	29,00

ID Novembro - Primavera	30,02
pico	31,88
Menor	20,9
variação	10,98
%	52,54

Fonte: Elaborado pelos autores

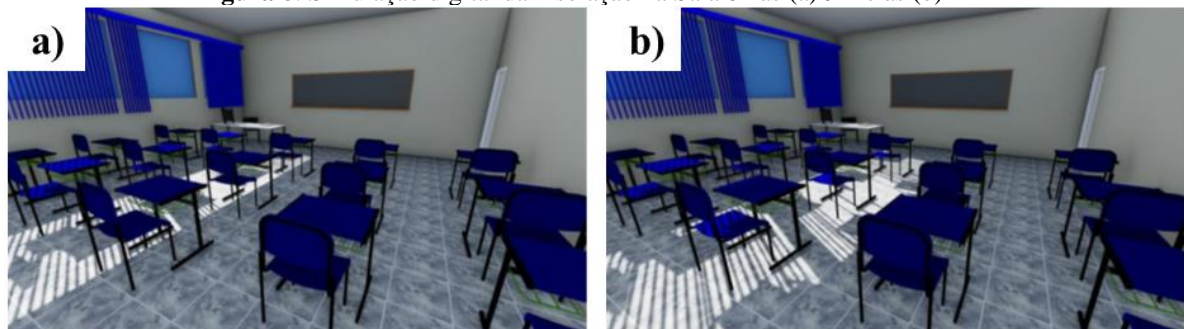
Para a Secretaria (Fig. 3), situada no térreo, o mês de novembro foi considerado o mais desconfortável com um ID de 25, indicando mais de 50% das pessoas sentindo-se desconfortáveis termicamente. Fato este confirmado pelos funcionários deste setor para os quais a sala é tão desconfortável que inviabiliza recursos passivos de resfriamento em face da ausência de dispositivos de proteção solar, um problema comum que aflige o prédio. Igualmente, a Biblioteca (Fig. 4), situada no 2º pavimento, teve seu pico de desconforto térmico no mesmo mês de novembro (ID 25), mês quente na região, também sinalizando desconforto para mais de 50% das pessoas, especialmente entre as 16h e 17h, explicado pela pouca ventilação desta fachada. Finalmente o Auditório (Fig. 5), apresentou desempenho térmico similar (ID 24), por sua vez impactado pela insolação do período da manhã. O índice de desconforto comum a todos os ambientes é potencializado pela utilização de persianas que (vide Figs. 8 e 9) emitem calor para o interior. Persianas são inadequadas nesta situação ao impedir a entrada das brisas dominantes que refrescaria o ambiente.

Finalmente, as salas de aula apresentaram comportamentos distintos (Figs. 6 e 7); a sala 02, vazia, teve um desempenho térmico igual aos recintos anteriores com o mês de novembro apresentando ID médio na faixa de 30, revelando-se mesmo vazia um ambiente de acentuado estresse térmico devido a sua forte insolação. A sala 08, ocupada, obteve nas medições de setembro, um ID médio na faixa de 30, também revelando um estado de estresse térmico. As medições de novembro foram amenas decorrentes de dias frescos. Todavia, considerando que

estávamos a três meses do início do verão, o ID das salas de aula quando ocupadas confirmam o elevado desconforto térmico citados por seus ocupantes.

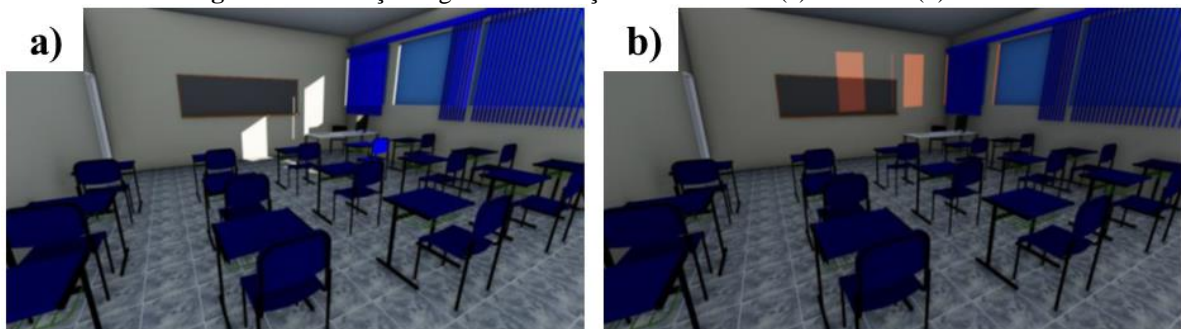
Os resultados obtidos justificam-se pela forma em que se apresenta o envelope climático impactado pela ausência de dispositivos de proteção da insolação (placas horizontais ou brises) e estratégias de isolamento que reforcem a resistência térmica de paredes e telhados. As extensas vidraças desprotegidas proporcionam os elevados ganhos térmicos por convecção e radiação potencializado pelos revestimentos de alta capacidade de absorção térmica (Figs 8 e 9).

Figura 8: Simulação digital da insolação na Sala 02 às (a) 9 h e às (b) 11 h



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 9: Simulação digital da insolação na Sala 08 às (a) 13 h e às (b) 17 h



Fonte: Elaborado pelos autores

Conclusões

O desafio da universidade é formar indivíduos capazes de buscar conhecimentos e de saber utilizá-los em prol da sociedade, enquanto a IC busca aprofundar esses conhecimentos objetivando inserir o estudante universitário no universo da pesquisa acadêmica, estabelecendo apreço pela ciência e a prática investigativa. Nesse aspecto, o estudo em tela, que resume a pesquisa de IC na área de conforto ambiental, atingiu seus objetivos em oferecer uma rica experiência de pesquisa que estimula jovens pesquisadores a produzir conhecimento e



estabelecer respostas a problemas reais com embasamento científico.

Por fim, buscou oferecer um importante parâmetro informativo de desempenho térmico do prédio de aulas do câmpus Jacareí do IFSP apontando a necessidade de melhorias construtivas pós-ocupacionais para se alcançar um desejado estado de conforto térmico aos interiores. O grupo de pesquisadores teve assim a oportunidade de constatar na prática a importância do planejamento ambiental em arquitetura e design de interiores e das soluções possíveis de contenção térmica a partir desta análise de desempenho.

Referências

ASHRAE, A. **Handbook - Fundamentals**, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta (EUA), 2005.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 17 - Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma Técnica **ABNT NBR 15575-5_2013. Edificações habitacionais – Desempenho**.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma Técnica **ABNT NBR 15220_2005. Desempenho térmico de edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social

BURGOS, E. G.; DE CAMPOS GRIGOLETTI, G.; DA PAIXÃO, D. X. **Otimização do conforto ambiental no espaço escolar: uma visão sustentável**. Cinergis, v. 16, n. 1, 2015.

DALVITE, B *et al* **Análise de conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS**. Disc. Scientia. Série: Artes, Letras e Comunicação, S. Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

CUNHA, E. G. (Org.), **Elementos de Arquitetura de climatização natural: método projetual buscando a eficiência das edificações**. Porto Alegre: Ed. Masquatro, 2006.

GILES, C. B; MAHERAS, P. **International Journal of Bio-Meteorology**, Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988, v. 34, p. 98-104, 1990.

INTERNATIONAL STANDARD - **ISO 7726: 1998**. Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.

INTERNATIONAL STANDARD - **ISO 7730: 2005**. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.



COGITARE, v. 3, n. 1, jun. 2020, p. 39-50

Fabiana de Aguiar C. Jurcic, Lara Prianti Saxton, Larissa Ellen Silva, Manuella Alves dos Loios, Vitória Aissa Simão Coelho e Carlos A. C. Niemeyer

NOGUEIRA, M. C *et al* XII Encontro Nacional e Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2008. **Avaliação do conforto ambiental em salas de aula: estudo de caso em Cuiabá.** Fortaleza (CE), 7-10 de outubro de 2008.

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

SOUZA, M. B; CASTRO, A. P. A. S. 20º Congresso de Iniciação Científica. **Análise do conforto térmico e visual das salas de aula do Bloco 01.** Câmpus da Unimep em Santa Bárbara do Oeste (SP), 23-25 de outubro de 2012.

THOM, E. C. **Weatherwise**, The Discomfort Index, v. 12, p. 57-60, 1959. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>>. Acesso em: 26 nov. 2019.