2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE ESCOLAR: COMPARAÇÕES ENTRE O MODELO ADAPTATIVO E RESPOSTAS DE SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA

LIGUORI, Iara Nogueira (1); LABAKI, Lucila Chebel (2)

(1) Arquiteta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), iara.liguori@gmail.com
(2) Professora da Universidade Estadual de Campinas(UNICAMP), lucila@fec.unicamp.br.
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC), Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada (LACAF). Rua Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-889. Tel.: (19) 3521 2064.

RESUMO

Determinar o conforto para o público infanto-juvenil é uma tarefa difícil, uma vez que as atuais normas e diretrizes regulamentam apenas para os usuários adultos. O Modelo Adaptativo (ASHRAE, 2017) é indicado para regiões com climas tropicais e ambientes naturalmente ventilados, mas não prevê critérios de avaliação para crianças e adolescentes. Dessa forma, este artigo tem como objetivo comparar respostas dos alunos em idade escolar com os resultados demonstrados pelo Modelo Adaptativo. Nesse intuito, foram aplicados questionários e colhidos dados de temperatura do ar, temperatura radiante média e velocidade média do ar durante 20 dias em duas escolas estaduais de Campinas/SP, com condição de calor e frio, totalizando 5164 votos de preferência e sensação térmica. Ao analisar os questionários ficou evidente que as escolas possuem deficiências para prover conforto térmico às crianças e adolescentes, e também foi observada uma subnotificação das horas de calor pelo Modelo Adaptativo.

Palavras-chave: *Conforto Térmico. Método Adaptativo. Ambiente Escolar. Avaliação Térmica.*

ABSTRACT

The current established thermal comfort regulations and guidelines are established based on parameters for adults, thus complicating the definition of values teenagers and especially for children. The Adaptive Method (ASHRAE, 2017) is indicated for regions with tropical climates and naturally ventilated environments, but it does not provide assessment criteria for children and adolescents. Thus, this article aims to compare answers of young students with results obtained by applying the Adaptive Method. For 20 days, students at two public schools in Campinas, SP, answered a total of 5164 thermal sensation and preferences questionnaires, while simultaneously values of air temperature, radiant temperature and air speed were collected in the classrooms. The analysis of the questionnaires pointed out a poor thermal comfort conditions for children and adolescents, as well as an underreporting of the Adaptive Method for hot conditions.

Keywords: *Thermal Comfort. Adaptive Method. School Environment. Thermal Evaluation.*

1. INTRODUÇÃO

O desempenho das atividades humanas é diretamente relacionado com o meio circundante, e o desconforto térmico pode interferir na atenção e no ritmo de trabalho dos usuários. Projetos de edifícios escolares inadequados podem afetar atitudes e comportamentos, ao relacionar a baixa qualidade do edifício com a diminuição da interação social, o aumento da agressividade e a redução do grau de concentração (AZEVEDO, 2002; SANTANA, 2010).

A apatia e o desinteresse pelo trabalho como resultados do desconforto também podem ser encontrados nos trabalhos de Burgos, Grigoletti, Xavier (2015), Corgnati, Filippi e Viazzo, (2007); Deliberador (2010), Koyama, Bueno-Bartholomei (2012); Labaki *et al.* (2001); Kowaltowski; Labaki; Mikami (2001) e Fernandes *et al.* (2010). Entretanto, apesar da importância das edificações escolares, a educação pública brasileira sofre com uma série de problemas estruturais, a começar pelos edifícios deficitários, com projetos inadequados ao clima e sem conforto aos usuários (KOWALTOWSKI *et al.,* 1999; KOWALTOWSKI *et al.,* 2002; RIBEIRO, 2004).

A determinação do conforto em salas de aula, principalmente com o público infanto-juvenil, tem-se demonstrado de difícil compatibilização, uma vez que as necessidades desses usuários tendem a serem diferentes dos adultos (ALMEIDA *et al.,* 2016; NAM *et al.,* 2015).

O modo de determinação do conforto térmico adotado para ambientes naturalmente ventilados (MISHRA; RAMGOPAL, 2015) e para regiões com clima tropical (HWANG; LIN; KUO, 2006; KATAFYGIOTOU; SERGHIDES, 2014; PERILLO; CAMPOS; ABREU-HARBICH, 2017) é o Modelo Adaptativo, ao qual é estipulada uma aceitabilidade de 80% a 90% dos usuários adultos e relaciona-se com a temperatura do ar externo e a temperatura operativa interna (ASHRAE, 2017).

Vários estudos realizaram comparações entre o Modelo Adaptativo e questionários preenchidos por crianças, a fim de estimar uma margem de conforto para o público infanto-juvenil. Os autores Trebilcock *et al.* (2017) desenvolveram uma pesquisa com estudantes de 9 a 10 anos em uma escola no Chile e expuseram que a temperatura de conforto para crianças é substancialmente menor do que o estabelecido para os adultos. NAM *et al.* (2015) realizaram um estudo em jardins de infância em Seul, Coréia, ao qual foi indicado que crianças têm uma temperatura de conforto inferior aos adultos, 0,5ºC no verão e 3,3ºC no inverno. ALMEIDA *et al.* (2016) observaram que ao serem questionadas sobre a preferência térmica as crianças tiveram uma aceitabilidade aproximada de 50%, com maior desconforto por calor.

Dessa forma, fica premente a necessidade de pesquisas sobre conforto térmico com o público infanto-juvenil. A aplicação dos questionários *in loco* obtém respostas de sensação e preferência térmica, que são comparadas com o Modelo Adaptativo.

2. OBJETIVO

A partir da necessidade de estudos sobre a avaliação do conforto térmico para o público infanto-juvenil, o objetivo deste artigo é comparar as respostas dos alunos obtidas *in loco* com resultados demonstrados pelo Modelo Adaptativo.

3. MÉTODO

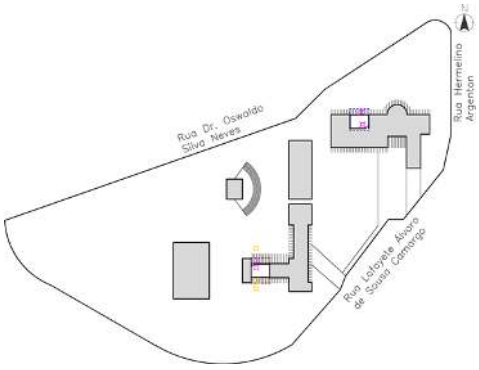
O artigo é parte de um mestrado, realizado na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). São demonstrados resultados analíticos, alcançados por medições e aplicação de questionários, em duas escolas estaduais localizadas na cidade de Campinas, São Paulo.

A cidade de Campinas/SP (-22.9064, -47.0616) está situada na Zona Bioclimática 3 (ABNT, 2005), a 685 metros de altitude e tem aproximadamente 1 milhão de habitantes (IBGE, 2010). O clima é tropical de altitude, com classificação do tipo Cwa pelo sistema Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Os verões são moderadamente quentes e chuvosos, com maiores índices pluviométricos no mês de janeiro. Durante o inverno a precipitação diminui, assim como as temperaturas, que atingem as mínimas no mês de julho.

A primeira escola, doravante citada como "Escola A", atende alunos com idades entre 6 a 11 anos, Ensino Fundamental 1, com uma ocupação de 20 a 30 alunos por classe. O edifício possui dois blocos principais, sendo analisada uma sala de aula para cada conjunto. As salas de aula têm 8,00 metros de largura e 6,00 metros de comprimento, totalizando 48 m², as janelas são voltadas para a orientação Norte e Sul (Figura 1).

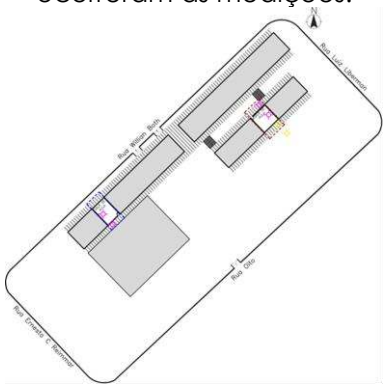
A segunda escola, chamada de "Escola B", oferece ensino integral a alunos do Ensino Médio, com idades entre 14 a 17 anos. As aberturas são voltadas para as fachadas Sudeste e Noroeste, as salas de aula têm 49 m², com uma média de 40 a 45 alunos por classe (Figura 2).

Figura 1: Planta esquemática da Escola A, sem escala, em destaque as salas de aula onde ocorreram as medições.



Fonte: Diretoria de Ensino de Campinas, adaptado pelas autoras.

Figura 2: Planta esquemática da Escola B, sem escala, em destaque as salas de aula onde ocorreram as medições.



Fonte: Diretoria de Ensino de Campinas, adaptado pelas autoras.

As medições foram programadas para condições climáticas de tempo quente e frio, os dias de coleta dos dados estão representados pelo Quadro 1.

Quadro 1: Dias de Medição.

	Escola A	**Escola B**
Condições de Tempo Quente	18/03/2019, 19/03/2019, 20/03/2019, 25/03/2019 e 27/03/2019	11/03/2019, 12/03/2019, 13/03/2019, 14/03/2019 e 15/03/2019
Condições de Tempo Frio	04/06/2019, 05/06/2019, 07/06/2019, 11/06/2019 e 12/06/2019	31/07/2019, 01/08/2019, 02/08/2019, 05/08/2019 e 06/08/2019

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Os equipamentos de medição foram disponibilizados pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada (LACAF) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Dessa forma, a temperatura do ar, a temperatura radiante média e a velocidade média do ar (utilizadas para determinação da temperatura operativa) são comparadas com os dados climatológicos da cidade de Campinas/SP, disponibilizado pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da UNICAMP.

Concomitantemente às medições dos parâmetros microclimáticos os usuários foram entrevistados por meio de formulários que avaliaram a sensação e preferência térmicas, atividade metabólica (Metabolic Rate - MET) e resistência térmica da vestimenta (Clothing and Thermal Insulation - CLO) (Figuras 3 e 4).

Figura 3: Exemplo de questionários distribuídos a alunos alfabetizados.



QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO TÉRMICA ALUNOS

DADOS PESSOAIS

Sexo: M ( ) F ( ) Peso Aprox.: _____ Altura_____ Idade _____

VESTUÁRIO

( ) uniforme (calça + camisa) ( ) blusa fina ( ) blusa grossa

( ) uniforme (bermuda + camisa) ( ) sandália ( ) tênis

( ) meia Outros_____

CHEGADA À ESCOLA

1) Como você está no momento?

Muito Frio	Frio	Confortável	Calor	Muito Calor

2) Como você gostaria que o ambiente estivesse?

Muito Frio	Frio	Confortável	Calor	Muito Calor

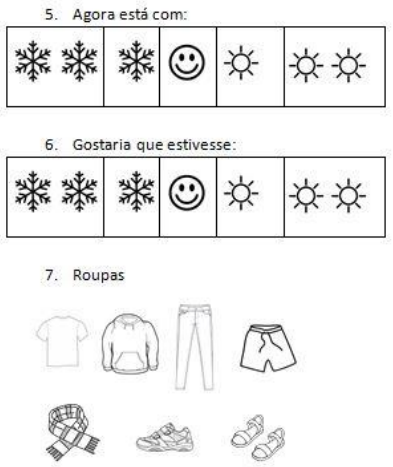
3) ATIVIDADE

( ) sentado ( ) estudando ( ) em pé (atividade leve)

( ) em pé conversando ( ) em pé atividade média ( ) caminhando

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Figura 4: Exemplo de questionários distribuídos a alunos em alfabetização.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Unicamp (CEP) e está cadastrado na Plataforma Brasil sob número CAAE 00711118.6.0000.8142. A participação foi voluntária e os usuários tiveram autorização prévia dos pais e/ou responsáveis.

Na Escola A, ensino fundamental, foram 64 autorizações (67% de participação), 612 questionários respondidos em condição de tempo quente e 817 em condição de tempo frio, totalizando 1429 avaliações de sensação térmica.

Na Escola B, ensino médio, foram 101 alunos participantes (38,8% de participação), com 2313 respostas em condições de tempo quente, 1422 em condições de tempo frio, total de 3735 questionários.

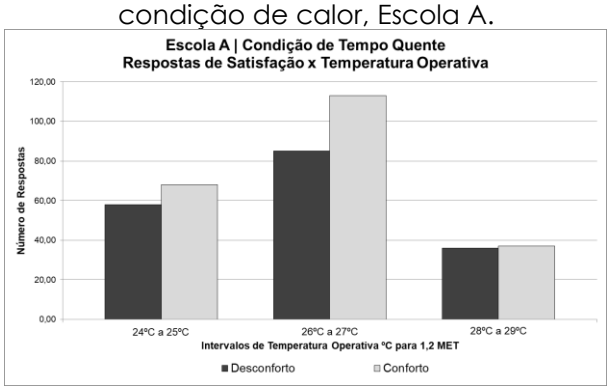
4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados dos questionários correspondentes a 1,2 MET, com resistência térmica do vestuário entre 0,33 CLO a 0,8 CLO em condição de calor e 0,4 CLO a 2,0 CLO em condição de frio.

4.1. Condição de Tempo Quente

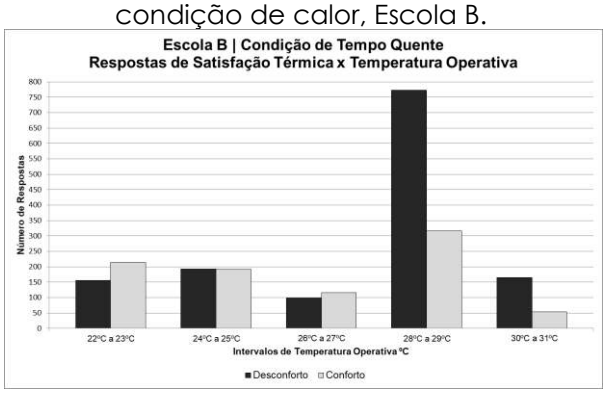
Os Gráficos 1 e 2 representam o número de respostas coletadas em todos os dias de medição e se relaciona com a temperatura operativa no momento de aplicação dos questionários. Para a Escola A os resultados ficaram próximos de 50% a 57% de neutralidade térmica. Na Escola B a relação entre os alunos satisfeitos e insatisfeitos seguem equiparadas até a temperatura operativa de 27°C, mas a partir desse marco há mais usuários insatisfeitos com o ambiente da sala de aula.

Gráfico 1: Relação entre o número de respostas e as satisfação térmica em condição de calor, Escola A.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Gráfico 2: Relação entre o número de respostas e as satisfação térmica em condição de calor, Escola B.

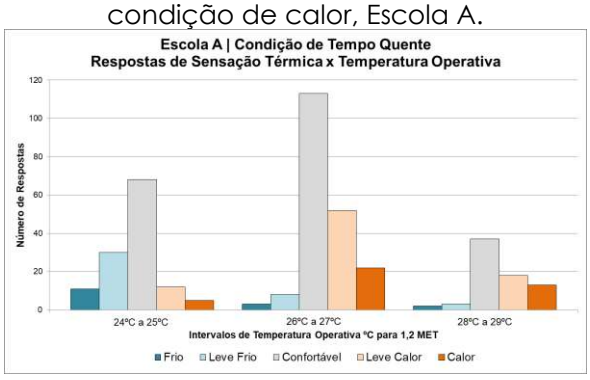


Fonte: Elaborado pelas autoras.

Ao expandir os resultados apresentados, a Escola A apresenta uma média de 53,9% de neutralidade térmica, com condições de leve frio para as temperaturas operativas de 24°C a 25°C e leve calor para 26°C a 29°C. Entretanto, na Escola B tem-se 760 respostas de desconforto por calor e apenas 316 respostas de conforto para a temperatura operativa de 28°C a 29°C, representando 70% dos alunos descontentes com o espaço de ensino devido à temperatura (Gráficos 3 e 4).

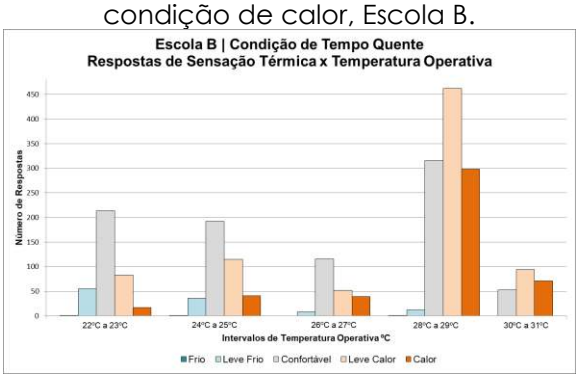
Os Gráficos 5 e 6, preferência térmica, em certo aspecto complementam os resultados de sensação térmica. Entretanto, também foram observados votos para alteração do ambiente, mesmo quando o usuário encontra-se em conforto.

Gráfico 3: Relação entre o número de respostas e as sensações térmicas em condição de calor, Escola A.



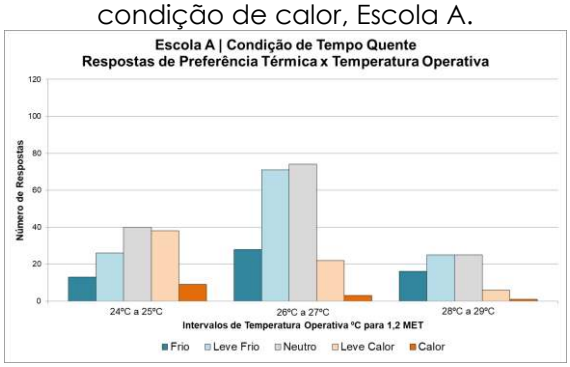
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Gráfico 4: Relação entre o número de respostas e as sensações térmicas em condição de calor, Escola B.



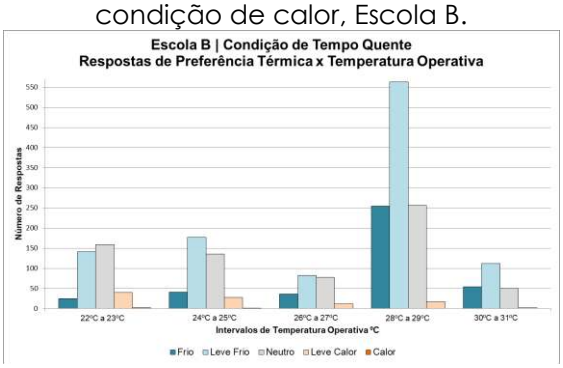
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Gráfico 5: Relação entre o número de respostas e as preferências térmicas em condição de calor, Escola A.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

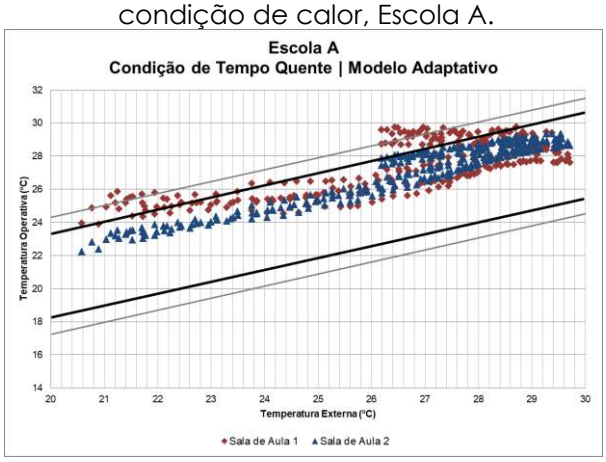
Gráfico 6: Relação entre o número de respostas e as preferências térmicas em condição de calor, Escola B.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

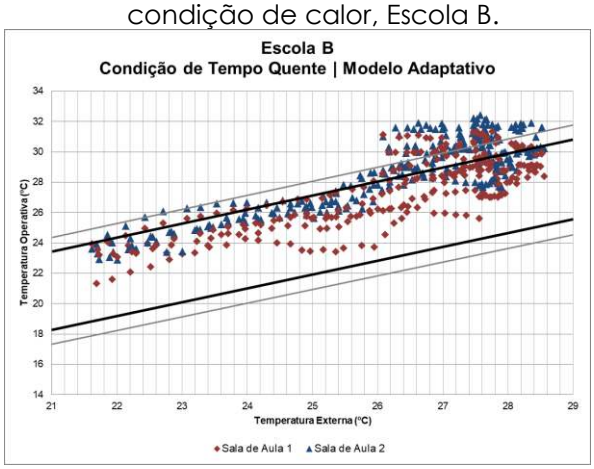
Em contrapartida ao resultado dos questionários, a análise do Modelo Adaptativo sugere desconforto por calor, mas de forma menos recorrente do que a observada pelos questionários (55% para a Escola A e 39,1% para a Escola B). Nos Gráficos 7 e 8 cada ponto representa uma hora de registro nos cinco dias de medição.

Gráfico 7: Resultado Modelo Adaptativo em condição de calor, Escola A.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Gráfico 8: Resultado Modelo Adaptativo em condição de calor, Escola B.

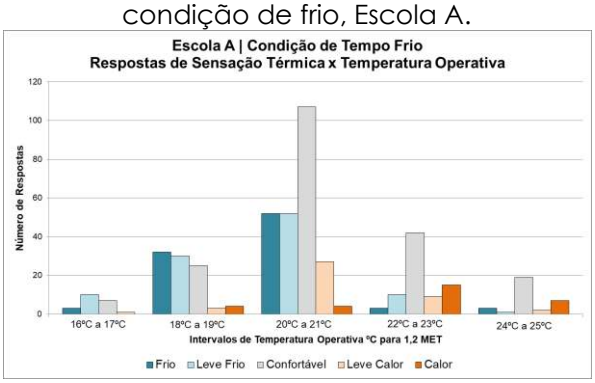


Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.2. Condição de Tempo Frio

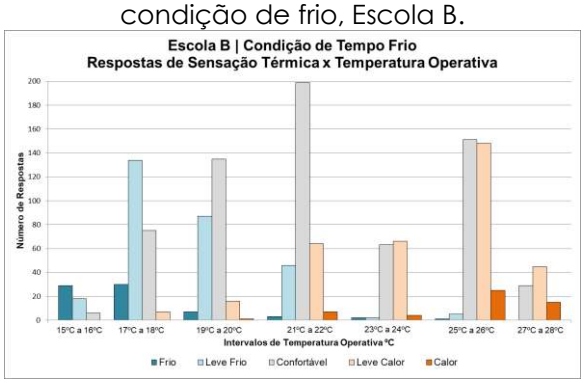
Os resultados dos questionários em condição de tempo frio demonstram que para a Escola A há mais resultados de desconforto para as temperaturas operativas de 16°C a 21°C (Gráfico 9). Na Escola B fica evidente a insatisfação dos usuários, principalmente para as temperaturas de 15°C a 18°C e 23°C a 28°C (Gráfico 10). Em ambas as escolas as temperaturas de 20°C a 22°C são correspondentes a conforto térmico.

Gráfico 9: Relação entre o número de respostas e as sensações térmicas em condição de frio, Escola A.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

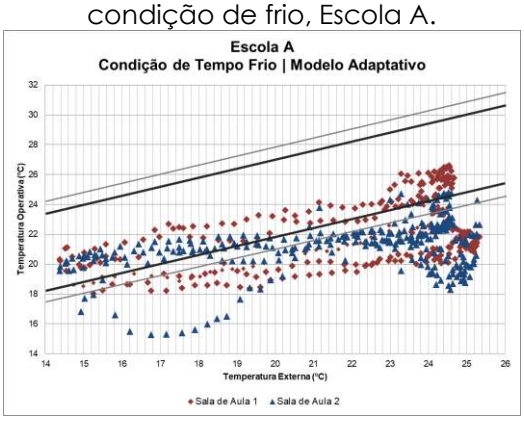
Gráfico 10: Relação entre o número de respostas e as sensações térmicas em condição de frio, Escola B.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

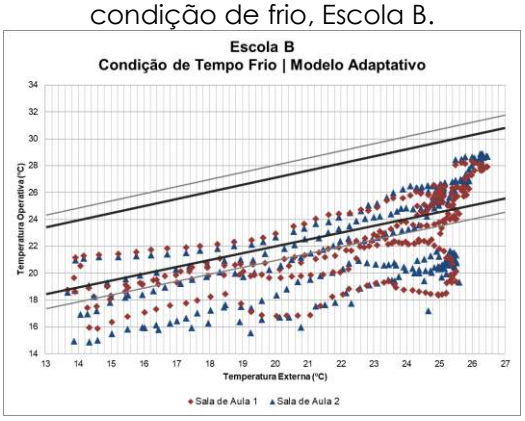
A análise do Modelo Adaptativo para a Escola A corrobora com os resultados apresentados pelos questionários, confirmando um desconforto por frio (Gráfico 11). Entretanto, na Escola B o método sugere apenas insatisfação por frio e não prevê o desconforto por calor observado a partir da temperatura operativa de 25ºC (Gráfico 12).

Gráfico 11: Resultado Modelo Adaptativo em condição de frio, Escola A.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Gráfico 12: Resultado Modelo Adaptativo em condição de frio, Escola B.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

5. CONCLUSÕES

Ao analisar o conforto térmico de ambas as escolas fica evidente que há deficiências para prover conforto térmico aos alunos. Os resultados são compatíveis com aqueles apresentados em estudo realizado em 15 escolas municipais de Campinas/SP por Kowaltowski *et al.* (2001), onde ficou demonstrado que as salas de aula da cidade possuem um desconforto térmico por calor na maior parte do ano (DELIBERADOR, 2010).

A Escola B possui maiores deficiências ao compará-la com a Escola A. Em tempo frio 46,3% dos participantes atestaram que estavam em conforto térmico, e no calor esse número não foi superior a 39,1%. O desconforto por calor foi frequente até mesmo no inverno, representando 28% dos questionários aplicados. Na Escola A as crianças demonstraram 54% de neutralidade térmica em condição de tempo quente e 42,7% para clima ameno. A análise pelo Método Adaptativo foi condizente com as respostas dos alunos em condições de frio. Entretanto, para condições de tempo quente o método sugeriu conforto térmico todo o tempo para a Escola A, enquanto 54% dos usuários demonstraram satisfação térmica. Para a

Escola B, no verão, os valores apontaram um leve desconforto por calor, enquanto apenas 39,13% dos alunos estavam em conforto com o ambiente. Dessa forma, recomenda-se parcimônia ao utilizar o Modelo Adaptativo com o público infantil, sendo necessários mais estudos na área.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (05-P-04795-2019).

REFERÊNCIAS

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

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERING ASHRAE Standard 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. p. 1–52, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 7, 2005.

AZEVEDO, G. A. N. Arquitetura Escolar e Educação: Um Modelo Conceitual de Abordagem Interacionista. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

BURGOS, E. G.; GRIGOLETTI, G. D. C.; XAVIER, D. Otimização do conforto ambiental no espaço escolar: uma visão sustentável. Revista do Departamento de Educação Física e Saúde e do Mestrado em Promoção da Saúde da Universidade de Santa Cruz do Sul / Unisc, v. 16, n. 1, p. 66–70, 2015.

CORGNATI, S. P.; FILIPPI, M.; VIAZZO, S. Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. Building and Environment, v. 42, n. 2, p. 951–959, 2007.

DELIBERADOR, M. S. O processo de projeto da arquitetura escolar no Estado de São Paulo: caracterização e oportunidades. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

FERNANDES, L. O. ; ANDRADE, N. C.; LABAKI, L. C.; BERNARDI, N.; BERTOLI, S. R. Avaliação Do Conforto Térmico De Salas De Aula De Prédio Escolar Da Rede Pública Em Campinas / Sp. XIII ENTAC, 2010.

HWANG, R. L.; LIN, T. P.; KUO, N. J. Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. Energy and Buildings, v. 38, n. 1, p. 53–62, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidade de Campinas. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/, acesso em: Agosto, 2019.

KATAFYGIOTOU, M. C.; SERGHIDES, D. K. Thermal comfort of a typical secondary school building in Cyprus. Sustainable Cities and Society, v. 13, p. 303–312, 2014.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K; LABAKI, L.C.; PINA, S.A.M.G.; RUSCHEL, R.C.;BORGES, F. e BERTOLLI, S.R. Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares de Campinas. Campinas: FEC/UNICAMP, 2001.

KOWALTOWSKI, D; PINA, S; LABAKI, L; RUSCHEL, R; BERTOLLI, S; FILHO, F. O conforto no ambiente escolar: elementos para intervenções de melhoria. IX ENTAC, 2002.

KOWALTOWSKI, Doris C C K; FILHO, Francisco Borges; LABAKI, Lucila C; RUSCHEL, Regina Coeli; BERTOLI, Stelamaris Rolla; PINA, Silvia Mikami. Melhoria Do Conforto Ambiental Em Edificações Escolares Na Região De Campinas. V ENCAC e II ELACAC, 1999

KOYAMA, M. Y.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. Escolas Públicas: Avaliação De Conforto Térmico Em Presidente Prudente – SP. XVI ENTAC, 2012.

LABAKI, L. C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. Avaliação Do Conforto Térmico E Luminoso De Prédios. VI ENCAC, III ELACAC, 2001.

MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. A thermal comfort field study of naturally ventilated classrooms in Kharagpur, India. Building and Environment, v. 92, p. 396–406, 2015.

NAM, Insick; YANG, Jinho; LEE, Dohee; PARK, Eunjung; SOHN, Jong-Ryeul. A study on the thermal comfort and clothing insulation characteristics of preschool children in Korea. Building and Environment, v. 92, p. 724–733, 2015.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world Koppen-Geiger climate classification map. p. 1633–1644, 2007.

PERILLO, P. J. L.; CAMPOS, M. A. S.; ABREU-HARBICH, L. V. DE. Conforto Térmico Em Salas De Aula: Revisão Sistemática Da Literatura. PARC, v. 8, n. 4, p. 236–248, 2017.

RIBEIRO, S. L. Espaço escolar: um elemento (in)visível no currículo. Sitientibus, v. 31, p. 103–118, 2004.

SANTANA, T. M. A relação da arquitetura escolar com a aprendizagem. IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade, 2010.

TREBILCOCK, M; MUÑOZ, J. S.; YAÑEZ, M.; SAN MARTIN, R. F. The right to comfort: A field study on adaptive thermal comfort in free-running primary schools in Chile. Building and Environment, v. 114, p. 455–469, 2017.