

A ROTINA DE ABERTURA DE ESQUADRIAS NA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE ESCOLAS NATURALMENTE VENTILADAS E A AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

Data de submissão: 31/07/2024

Data de aceite: 02/09/2024

Paula Scherer

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2682575980078780>

RESUMO: Dentre as estratégias passivas que podem melhorar o conforto térmico do ambiente construído, temos as que envolvem a ventilação natural (VN), sendo que esta também é substancial para a manutenção da qualidade do ar. Nesse âmbito, um ambiente térmico confortável tem uma influência significativa em atividades que envolvem a aprendizagem. Nas pesquisas que avaliam o conforto térmico e a qualidade da VN em ambientes internos através de simulação computacional, torna-se necessário admitir uma rotina fixa de abertura de esquadrias. Assim, através desta pesquisa, objetivou-se investigar as rotinas de operação de janelas que têm sido utilizadas nas simulações computacionais de ambientes escolares com VN situados na região Sul do Brasil e a influência do setpoint de abertura de esquadrias na avaliação do conforto térmico. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, que resultou em 23 trabalhos.

Os resultados mostraram que 52,17% dos trabalhos selecionados consideraram uma temperatura de setpoint para a habilitar a abertura das esquadrias, sendo utilizada principalmente a temperatura de 25 °C. Em menos de 20% dos trabalhos selecionados foi definida a abertura das esquadrias quando a temperatura operativa for maior que a temperatura de conforto estabelecida segundo o modelo adaptativo da Standard 55. Apenas 2 dos artigos coletados realizaram a comparação de diferentes temperaturas de setpoint de VN em um mesmo modelo. Nestes, foi indicado que, a variação de setpoint promoveu diferenças de conforto térmico menores do que 2% em período anual.

PALAVRAS-CHAVE: VN. Conforto térmico. Ambientes escolares. Setpoint.

THE WINDOW OPENING SCHEDULE IN THE COMPUTER SIMULATION OF NATURALLY VENTILATED SCHOOLS AND THE EVALUATION OF THERMAL COMFORT

ABSTRACT: Among the passive strategies that can improve the thermal comfort in built environments, natural ventilation (NV) is important not only for improving thermal

comfort but also for maintaining air quality. In this context, a comfortable thermal environment has a significant impact on learning activities. In studies evaluating thermal comfort and NV quality in indoor environments through computer simulations, it becomes necessary to assume a fixed schedule for window opening. This research aimed to investigate the window operation schedules used in computer simulations of school environments with NV, located in the southern region of Brazil, as well as the influence of the window opening setpoint on the assessment of thermal comfort. For this purpose, a systematic literature review was conducted, which resulted in 23 studies. The results showed that 52.17% of the selected studies considered a setpoint temperature to allow window openings, facilitating NV, with 25 °C being the most commonly used temperature. In less than 20% of the selected studies, window openings were defined when the operating temperature exceeded the comfort temperature set by the ASHRAE Standard 55 adaptive model. Only 2 of the collected articles collected compared different VN setpoint temperatures in the same model. In these studies, it was indicated that the variation in setpoint led to differences in thermal comfort of less than 2% over an annual period.

KEYWORDS: NV. Thermal Comfort. School Environments. Setpoint.

INTRODUÇÃO

Entre os fatores considerados no planejamento arquitetônico de escolas, o conforto ambiental é particularmente importante, pois tem um impacto direto na melhora do aprendizado (PAES; BASTOS, 2014; BLUYSSSEN, 2016). É crucial que as condições térmicas das salas de aula sejam planejadas adequadamente, em virtude da elevada densidade de ocupação desses espaços e da influência negativa que um ambiente térmico insatisfatório pode trazer à aprendizagem (WONG; KHOO, 2003).

A ventilação natural (VN) é uma estratégia bioclimática significativa para a melhora do conforto térmico em ambientes escolares (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010; VIANA; AMORIM, 2013). A VN é subordinada a forças naturais, onde consideramos o vento do ambiente circundante e as forças de empuxo resultantes de gradientes de temperatura no interior da edificação (VELD, 2008).

A ventilação natural apresenta funções que envolvem o resfriamento dos ambientes e as perdas de calor da pele humana através de convecção e evaporação (GIVONI, 1994). Nesse contexto, a ventilação térmica é importante para a eliminação do calor interno do ambiente e a ventilação higiênica é indispensável, ao longo do ano, para a manutenção da salubridade (ROSA; SEDREZ; SATTLER, 2001). As janelas situadas na altura do observador oferecem principalmente ventilação térmica, através do controle mais acessível de abertura e fechamento. Aberturas mais distantes da altura do observador são indicadas para viabilizar a renovação do ar (NICO-RODRIGUES, 2015).

Em simulações voltadas à avaliação do desempenho térmico e energético do ambiente construído, que incluem simulações realizadas com o *software* EnergyPlus, é essencial estabelecer um padrão para a abertura das janelas nos ambientes. Nas salas

de aula com VN através de janelas acessíveis, professores e alunos podem operar tais esquadrias. Nesse sentido, a temperatura do ar é um fator de elevada influência na abertura das janelas (STAZI; NASPI; D’ORAZIO, 2017; ZHANG; BARRETT, 2012). Em *softwares* como o EnergyPlus e o DesignBuilder, para simular a ventilação térmica, usa-se uma agenda para controlar a abertura das esquadrias, que pode ser regida por uma temperatura de *setpoint*. Assim, a esquadria é aberta quando a temperatura interna alcançar o valor de *setpoint*. Consequentemente, essa temperatura tem influência na avaliação do conforto térmico.

Considerando-se a importância das simulações computacionais para o desenvolvimento de edificações termicamente confortáveis (SANTOS *et al.*, 2017; PEDRINI; SZOKOLAY, 2005), através desta pesquisa objetivou-se investigar as configurações de rotina de abertura de janelas que têm sido utilizadas nas simulações computacionais de ambientes escolares com VN situados na região sul do Brasil, e a influência do *setpoint* de abertura de esquadrias na avaliação do conforto térmico. A região Sul foi escolhida para o estudo uma vez que apresenta majoritariamente os climas Cfa (Clima subtropical úmido) e Cfb (Clima oceânico temperado), que contam com verões quentes, frescos e úmidos, sendo os invernos caracterizados por temperaturas médias mensais moderadas ou próximas de zero (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Além disso, na região sul do país são identificadas principalmente as Zonas Bioclimáticas (ZBs) 1 e 2, caracterizadas como mais frias em relação às demais, conforme a Norma Brasileira NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

METODOLOGIA

Nesta seção foram apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, que envolveu uma revisão sistemática da literatura (RSL).

Busca e critérios de seleção

A coleta de dados da pesquisa foi feita a partir de buscas no Google Acadêmico, nos dias 28, 29, 30 de junho de 2023. As buscas foram atualizadas no dia 25 de julho 2024. Nesse âmbito, este trabalho foi realizado a partir de uma RSL. Quanto aos descritores de busca usados, foram utilizadas três opções, em sequência: “*setpoint*” + “simulação” + “ventilação” + “escolar” + sul + zona bioclimática 1; “*setpoint*” + “simulação” + “ventilação” + “escolar” + sul + zona bioclimática 2; e “Energyplus” + “ventilação natural” + “escolar” + sul. O termo “escolar” foi usado porque no Google Acadêmico não foi possível realizar a busca através de um filtro de assunto. Ao adotar o termo “escola” foram identificadas publicações que evidenciavam o termo apenas na instituição em que o trabalho foi desenvolvido, por exemplo.

Quanto aos critérios de seleção dos trabalhos, foram aceitos capítulos de livros, livros, trabalhos finais de graduação e pós-graduação, artigos publicados em revistas e artigos de eventos, sendo filtrados trabalhos a partir de 2000. Outrossim, foram selecionados apenas trabalhos aplicados em edificações escolares da região sul do país e trabalhos que abordam simulações computacionais em ambientes escolares naturalmente ventilados, com configuração de rotinas para a abertura das esquadrias.

Organização das informações obtidas

Foram identificados 23 trabalhos condizentes com os critérios de seleção. A partir das informações obtidas nos trabalhos selecionados, os resultados da pesquisa foram estruturados em 3 tópicos: 3.1 Panorama das configurações de abertura das janelas utilizadas nas simulações computacionais: ventilação térmica e ventilação higiênica; 3.2 Aspectos que têm definido o *setpoint* de abertura de esquadrias nas simulações; e 3.3 Avaliações de conforto térmico e *setpoints* utilizados. Assim, de maneira gradual, pretendeu-se situar o leitor acerca das configurações que têm sido adotadas em simulações de VN no contexto de estudo, apresentar os procedimentos utilizados para definir os valores de *setpoint* de abertura de esquadrias nas simulações, e identificar os níveis de conforto térmico apresentados pelos autores para diferentes valores de *setpoint*.

RESULTADOS

Nos resultados foram apresentadas as características dos trabalhos selecionados, considerando as configurações e os *setpoints* de abertura das esquadrias que têm sido utilizados no contexto desta pesquisa, e as avaliações do conforto térmico.

Panorama das configurações de abertura das janelas utilizadas nas simulações computacionais: ventilação térmica e ventilação higiênica

Frente aos critérios de seleção desta pesquisa, a maioria dos trabalhos selecionados evidenciou o uso de uma temperatura de *setpoint* que habilita a abertura de esquadrias para a simulação da ventilação térmica (52,17%). Ademais, foi identificado que em 17,39% dos trabalhos, tendo-se como exemplo Sartori (2019) e Milan (2015), definiu-se que as esquadrias seriam abertas quando a temperatura operativa fosse superior à temperatura de conforto. Nos trabalhos mencionados, a faixa de temperatura confortável foi definida partir do método adaptativo da ASHRAE 55 (2013).

Na dissertação de Sartori (2019), o modelo adaptativo (ASHRAE, 2013) foi adotado para a avaliação do conforto térmico através de simulações computacionais no modelo *AirflowNetwork* do EnergyPlus. Nesse âmbito, foi usado a ASHRAE 55 *Adaptive* como ferramenta de controle das aberturas. Assim, uma *schedule* (rotina) foi estabelecida para

abrir ou fechar as janelas quando a temperatura interna foi maior do que o limite de conforto térmico, sempre que a temperatura externa não for superior a tal limite e não estiver chovendo (SARTORI, 2019).

Através da RSL também foram identificados casos mais extremos de rotina de abertura de janelas, como as situações que as janelas ficaram abertas durante todo o horário letivo, como foi identificado no trabalho de Vendrami e Mizgier (2022). Neste trabalho, houve uma significativa preocupação com a qualidade do ar para atenuar a contaminação por COVID-19. Ademais, foram comparadas as diferenças resultantes da adoção de quatro arquivos climáticos distintos de Florianópolis, Santa Catarina, e dois tamanhos de abertura para a VN. Os autores realizaram as simulações com o *software* Energyplus e o cálculo das trocas de ar e concentração de CO₂ foi feito com objetos do grupo *AirflowNetwork*.

O trabalho de Scherer e Grigoletti (2023) teve como objetivo investigar 16 estratégias de VN em salas de aula do ensino fundamental quanto à eficiência energética, ao conforto térmico e à qualidade de VN, no clima Cfa. Nesse âmbito, as autoras também simularam situações em que as janelas da sala da aula escolar foram mantidas abertas durante o período de aula. As simulações computacionais foram feitas através dos *softwares* Ansys CFX e do EnergyPlus. Neste último *software*, a simulação da VN foi feita através do modelo *AirflowNetwork* e do objeto *Zone ThermalChimney* (nas situações em que houve uso da chaminé solar).

Tanto nos trabalhos de Scherer e Grigoletti (2023) como Vendrami e Mizgier (2022), nas situações em que foi simulada a abertura constante das janelas, apesar de se observar uma maior qualidade do ar nas salas de aula, foi identificado um grau significativo de desconforto térmico. Nesse contexto, conforme a pesquisa de Scherer e Grigoletti (2023), as situações em que houve adoção de ventilação higiênica mostraram PHOCT (Percentual de Horas Ocupadas em Conforto Térmico) menor do que os casos que tiveram somente ventilação térmica. Quando houve somente ventilação higiênica na sala analisada, o PHOCT mais elevado foi de 73,82%, 6,25% inferior ao PHOCT do caso mais satisfatório em que houve uso de ventilação térmica. Todavia, em várias salas que utilizaram somente ventilação térmica, as taxas de ventilação e de renovação foram inferiores ao recomendado.

Aspectos que têm definido o *setpoint* de abertura de esquadrias nas simulações

Com base nos trabalhos levantados, a definição do *setpoint* de abertura de janelas em ambientes escolares pode ser fundamentada em distintos aspectos. Na maioria das pesquisas selecionadas (75% dos trabalhos em que houve uso de temperatura de *setpoint*), o *setpoint* teve como referência publicações acadêmicas e/ou científicas de outros autores, como é o caso de Spagnuolo *et al.* (2018), Ritter *et al.* (2018) e Modler *et al.* (2020). Nesse contexto, a pesquisa de Martins *et al.* (2009), que corresponde a um artigo publicado em evento científico, foi referenciada em cinco 22,72% de todos os trabalhos para a definição da temperatura de *setpoint*.

No trabalho de Freitas *et al.* (2018), por exemplo, os autores indicaram como objetivo geral investigar os impactos do percentual inicial de abertura das janelas, da infiltração e do *setpoint* de abertura das janelas no desempenho de uma escola com VN, considerando a ZB2 e a ZB8. Os autores utilizaram a simulação computacional em sua metodologia. Foram desenvolvidos testes com valores de 23 °C a 26°C para o *setpoint*, a partir da recomendação de Martins (2009), de 25°C. Nesse âmbito, o mesmo modelo de edificação escolar foi testado, caracterizado por apresentar um pavimento e corredor central conectado às salas de aula.

Na pesquisa de Scherer e Grigoletti (2023), a temperatura de *setpoint* da VN, de 22°C, foi definida através de testes de simulação nos modelos de edifícios escolares analisados, que foram projetados a partir das recomendações do FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação). Outrossim, conforme os autores, a temperatura de 22 °C correspondeu ao limite inferior máximo da faixa de conforto adaptativo da ASHRAE 55 (2017).

Severo (2018), por exemplo, utilizou a temperatura de 18°C como gatilho de abertura das janelas. Nesse sentido, a autora indicou o uso de uma zona de conforto entre 18°C e 24°C, conforme a Carta Bioclimática de Givoni, considerando umidades relativas próximas de 80% (GIVONI, 1992).

Avaliações de conforto térmico e *setpoints* utilizados

Sabe-se que os resultados de simulações conforto térmico do ambiente construído dependem de inúmeras variáveis, que envolvem, dentre outros aspectos, os materiais considerados no modelo simulado, a geometria do modelo, o clima do local e os parâmetros de simulação. Todavia, uma vez que comportamento de fechar ou abrir as esquadrias de espaços escolares influenciam o conforto térmico dos usuários e o dispêndio energético dos edifícios (FRANCESCHINI; NEVES, 2020; FREITAS *et al.*, 2018), torna-se importante atentar-se aos impactos do regime de abertura das esquadrias, considerando-se propor estratégias construtivas eficazes no que diz respeito à qualidade do ambiente interno.

Como mencionado, 17,39% dos trabalhos adotaram o *setpoint* de abertura das janelas equivalente a 25°C. Nesse sentido, a maioria dos estudos dedicou-se à análise de salas de aula. A partir da RSL, foi observado que o valor mínimo de conforto térmico dos trabalhos que adotaram tal *setpoint* foi de 27,83% (QUINTANA *et al.*, 2017) e o valor máximo de 82,7% (MODLER *et al.*, 2020).

A Pesquisa de Quintana *et al.* (2018) apresentou a avaliação do conforto térmico de duas EMEIs (Escolas Municipais de Educação Infantil) associadas ao ProInfância, considerando projetos tipo 1 e 2, desenvolvidos pelo FNDE. A simulação foi desenvolvida no *software* DesignBuilder com arquivo climático TMY (*Typical Meteorological Year*) de Santa Maria, Rio Grande do Sul, que faz parte da ZB2 e tem clima Cfa segundo a classificação

climática de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). A EMEI tipo 1 contou com transmitância térmica das paredes externas de 2,00 [W(m²K)], das paredes internas de 1,64 [W(m²K)], da cobertura de 1,17 [W(m²K)]. A EMEI tipo 2 contou com transmitância térmica das paredes externas de 2,08 [W(m²K)], das paredes internas de 1,90 [W(m²K)], da cobertura de 0,67 [W(m²K)] (QUINTANA *et al.*, 2018).

Conforme Quintana *et al.* (2018), a EMEI tipo 1 obteve o pior nível de conforto (27,83%), pois correspondeu a uma edificação mais compacta e com maior densidade de ocupação, cuja cobertura não contou com isolamento térmico e as esquadrias não apresentaram proteção solar.

A pesquisa de Modler *et al.* (2020) envolveu a análise de conforto térmico de uma Escola Municipal de Educação Infantil com projeto padrão ProInfância/FNDE, tipo C, também situada no Rio Grande do Sul e na ZB2. A envoltória do edifício simulado contou com: transmitância térmica das paredes de 2,50 (W(m²K)); transmitância térmica da cobertura do edifício de 1,90 (W(m²K)) e transmitância térmica da cobertura do pátio de 6,16 (W(m²K)). Conforme os autores, que desenvolveram a avaliação do conforto térmico a partir do modelo adaptativo da ASHRAE Standard 55 (2017), o valor anual máximo conforto térmico obtido foi de 82,7%, o que foi identificado em uma sala de aula de 28 m² com ventilação em janelas adjacentes, ocupação de 13 usuários, com densidade ocupacional de 0,37. Ademais, o pátio coberto foi o ambiente que evidenciou o menor nível de conforto térmico, com conforto anual de 54,9%. Este ambiente apresentou uma área de 87,8 m² (MODLER *et al.* 2020).

Outra pesquisa que adotou o *setpoint* de 25°C foi a desenvolvida por Spagnuolo *et al.* (2018), que se destinou a avaliar um projeto do Programa ProInfância, tipo B, com o intuito de investigar a adequação térmica do modelo em diferentes ZBs. Neste estudo, o município de Canela, no Rio Grande do Sul, foi representativo da ZB2. O mesmo tem clima Cfb, conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). A sala de aula avaliada apresentou ventilação unilateral e as janelas contaram com beirais. Na simulação computacional desenvolvida, os autores indicaram ocupação de 15 usuários e taxa metabólica de 125 W/pessoa/hora (ISO, 2004). A simulação do modelo considerou duas orientações, na primeira as janelas da sala foram orientadas para sul e, na segunda, para oeste (SPAGNUOLO *et al.*, 2018),

Conforme Spagnuolo *et al.* (2018), em Canela foi identificada como preeminente a sensação de conforto térmico anual nas duas orientações, com exceção do mês de junho, quando o desconforto por baixas temperaturas atingiu a 72% das horas ocupadas. Um cenário distinto foi verificado em regiões mais quentes, onde o maior desconforto para o frio foi observado majoritariamente às 8h sendo prolongado ao período matutino da mesma forma em ambas orientações.

A pesquisa Freitas *et al.* (2018), cujo objetivo foi indicado anteriormente, considerou como objeto de simulação um edifício escolar com 8 ambientes, dentre os quais 6 são

salas de aula, sendo utilizada a ventilação unilateral. Nas paredes externas foi utilizada transmitância térmica de $2,49 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, sendo que a cobertura da escola teve transmitância de $1,69 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Utilizou-se densidade de iluminação de $10,2 \text{ W}/\text{m}^2$ para as salas de aula e $5,0 \text{ W}/\text{m}^2$ e $9,6 \text{ W}/\text{m}^2$ para sanitários e circulações, em sequência.

A pesquisa de Freitas *et al.* (2018) mostrou que, para o município da ZB2, situado no Rio Grande do Sul, a variação do conforto térmico, considerando distintos percentuais de abertura das janelas para as temperaturas e distintas infiltração, é pouco expressivo. Segundo os autores, embora o *setpoint* de abertura das janelas de 23°C tenha sido o mais satisfatório, os *setpoints* trouxeram alterações mínimas na avaliação do conforto térmico, estando os percentuais anuais de conforto térmico entre 51,78% (para *setpoint* de 26°C , infiltração máxima e percentual de abertura de 50%) e 51,96% (para *setpoint* de 23°C , infiltração mínima e percentual de abertura de 10%; e *setpoint* de 25°C , infiltração mínima e percentual de abertura de 100%). Foi verificado que o *setpoint* de abertura de janelas equivalente a 26°C contou com os menores níveis de conforto térmico (FREITAS *et al.*, 2018).

A pesquisa de Scherer e Grigoletti (2023), cujo objetivo foi apresentado anteriormente, teve como objeto de simulação computacional um edifício escolar de ensino fundamental configurado segundo as orientações do FNDE (2017) com arquivo climático de Santa Maria (RS), município que conta com clima Cfa (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). A análise do conforto foi feita sobre uma sala de aula. A parede do modelo apresentou transmitância térmica de $1,27 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e a cobertura teve transmitância de $1,26 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. A sala contou com ocupação de 37 pessoas, sendo a área do ambiente de $46,8 \text{ m}^2$. Nesta pesquisa, foi utilizado um *setpoint* de abertura de janelas de 22°C , no EnergyPlus. Segundo as autoras, para valores menores de *setpoint*, o desconforto anual por frio foi maior, com acréscimos maiores do que 20h de desconforto, enquanto que para *setpoints* maiores, observou-se acréscimos de mais de 15h de desconforto por calor. Tais acréscimos identificados equivaleram a uma porcentagem anual de desconforto inferior a 2%. Na pesquisa mencionada, o valor máximo de PHOCT foi 80,07%, no caso em que houve ventilação unilateral térmica com janelas na orientação leste. O valor mínimo foi de 70,42%, quando o modelo apresentou ventilação cruzada (leste e oeste), térmica e higiênica (SCHERER; GRIGOLETTI, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram examinadas as rotinas de operação de esquadrias que têm sido adotadas nas simulações computacionais de ambientes escolares naturalmente ventilados localizados na região Sul do Brasil. Também foi pesquisada a influência do *setpoint* de abertura de esquadrias na avaliação do conforto térmico.

Foi identificado que, no contexto deste estudo, os *setpoints* utilizados em simulações computacionais de VN foram de 18 °C a 26 °C. Foi observado que 75% das pesquisas selecionadas que consideraram a adoção de *setpoint*, utilizaram a temperatura de 25 °C como gatilho de abertura. Quanto à rotina de VN configurada para a simulação computacional, observa-se que em menos de 20% dos trabalhos tem-se optado por habilitar a abertura das esquadrias quando a temperatura operativa for maior que a temperatura de conforto calculada a partir do modelo adaptativo da ASHRAE Standard 55 (2013). A abertura constante das janelas, considerando-se apenas a ventilação higiênica, tem se mostrado menos satisfatória para o conforto térmico (VENDRAMI; MIZGIER, 2022; SCHERER; GRIGOLETTI, 2023), ainda que tenha permitido a melhora da qualidade do ar em salas de aula. Nesse âmbito, sugere-se o uso da ventilação térmica através janelas na altura do observador, facilmente operáveis, enquanto que a ventilação higiênica seja oferecida em janelas superiores, por exemplo.

Considerando a faixa de *setpoint* adotada nos estudos levantados, percebe-se que a variação de *setpoint* tem promovido diferenças de conforto térmico baixas em período anual, o que foi evidente nos trabalhos em que foram feitos comparativos em um mesmo modelo (FREITAS *et al.*, 2020; SCHERER; GRIGOLETTI, 2023). Ademais, observa-se que em cidades cujo clima caracteriza-se por temperaturas mais baixas, menores temperaturas de *setpoint* podem conduzir a um desconforto térmico mais elevado em virtude do aumento das renovações de ar. Nesse sentido, há o exemplo da cidade de Canela (RS), onde foi identificado desconforto por frio em mais de 70% das horas ocupadas na sala de aula no mês de junho, conforme Spagnuolo *et al.* (2018). Nesse âmbito, cabe observar que escolas contam características distintas de outros edifícios. Os ambientes escolares, como salas de aula, são ocupados em períodos específicos do ano e majoritariamente por crianças e adolescentes.

Para pesquisas futuras, sugere-se avaliar os impactos das temperaturas de *setpoint* a partir da simulação computacional de uma sala de aula do Programa ProInfância, que foi predominante nas pesquisas levantadas, a partir das temperaturas de *setpoint* observadas, de 18 °C a 26 °C. Nesse âmbito, propõe-se discutir os resultados considerando-se os valores obtidos na literatura.

REFERÊNCIAS

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2013.

ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2017.

BLUYSSSEN, P. M. The role of flooring materials in health, comfort and performance of children in classrooms. **Cogent Psychology**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311908.2016.1268774>. Acesso em: 28 jul. 2024.

DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Thermal comfort: a review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 14, n. 9, p. 2626-2640, dez. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032110002200>. Acesso em: 28 jul. 2024.

FRANCESCHINI, P.; NEVES, L. O impacto da operação de janelas no desempenho térmico de edificações escolares. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/744>. Acesso em: 25 jul. 2024.

FREITAS, J.; CUNHA, E.; LEITZKE, R.; HAX, D.; DUARTE, C.; CARVALHO, A. análise das condições de contorno para simulação e configuração de ventilação natural em prédio escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 377–387. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1364>. Acesso em: 28 jul. 2024.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Manual de orientações técnicas**: elaboração de projetos de edificações escolares: ensino fundamental. Brasília: Ministério da Educação, 2017.

GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037877889290047K>. Acesso em: 01 maio 2024.

GIVONI, B. **Passive and Low Energy Cooling of Buildings**. Londres: John Wiley & Sons, 1994.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8996 Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate. Geneve, 2004.

MARTINS, D. J.; RAU, S. L.; RECKZIEGEL, S.; FERRUGEM, A. P.; SILVA, A. C. S. B. Ensaio sobre a Utilização da Automação de Aberturas na Simulação do Desempenho Térmico de Edificações. In: Encontro Nacional de Conforto no ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais [...]**. [S. l.]: ENTAC, 2009.

MILAN, V. B. **Desempenho térmico**: análise de uma edificação escolar padrão ProInfância instalada no município de Camaquã. 2015. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/138337>.

MODLER, N. L.; MACIEL, T. dos S.; LEITZKE, R. K.; CUNHA, E. G. da; RHEINGANTZ, P. A. Avaliação de conforto térmico: aproximação experimental entre uma simulação computacional e um percurso walkthrough. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2020. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/891>. Acesso em: 28 jul. 2024.

NICO-RODRIGUES, E. A. **Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente**. 2015. 176 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Construção e Desenho, Universidad del Bio-Bío, Concepción, 2015. Disponível em: https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/tese_final_nico-rodrigues_0.pdf. Acesso em: 28 jul. 2024.

PAES, R. F. S.; BASTOS, L. E. G. Qualidade ambiental na edificação: o caso das escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro. **Paranoá**, Brasília, v. 1, n. 12, p. 131- 140, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/10761>. Acesso em: 28 jul. 2024.

PEDRINI, A.; SZOKOLAY, S. The Architects Approach to the Project of Energy Efficient Office Buildings in Warm Climate and the Importance of Design Methods. In: BUILDING SIMULATION, 9., 2005, Montreal. **Proceedings** [...], Montreal: IBPSA, 2005.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology And Earth System Sciences**, [S. l.], v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 11 out. 2007. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/11/1633/2007/>. Acesso em 28 jul. 2024.

QUINTANA, L. C.; MACIEL, T. dos S.; DUARTE, C. de M.; BELTRAME, C. M.; LEITZKE, R. K.; PEGLOW, J. da S.; RHEINGANTZ, P. A.; CUNHA, E. G. da. Avaliação do nível de conforto térmico de dois projetos de EMEIs a serem construídas na cidade de Pelotas/RS – ZB2. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC, 14.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ELACAC, 10., 2017, Balneário Camboriú. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2017. p. 594–603.

RITTER, V.; MODLER, N.; MACIEL, T.; FREITAS, F.; CUNHA, E.; RHEINGANTZ, P. A. Avaliação do nível de conforto térmico de escola infantil com projeto-padrão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 467–476. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1374>. Acesso em: 28 jul. 2024.

ROSA, T. F.; SEDREZ, M. M.; SATTLER, M. A. Conforto ambiental em um contexto de sustentabilidade: o Protótipo Alvorada. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 12, n. 22, p. 91-106, jan. 2001. Disponível em: <https://cienciaeambiente.com.br/22-2/>. Acesso: 30 jul. 2024.

SANTOS, L. G. R.; DANTAS, P. R.; MACIEL, A. C.; CALDAS, L. R.; CRISTAKOU, E. D.; SPOSTO, R. M. Simulação computacional termoenergética na arquitetura. Avaliação do desempenho térmico de uma edificação de ensino localizada em Brasília DF. **Arquitextos**, São Paulo, ano 17, n. 203.04, abr. 2017. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.203/6525>. Acesso em: 28 jul. 2024.

SARTORI, G. **Avaliação do impacto da orientação solar no conforto e desempenho térmico de projeto padrão de pré-escola do Programa Proinfância nas zonas bioclimáticas brasileiras**. 2019. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/212978/001116913.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 jul. 2024.

SCHERER, P.; GRIGOLETTI, G. de C. Avaliação de estratégias de ventilação natural para salas de aula em clima subtropical úmido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 23-57, jan. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/kSWBJ4c8hXkDv4d3W8bBHYt/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SEVERO, A. G. K. S. **Análise de estratégias bioclimáticas em edificações escolares**: um estudo de caso na E.E.B. Profa. Isabel flores Hübbe em Araranguá/SC. 2022. 176 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) - Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/232825>.

SPAGNUOLO, A.Y. N.; SILVEIRA, G. W. P. da; SERRANO, A. da C.; FARIA, O. B.; MAGAGNIN, R. C. Conforto térmico de edifício escolar padrão Proinfância tipo B em três regiões bioclimáticas brasileiras distintas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 439–447. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1371>. Acesso em: 28 jul. 2024.

STAZI, F.; NASPI, F.; D'ORAZIO, M. Modelling window status in school classrooms. Results from a case study in Italy. **Building and Environment**, v. 111, p. 24–32, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231630405X>. Acesso em: 28. jul. 2024.

VELD, P. O. Introduction to EC RESHYVENT–EU cluster project on demand controlled hybrid ventilation for residential buildings. **Building And Environment**, [S. l.], v. 43, n. 8, p. 1342-1349, ago. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132307000455>. Acesso em: 30 jul. 2024.

VENDRAMI, J. M.; MIZGIER, M. O. Incertezas nos dados climáticos em simulações de ventilação natural e concentração de CO2 em salas de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–12. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2016>. Acesso em: 28 jul. 2024.

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. de C. T. O conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2, n. 20, p. 100-139, dez. 2013. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/2147/2402>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ZHANG, Y.; BARRETT, P. Factors influencing the occupants' window opening behaviour in a naturally ventilated office building. **Building and Environment**, [S. l.], v. 50, p. 125–134, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132311003672>. Acesso em 28 jul. 2024.

WONG, N. H.; KHOO, S. S. Thermal comfort in classrooms in the tropics. **Energy and Buildings**, [S. l.], v.35, p.337-351, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778802001093>. Acesso em: 28 jul. 2024.