XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8649

Resiliência térmica de edifícios escolares submetidos a ondas de calor presentes e futuras

Thermal resilience of school buildings subjected to current and future heatwaves.

Júlia Abreu Hendler
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | j238065@dac.unicamp.br
Mariane Rodrigues Vilela
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | m250538@dac.unicamp.br
Letícia de Oliveira Neves
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil |lneves@unicamp.br

Resumo

A temperatura global tem aumentado consistentemente, intensificando ondas de calor que tornam as escolas ambientes críticos devido à vulnerabilidade de crianças e adolescentes. Este estudo investiga a resiliência térmica de uma escola pública naturalmente ventilada durante ondas de calor. A edificação foi simulada no software EnergyPlus utilizando arquivos climáticos típicos e de ondas de calor para os períodos atual (histórico) e cenários futuros. A análise focou em salas de aula, empregando os indicadores: Grau de Superaquecimento Interno (IOD), percentual de horas em faixas de temperatura e temperatura operativa máxima. Os resultados indicam que as temperaturas internas excederam os limites de conforto durante as ondas de calor, com o IOD atingindo valores até 238% superiores em cenários futuros em relação ao histórico. Observou-se ainda uma elevação de 6,8 °C nas temperaturas máximas internas nas projeções futuras. Tais achados evidenciam a urgência de estratégias projetuais voltadas à adaptação e à resiliência térmica de edifícios escolares frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Escolas. Mudanças climáticas. Simulação de desempenho de edificações. Superaquecimento.

Abstract

Global surface temperatures have risen consistently over the past decade, accompanied by the intensification of heat waves. In this context, schools stand out as critical environments, as they house children and adolescents in conditions of heightened vulnerability. This study investigates the thermal resilience of a naturally ventilated public school in the city of São Paulo during heatwave. The building was simulated in the EnergyPlus software using typical meteorological files and heatwave files for present and future scenarios. The analysis focused on the classrooms and used the following indicators: internal overheating degree (IOD), Percentage of occupied hours within the operative temperature range, and maximum indoor operative temperature. The results indicate that indoor temperatures exceed thermal comfort thresholds during heatwaves, with IOD values up to 238% higher in future scenarios. An increase of 6.8 °C in maximum indoor temperatures was also observed in the future scenario. These results highlight the importance of developing design strategies focused on the adaptation and thermal resilience of school buildings.

Keywords: Thermal comfort. School building. Climate change. Building performance simulation. Overheating.

Como citar:
HENDLER, J. VILELA, M. NEVES, L. Resiliência térmica de edifícios escolares submetidos a ondas de calor presentes e futuras ENTAC 2026. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8649

INTRODUÇÃO

A temperatura média global tem aumentado, em especial nos últimos 10 anos, tornando as ondas de calor cada vez mais frequentes [1][2][3]. Dentre os grupos mais impactados pelo crescimento das ondas de calor estão as crianças, afetadas desproporcionalmente, devido a sua maior vulnerabilidade fisiológica [4]. O Brasil figurou entre a lista de países com o sistema educacional afetado por fenômenos decorrentes de mudanças climáticas [5], o que ressalta a importância de avaliar a resiliência térmica de edificações escolares, pois as ondas de calor não apenas afetam a saúde das crianças, mas também podem prejudicar sua educação.

No âmbito do *Annex* 80, iniciativa da Agência Internacional de Energia, Machard *et al* [6] desenvolveram arquivos climáticos representativos de anos futuros e de anos de ondas de calor, no intuito de auxiliar no desenvolvimento de simulações preditivas. O estudo abordou 15 cidades globais, dentre as quais São Paulo - SP. A identificação das ondas de calor baseou-se na metodologia de Ouzeau *et al* [7], que compreende a análise de três percentis de distribuição da temperatura média diária, a partir do período histórico de referência (2001 – 2020): limiar de 99,5% (detecta o início da onda de calor), limiar de 97,5% (indica a duração da onda de calor e o acúmulo de calor que representa) e limiar de 95% (indica o fim de uma onda de calor). As ondas de calor detectadas por meio dos limiares propostos são caracterizadas pelos autores por meio de três critérios: duração (em dias), intensidade (temperatura máxima diária atingida durante a onda de calor) e severidade (acúmulo de calor acima do limiar de 97,7%). Dessa forma, para a cidade de São Paulo-SP, o início de uma onda de calor é identificado quando as temperaturas atingem valores iguais ou superiores a 28,3 °C.

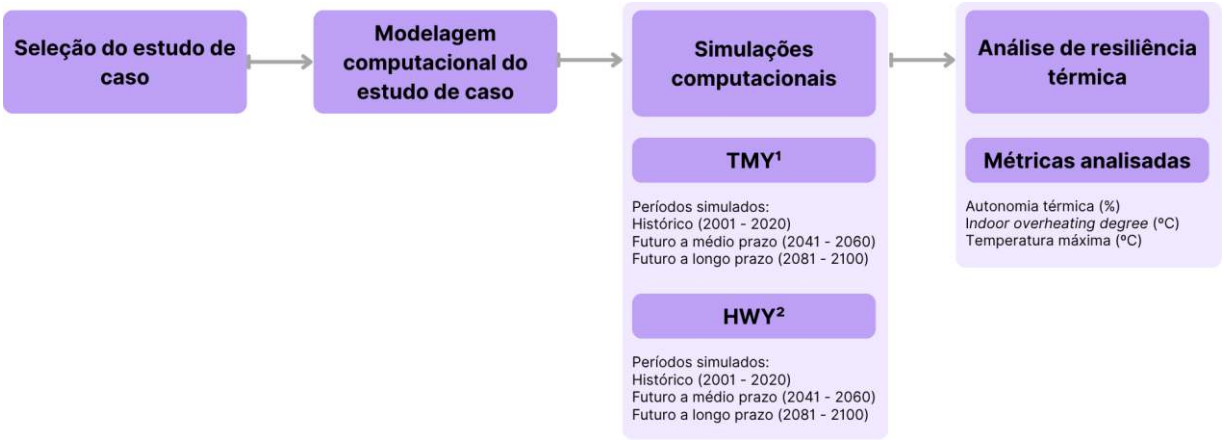
Não há consenso sobre a definição de resiliência térmica no contexto das edificações [8] tampouco sobre os métodos para mensurá-la. Nesse trabalho, será utilizada a definição de Attia *et al* (2021) [9] a respeito da resiliência térmica de um edifício frente a ondas de calor, a qual é entendida a partir das características que compõem um sistema resiliente. Essas características incluem: vulnerabilidade (sensibilidade ao evento extremo), resistência (capacidade de manter desempenho), robustez (resposta ao choque) e recuperação (retorno às funções após o evento), e são associadas às etapas que um edifício experimenta frente a um choque causado por um evento extremo, como uma onda de calor [9]. Essas etapas são mensuradas através de indicadores, os quais foram adotados na presente pesquisa para representar os estágios de resistência e robustez, com o objetivo de avaliar a resiliência térmica de uma escola naturalmente ventilada, localizada em clima subtropical úmido, frente a ondas de calor.

MÉTODO

O objeto de estudo desta pesquisa é a resiliência térmica de escolas naturalmente ventiladas, localizadas na cidade de São Paulo - SP, cujo clima é classificado como subtropical úmido (Cwa), de acordo com a classificação climática de Köppen Geiger

[10], ou frio com inverno moderado (zona bioclimática 2M), de acordo com a ABNT NBR 15220-3 [11]. A Figura 1, a seguir, retrata a organização e distribuição da pesquisa.

Figura 1: Fluxograma do método



Legenda:
1. TMY – *Typical Meteorological year*
2. HWY – *Heatwave year*

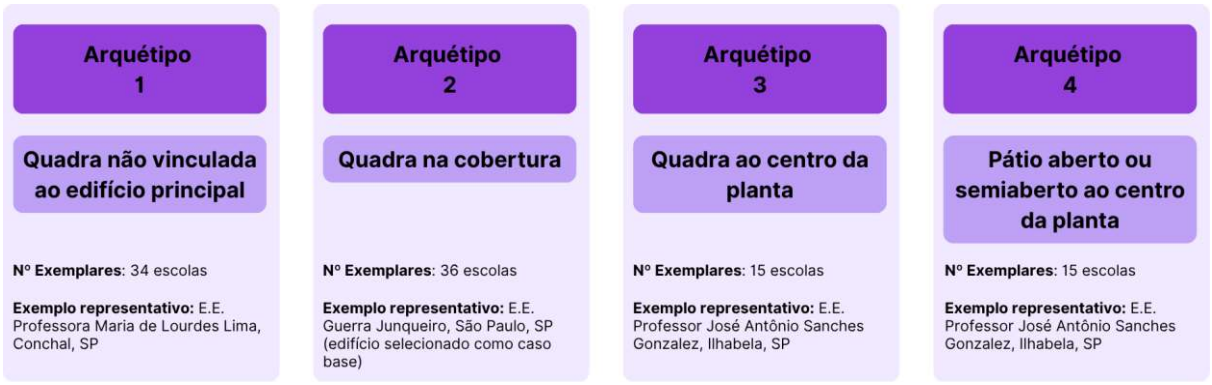
Fonte: as autoras.

SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A definição da escola utilizada como caso base partiu da análise de um banco de dados que contempla 91 escolas projetadas e construídas pela Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) do estado de São Paulo. O banco de dados foi construído com o intuito de criar uma catalogação das escolas de acordo com critérios projetuais e suas implicações térmicas e luminosas. Os projetos executivos de escolas construídas pela fundação a partir de 2011 foram obtidos por contato com a FDE.

Como um dos resultados obtidos através do banco de dados, foram identificados quatro arquétipos predominantes. A definição de cada arquétipo se deu com base em um elemento norteador - relação entre a quadra de esportes e o restante do edifício - e variações relativas à ventilação, iluminação e estratégias de projeto. Essa relação interfere marcadamente na volumetria geral da edificação e, consequentemente, tanto em sua transferência de calor com o meio externo como em suas possibilidades de uso de estratégias de ventilação e iluminação naturais. Os arquétipos identificados estão sintetizados na Figura 2:

Figura 2: Arquétipos identificados



Fonte: as autoras.

A partir da definição dos arquétipos, a escola E.E. Guerra Junqueiro, localizada na cidade de São Paulo, foi selecionada como caso base para a etapa de simulação. Essa escola faz parte do arquétipo dois, predominante dentre as escolas do banco de dados.

MODELO COMPUTACIONAL DO ESTUDO DE CASO

A escola selecionada possui área construída de 3.363,93 m² e é composta por quatro pavimentos (Figuras 3 e 4). Possui 12 salas de aula de 7,20m x 7,08m distribuídas no primeiro e segundo pavimentos, com ventilação cruzada pelo corredor central interno à edificação e quadra de esportes na cobertura.

Figura 1: Vista aérea E. E. Guerra Junqueiro (demarcada em vermelho) e entorno imediato



Fonte: Google, 2026 [12].

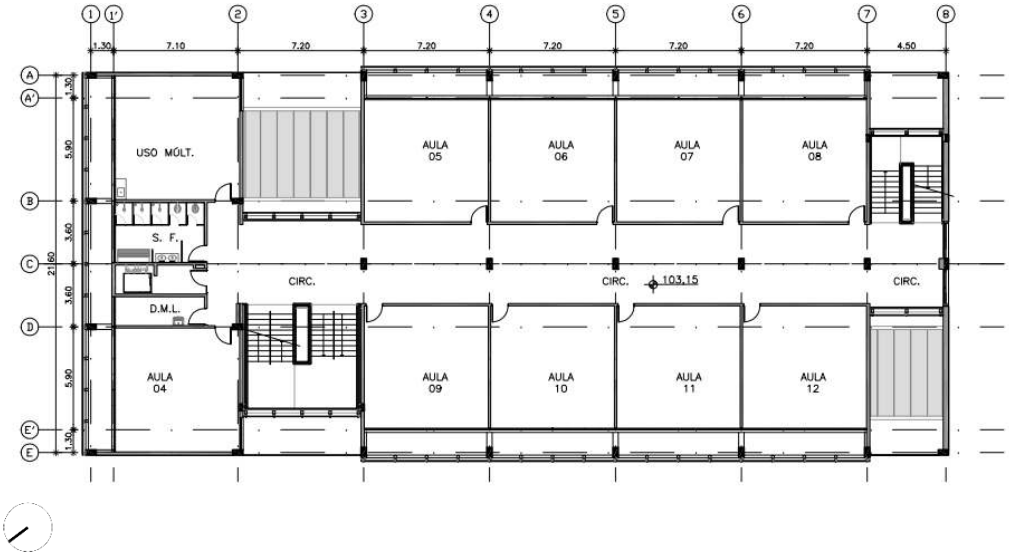
Figura 4: Fachada da Escola Estadual Guerra Junqueiro



Fonte: Google, 2026 [13].

Para a construção do modelo de simulação foram utilizados os parâmetros de geometria e envoltória disponíveis nos desenhos técnicos do edifício. A modelagem se concentrou nos pavimentos dois e três - o pavimento dois por ser o mais representativo de salas de aula, e o pavimento três por conter a quadra de esportes, que está em contato direto com a laje da cobertura das salas de aula. A Figura 5 apresenta a planta do segundo pavimento e a Figura 6 apresenta o zoneamento térmico do modelo de simulação.

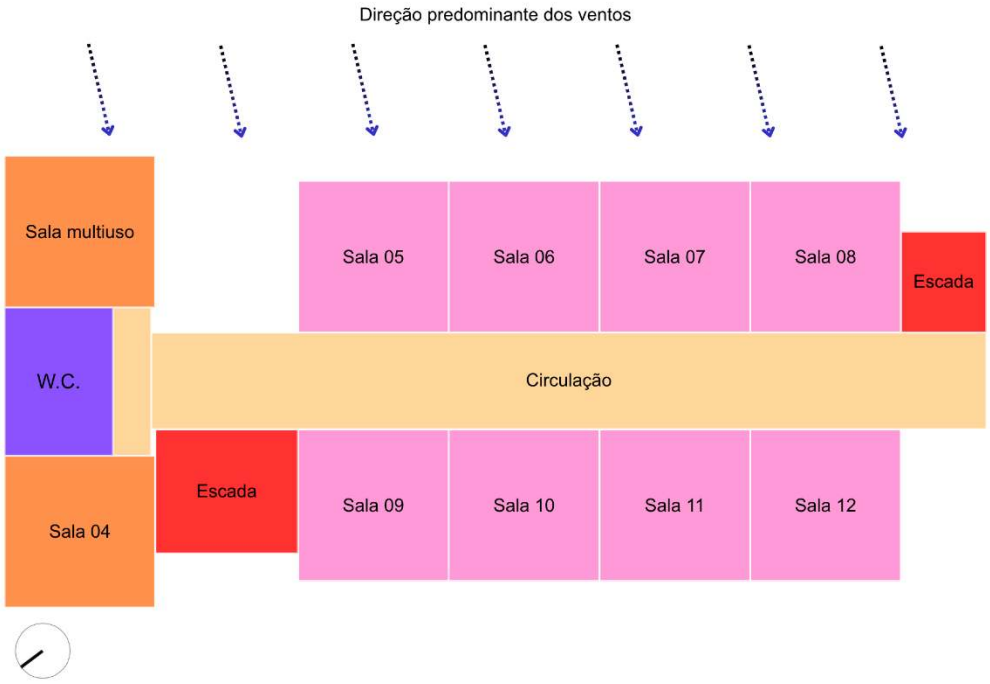
Figura 5: Caso base - planta baixa do segundo pavimento



Fonte: FDE, 2025 [14].

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8649

Figura 6: Zoneamento térmico do pavimento dois do caso base



Fonte: as autoras.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

As Tabelas 1 e 2 apresentam os dados de entrada de propriedades térmicas da envoltória, padrão de uso e ocupação e cargas internas utilizados no modelo computacional da escola. Os dados foram baseados em leitura de projeto e na Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) [15].

Tabela 1: Propriedades térmicas de componentes construtivos.

Componentes construtivos	Materiais	Propriedades térmicas
Paredes externas	Bloco de concreto com pintura branca dos dois lados – 19cm	U = 3,08 W/m²/K
Cobertura – quadra esportiva	Telha de poliéster	U = 5,00 W/m²/K
Cobertura - demais ambientes	Telha de poliéster e laje de concreto armado – 15cm	U = 2,05 W/m²/K
Vidros	Vidro simples incolor – 0,6cm	U = 5,7 W/m²K Fator solar = 0,8

Fonte: as autoras.

Tabela 2: Padrão de uso e ocupação e cargas internas.

Parâmetros	Dados de entrada
Período de ocupação semanal	Segunda a sexta-feira 7:00h – 12:00h / 13:00h – 17:00h
Período de ocupação anual	Fevereiro – junho / agosto - novembro
Ocupação	26 pessoas por sala (25 alunos + 1 professor)
Taxa metabólica	108 W
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m^2)	15 W/m^2
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m^2)	15,5 W/m^2
Modelo de conforto térmico	Modelo adaptativo [16]
Vestimentas	0,5 CLO

Fonte: as autoras.

A ventilação natural foi modelada pelo módulo *Airflow Network*, utilizando a base de dados do próprio EnergyPlus para gerar dados de coeficiente de pressão, considerando o edifício isolado. O fator de abertura das janelas foi considerado de maneira a agregar o fator de abertura da própria janela (veneziana com 45° de abertura) e a existência do brise em painel metálico perfurado (com 35% de área perfurada), resultando em um fator de abertura de 0,105 (ou 10,5% do total do vão). O coeficiente de descarga utilizado para portas e janelas foi de 0,6. A abertura ou fechamento das janelas foi modelada conforme normativa INI-C [15], de modo que as janelas foram consideradas abertas quando a temperatura era igual ou superior a 19 °C, durante os períodos de ocupação. As portas foram consideradas fechadas.

Para o pavimento selecionado para a simulação, a troca de calor com o solo foi considerada adiabática, pois não há contato direto entre o pavimento selecionado e o solo.

A simulação foi conduzida utilizando-se os arquivos climáticos elaborados por Machard *et al* [17], sendo três do tipo *Typical Meteorological Year* (TMY) e seis do tipo *Heatwave Year* (HWY). Os períodos contemplados pelos arquivos são o período histórico (anos 2001 – 2020), futuro a médio prazo (anos 2041 – 2060) e futuro a longo prazo (anos 2081 – 2100), sendo os arquivos TMY baseados em um conjunto de 20 anos e os HWY baseados em um ano específico contendo ondas de calor. As ondas de calor representadas nos HWY podem ser de três tipos: a mais intensa, a mais longa e/ou a mais severa de um dado período, podendo haver sobreposição entre uma e outra, de forma que o total de arquivos disponíveis pode ser organizado da seguinte forma (Tabela 3):

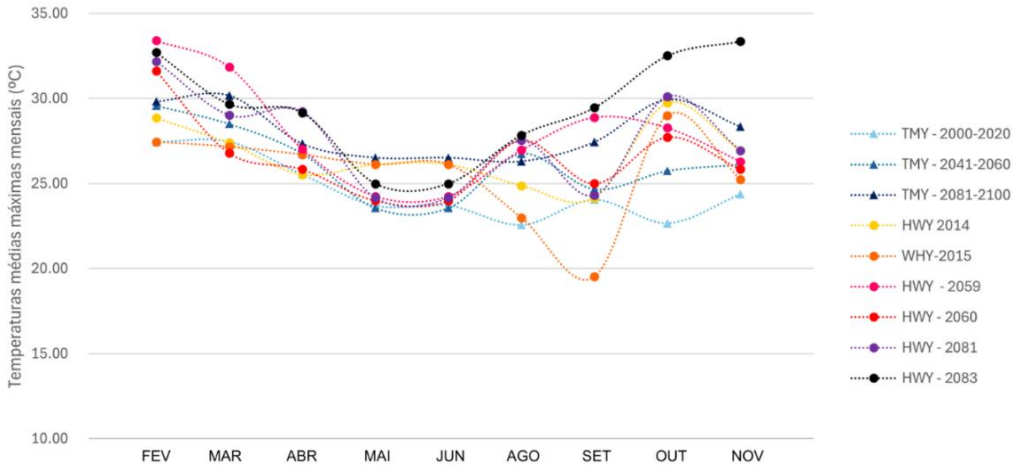
Tabela 3: Conjunto de arquivos climáticos de São Paulo.

Tipo	Período de referência	Tipo de onda de calor	Anos de referência
TMY	Histórico	-	2001 – 2020
	Futuro – médio prazo		2041 – 2060
	Futuro – longo prazo		2081 – 2100
HWY	Histórico	Mais intensa	2014
		Mais severa e mais longa	2015
	Futuro – médio prazo	Mais severa e mais longa	2059
		Mais intensa	2060
	Futuro – longo prazo	Mais longa	2081
		Mais severa e mais intensa	2083

Fonte: as autoras.

A Figura 7 apresenta um comparativo dos arquivos climáticos, relativos às temperaturas médias máximas mensais, para visualização e comparação. Nota-se maior flutuabilidade de dados nos arquivos HWY, em função de representarem um ano específico e não típico. As Figuras 8 a 10 apresentam a demarcação das ondas de calor mais intensas encontradas nos arquivos histórico e futuros, para visualização da progressão ao longo do tempo.

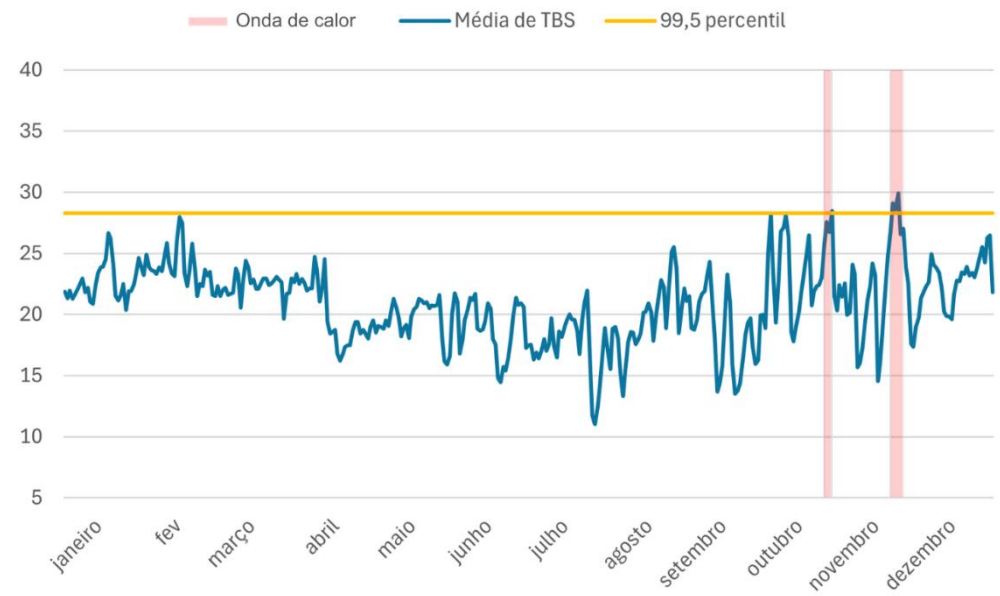
Figura 7: Média das temperaturas máximas mensais dos arquivos climáticos.



Fonte: as autoras.

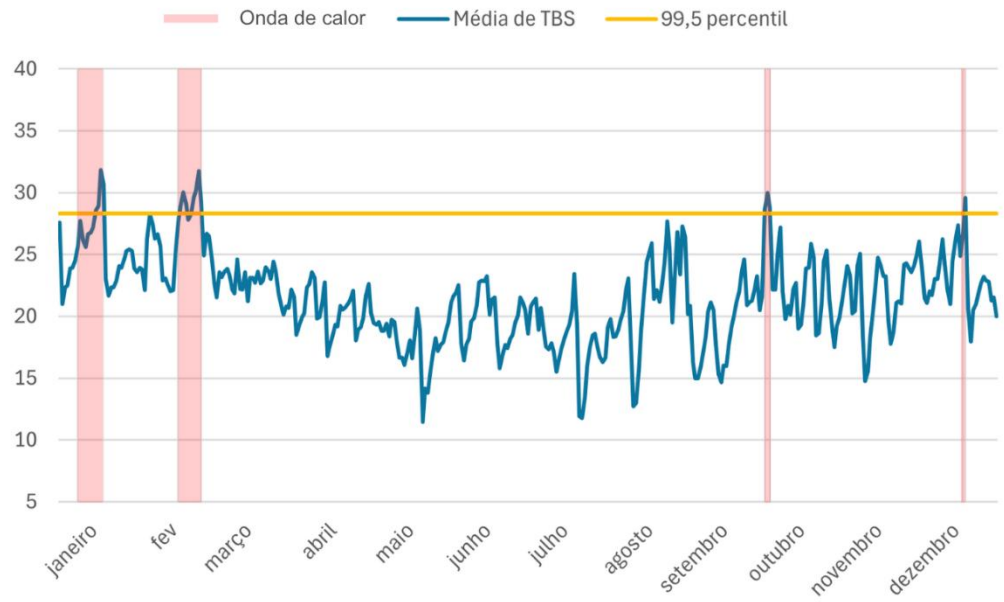
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8649

Figura 8: Ano de 2014 com demarcação de ondas de calor – mais intensa.



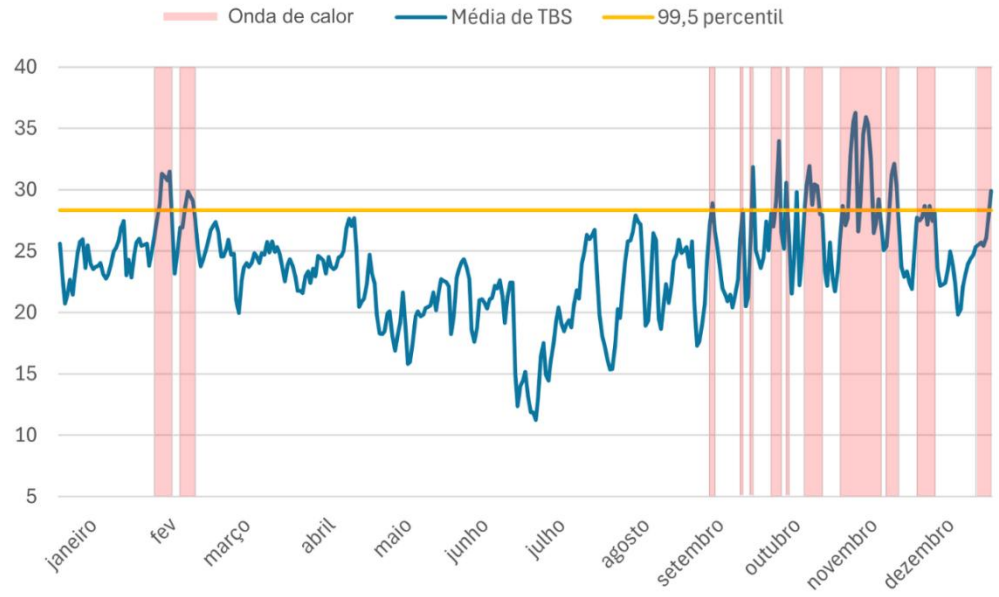
Fonte: as autoras.

Figura 9: Ano de 2060 com demarcação de ondas de calor - mais intensa.



Fonte: as autoras.

Figura 10: Ano de 2083 com demarcação de ondas de calor mais intensa e severa.



Fonte: as autoras.

Na primeira rodada de simulação foi utilizado o arquivo climático TMY histórico, visando selecionar as salas de aula com o melhor e o pior desempenho térmico. Na segunda rodada foram utilizados os arquivos HWY, com enfoque nas salas selecionadas na primeira rodada.

FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para obter o diagnóstico dos edifícios em termos da resiliência térmica, foram utilizados os seguintes indicadores propostos por Attia *et al* [9] e adotados por Krelling *et al* [8]:

- Grau de superaquecimento interno (C°) (*Indoor overheating Degree* - IOD): utilizado para "quantificar o risco de superaquecimento interno considerando a intensidade e frequência em que ocorre" [18, p. 309] Compõe o estágio de resistência, considerando o sistema resiliente.

- Temperatura máxima (°C) (Tmáx): refere-se à temperatura máxima em um ambiente durante sua ocupação. Compõe o estágio de robustez do sistema analisado.

- Percentual de horas na faixa de temperatura (%) (PHFT): também referenciado como autonomia térmica [8], é utilizado como indicador da porcentagem de tempo em que um ambiente se encontra dentro de um limite de conforto térmico sem o auxílio de estratégias mecânicas de climatização. Para o presente trabalho, o intervalo de conforto térmico adaptativo da ASHRAE 55 [16] foi considerado. Compõe o estágio de resistência do sistema analisado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SIMULAÇÃO DO CASO BASE COM TMY HISTÓRICO (2001-2020)

A Tabela 4 apresenta os resultados de IOD e Tmax para as salas 05 a 12 (vide Figura 6). Os resultados indicaram as salas 11 e 8 como as de pior e melhor desempenho térmico, respectivamente. O PHFT calculado para a sala 8 foi de 65% e para a sala 11 foi de 64%, demonstrando pouca variação de desempenho térmico anual, apesar da diferença em orientação solar e exposição aos ventos dominantes.

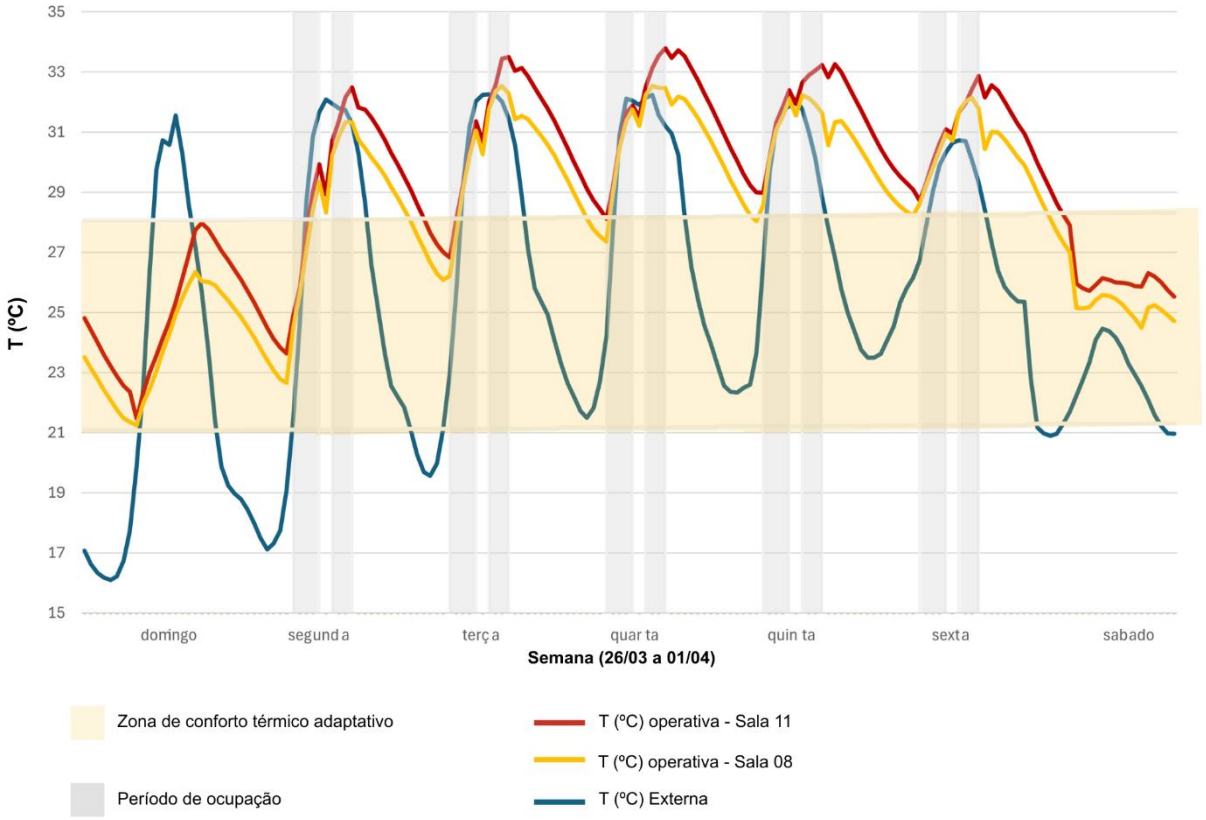
Tabela 4: IOD e Tmáx das salas de aula para o TMY histórico (2001 – 2020)

Sala de aula	IOD (°C)	Tmax (°C)
05	0,45	34,1
06	0,33	33,9
07	0,32	33,9
08	**0,30**	**33,8**
09	0,35	34,2
10	0,37	34,2
11	**0,39**	**34,3**
12	0,36	34,3

Fonte: as autoras.

Para ilustrar o comportamento térmico das salas de aula em momentos de calor, foi identificada e selecionada a semana mais quente do arquivo TMY histórico, para a qual foram comparadas as salas 08 e 11 (Figura 11). Os resultados mostram que as salas de aula se encontram fora da faixa de conforto térmico durante a maior parte do tempo. Apesar de os valores anuais de PHFT terem se mostrado próximos, para a semana mais quente é possível perceber a diferença no desempenho térmico entre as salas, chegando a ser de 2,3 °C entre ambas.

Figura 2: Salas 08 e 11 – semana mais quente.



Fonte: as autoras.

SIMULAÇÃO DO CASO BASE COM ARQUIVOS CLIMÁTICOS FUTUROS

A sala 11, de pior desempenho térmico, foi analisada em função dos resultados de IOD e Tmax para os arquivos climáticos do tipo HWY e TMY dos três períodos. Os resultados são apresentados na Tabela 5 e na Figura 18.

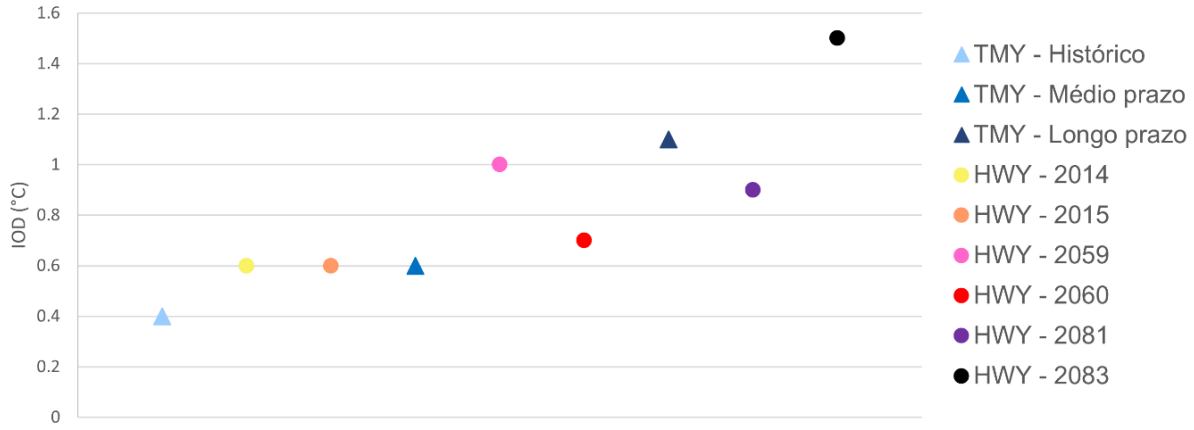
Tabela 5: IOD e Tmax para a sala 11 - arquivos climáticos HWY e TMY.

Arquivo climático	Ano	IOD (°C)	Tmax (°C)
TMY histórico	2001 – 2020	0,39	34,3
TMY médio prazo	2041 – 2060	0,58	36,2
TMY longo prazo	2081 – 2100	0,93	41,1
HWY (onda de calor mais intensa)	2014	0,59	35,8
HWY (onda de calor mais severa e mais longa)	2015	0,61	35,9
HWY (onda de calor mais severa e mais longa)	2059	1,02	37,8
HWY (onda de calor mais intensa)	2060	0,71	37,6
HWY (onda de calor mais longa)	2081	0,92	37,8
HWY (onda de calor mais severa e mais intensa)	2083	1,53	41,7

Fonte: as autoras.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8649

Figura 3: Comparativo de valores de IOD (°C) para a sala 11



Fonte: as autoras.

Observa-se um aumento das temperaturas ao longo do tempo, sendo que os maiores valores de IOD e Tmax ocorrem em anos de ondas de calor, em comparação com anos típicos (com exceção do ano de 2081). Tendo o período histórico como base para comparação, percebe-se um aumento do valor de IOD de 238% no futuro a longo prazo (TMY 2081 – 2100), em relação ao TMY histórico. Para o ano com onda de calor mais severa e mais intensa, 2083, o aumento foi de 392%, o que evidencia a intensidade do superaquecimento em eventos futuros. Estudos que também abordam ondas de calor em climas presentes e futuros apontam resultados similares, indicando aumento da gravidade do superaquecimento interno dos ambientes em vários locais do mundo.

Sengupta *et al* [19] também utilizaram os arquivos de Machard *et al* [6] como base para suas simulações de choques sistêmicos e ondas de calor, em estudo realizado para um edifício escolar na Bélgica. Os resultados indicaram dificuldade crescente de se remover o calor do ambiente durante uma onda de calor. Baba *et al* [20] utilizaram os mesmos períodos e cenários futuros definidos por Machard *et al* [6] para elaborar arquivos climáticos de ondas de calor para o Canadá. Os autores analisaram o desempenho térmico de duas escolas, em períodos de superaquecimento. Seus resultados indicaram, para uma das escolas analisadas, um aumento médio de mais de 100% na quantidade de horas em superaquecimento nas salas de aula, comparando-se o cenário de 2044 com o de 2020. Embora o superaquecimento de ambientes escolares durante ondas de calor seja uma tendência comum a esses diferentes contextos, ressalta-se a vulnerabilidade acentuada no caso em questão - localizado em clima subtropical - em que mesmo no cenário climático atual apresenta problemas e limitações.

CONCLUSÕES

Nesse estudo, a resiliência térmica de uma escola pública naturalmente ventilada foi avaliada considerando-se cenários climáticos futuros e períodos de ondas de calor. Os resultados indicam diferença significativa entre as salas de aula de melhor e pior desempenho térmico (2,3 °C), durante a semana mais quente do período histórico analisado. Para os cenários futuros, percebe-se o aumento acentuado da temperatura

interna máxima e no IOD no cenário mais crítico (2083) em relação ao período de referência (2001-2020), de 7,4 °C e 392%, respectivamente. Os estágios de resiliência analisados indicaram, portanto, baixa resistência e robustez do sistema (no caso, a edificação escolar).

Expõe-se, dessa forma, as dificuldades presentes e futuras que as escolas enfrentarão em cenários de superaquecimento, o que evidencia a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre a eficácia de estratégias passivas de resfriamento frente ao aumento da frequência e intensidade das ondas de calor, sobretudo em regiões de clima quente, onde a adaptação passiva pode ser tanto uma solução viável quanto um desafio técnico.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa é financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP (2025/12557-7) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (88887.189493/2025-00).

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou GPT – 5.5 para tradução e melhoria de coesão do texto. Após a utilização da ferramenta/serviço, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE**. 2024 is the first year to exceed 1.5°C above preindustrial level** | Copernicus, 2025. Disponível em: https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-preindustrial-level. Acesso em: 30 mar. 2025.

[2] NOAA NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION. **Monthly Global Climate Report for Annual 2024**, 2025. Disponível em: https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202413. Acesso em: 30 mar. 2025.

[3] CALVIN, K. *et al* **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate.** Geneva, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/. Acesso em: 30 mar. 2025.

[4] OFFICE OF THE UNITED NATIONS HIGH COMMISSIONER FOR HUMAN RIGHTS. **Promotion and protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development**, 2017. Disponível em: https://www.ohchr.org/en/documents/reports/ahrc3513-analyticalstudy-relationship-between-climate-change-and-full-and. Acesso em: 19 abr. 2025.

[5] UNICEF. **LEARNING INTERRUPTED: Global snapshot of climate-related school disruptions in 2024**, 2025. Disponível em:

https://www.unicef.org/guatemala/en/reports/learning-interrupted-global-snapshotclimate-related-school-disruptions-2024. Acesso em: 20 abr. 2025.

[6] MACHARD, A. *et al* Typical and extreme weather datasets for studying the resilience of buildings to climate change and heatwaves. **Scientific Data**, v. 11, n. 1, p. 531, 2024.

[7] OUZEAU, G. *et al* Heat waves analysis over France in present and future climate: Application of a new method on the EURO-CORDEX ensemble. **Climate Services**, v. 4, p. 1–12, 2016.

[8] KRELLING, A. F. *et al* A simulation framework for assessing thermally resilient buildings and communities. **Building and Environment**, v. 245, p. 110887, 2023.

[9] ATTIA, S. *et al* Resilient cooling of buildings to protect against heat waves and power outages: Key concepts and definition. **Energy and Buildings**, v. 239, p. 110869, 2021.

[10] INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS (IAG/USP)**. Estação Meteorológica do IAG/USP**. Disponível em: http://www.estacao.iag.usp.br/seasons/index.php#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20classifica%C3%A7%C3%A3o, e%20um%20ver%C3%A3o%20bastante%20chuvoso. Acesso em: 30 maio 2025.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2024.

[12] GOOGLE. Mapa contendo a localização da Escola Estadual Guerra Junqueiro. **Google maps**, 2026. Disponível em: https://maps.app.goo.gl/6GjBX3Y6Mh4K53wz7. Acesso em abril de 2026

[13] GOOGLE. Vista da fachada da Escola Estadual Guerra Junqueiro. **Google Street View, 2026**. Disponível em https://maps.app.goo.gl/75HrQVe3U1GDYa3y9 . Acesso em abril de 2026

[14] FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **A FDE**, Disponível em: https://www.fde.sp.gov.br. Acesso em: 30 mai. 2025.

[15] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **INI-C** - Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Brasília, DF: Inmetro, 2022.

[16] ASHRAE. **ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2023. Disponível em: https://www.ashrae.org/technicalresources/standards-and-guidelines/read-onlyversions-of-ashrae-standards. Acesso em: 20 março 2026.

[17] MACHARD, A. *et al IEA EBC Annex 80 "Typical and extreme weather datasets for studying the resilience of buildings to climate change" (Version 1.0)*. **World Data Center for Climate (WDCC).** Disponível em: https://doi.org/10.26050/WDCC/WDTF_Annex80_build_v1.0. Acesso em abril 2026

[18] HAMDY, M. *et al* The impact of climate change on the overheating risk in dwellings—A Dutch case study. **Building and Environment**, v. 122, p. 307–323, 2017.

[19] SENGUPTA, A. *et al* Impact of heatwaves and system shocks on a nearly zero energy educational building: is it resilient to overheating? **Building and Environment**, v 234, p 110152, 2023.

[20] BABA, F. M. *et al* Comparing overheating risk and mitigation strategies for two Canadian schools by using building simulation calibrated with measured data. **Journal of Building Performance Simulation**, 19:1, 67-85 2023.