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.v21i1.8495

Impacto de cenários climáticos futuros nas condições térmicas de escolas em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras

Impact of future climate scenarios on the thermal conditions in schools in different bioclimatic zones of Brazil

Ellen Casanova
UFSC | Florianópolis | Brasil | ellen.casanova@posgrad.ufsc.br
Natasha Hansen Gapski
UFSC | Florianópolis | Brasil | natasha.gapski@gmail.com
Matheus Geraldi
UFSC | Florianópolis | Brasil | matheus.geraldi@posgrad.ufsc.br
Ana Paula Melo
UFSC | Florianópolis | Brasil | a.p.melo@ufsc.br
Roberto Lamberts
UFSC | Florianópolis | Brasil | roberto.lamberts@ufsc.br

Resumo

Este estudo avaliou o impacto de cenários climáticos futuros nas condições térmicas de um arquétipo de edificação educacional nas zonas bioclimáticas brasileiras, por meio de simulações no *EnergyPlus*. Os arquivos climáticos foram gerados pela ferramenta *Future Weather Generator* (FWG). Para os cenários futuros, consideraram-se SSP1-2.6 e SSP5-8.5 para 2050 e 2080, totalizando 60 combinações. A análise utilizou três indicadores: graus-hora de resfriamento (GHR), percentual de horas com temperatura operativa em condições aceitáveis sob ventilação natural, e cargas térmicas anuais. Os resultados indicaram aumento da temperatura do ar em todos os cenários e zonas, com maior demanda de resfriamento e redução das horas dentro dos limites de aceitabilidade. As zonas bioclimáticas mais quentes apresentam maiores cargas térmicas absolutas, enquanto as zonas mais amenas apresentam maior variação percentual, evidenciando maior sensibilidade às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Simulação computacional. Future Weather Generator (FWG).

Abstract

This study evaluated the impact of future climate scenarios on the thermal comfort of a standard educational building design in Brazilian bioclimatic zones, using EnergyPlus simulations. The climate data files were generated by the Future Weather Generator (FWG) tool. For the future scenarios, SSP1-2.6 and SSP5-8.5 were considered for 2050 and 2080, totaling 60 combinations. The analysis utilized three indicators: cooling degree-hours (CDH), percentage of hours with operating temperature within acceptable limits under natural ventilation, and annual thermal loads. The results indicated an increase in air temperature in all scenarios and zones, with higher cooling demand and a reduction in the number of hours within acceptable limits. The warmer bioclimatic zones exhibit higher absolute thermal loads, while the cooler zones exhibit a greater percentage variation, indicating greater sensitivity to climate change.

Keywords: Climate change. Computational simulation. Future Weather Generator (FWG).

CASANOVA, E.; GAPSKI, N. H.; GERALDI, M.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Impacto de cenários climáticos futuros nas condições térmicas de escolas em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. ENTAC 2026. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

Segundo o IPCC [1], o aquecimento global é evidente e predominantemente causado por atividades humanas, especialmente pelas emissões de gases de efeito estufa. Entre 2011 e 2020, a temperatura média global atingiu cerca de 1,1 °C acima dos níveis pré-industriais, podendo alcançar 3,2 °C até 2100 caso se mantenham as políticas vigentes. Além disso, é provável que o limite de 1,5 °C seja atingido já no curto prazo (2021–2040).

Esse cenário, associado ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos, tende a elevar a demanda energética das edificações, sobretudo no resfriamento, reforçando a necessidade de códigos construtivos mais rigorosos e estratégias de adaptação do ambiente construído.

Nesse contexto, ferramentas de simulação, como o *EnergyPlus* [2], desempenham papel fundamental ao permitir a análise das condições térmicas e das demandas energéticas sob diferentes condições climáticas [3]. Para isso, destacam-se geradores de arquivos climáticos futuros, como o *CCWorldWeatherGen* e o *Future Weather Generator* [4], que permitem incorporar projeções climáticas às simulações.

A literatura internacional tem explorado os impactos das mudanças climáticas em diferentes contextos, como reformas em escolas, edifícios de energia quase zero e avaliações de ciclo de vida [3]. No Brasil, estudos abordam incertezas climáticas [5], projeções de consumo energético [6] e impactos no desempenho térmico [7] e no conforto térmico, especialmente em habitações e edifícios naturalmente ventilados [8].

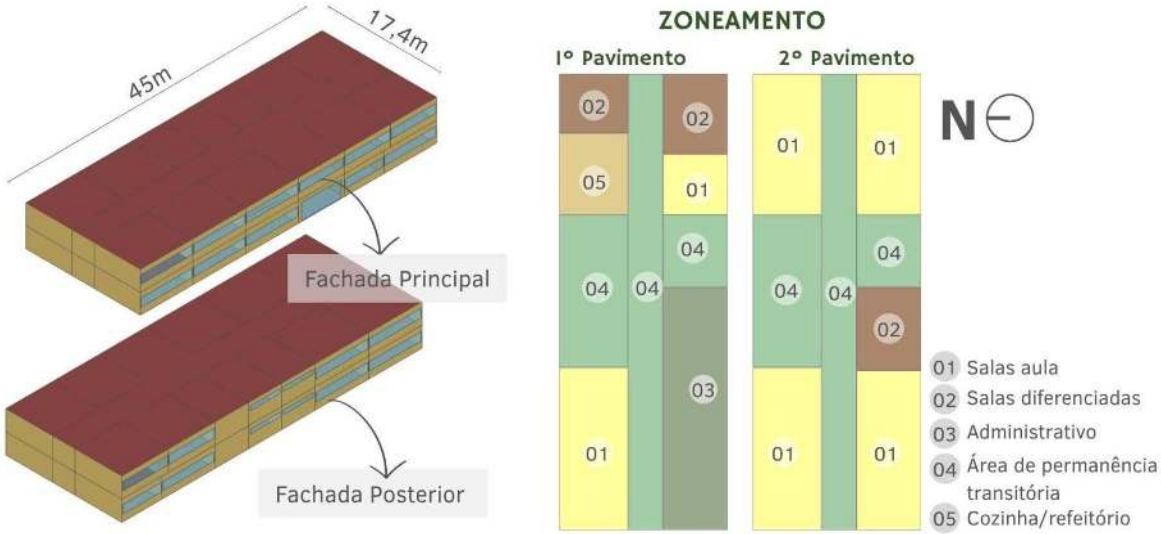
Iniciativas nacionais de avaliação do desempenho energético, como o sistema de Desempenho Energético Operacional (DEO), são fundamentais para compreender e comparar o consumo de energia em edificações não residenciais. Baseado em arquétipos representativos para estimar benchmarks, o DEO contribui para o avanço da eficiência energética no país. Considerando sua relevância, este estudo amplia essa abordagem ao incorporar cenários climáticos futuros, permitindo analisar como edificações representativas respondem a essas condições, em complemento aos dados históricos. Adota-se a tipologia educacional (ensino fundamental e médio), cuja ocupação predominantemente diurna coincide com períodos de maior temperatura externa e exige condições térmicas adequadas. Assim, o trabalho avalia o impacto dos cenários climáticos SSP1-2.6 e SSP5-8.5 no desempenho térmico do arquétipo escolar do PROCEL-DEO, abrangendo todas as zonas bioclimáticas brasileiras para uma análise comparativa dos efeitos das mudanças climáticas em diferentes contextos climáticos.

MÉTODO

O arquétipo (Figura 1) consiste em uma edificação de tipologia educacional do tipo “Escola de Ensino Fundamental e Médio”. A edificação possui dois pavimentos, com 45,0 m × 17,4 m × 3,0 m, totalizando 1.566 m² de área construída. O primeiro pavimento abriga áreas administrativas, salas de aula e espaços de apoio, como biblioteca, sala multiuso e cozinha, enquanto o segundo pavimento é

predominantemente composto por salas de aula e por laboratório de informática. As fachadas principais possuem 40% de área de abertura. O arquétipo é adotado conforme o estudo de Geraldi *et al.* (2025) [10]. Sua simulação foi realizada no programa *EnergyPlus* (v24.1.0), com base nas propriedades construtivas, cargas internas e padrões de ocupação definidos pela Instrução Normativa do Inmetro para Edificações Comerciais e de Serviços (INI-C) [11], considerando o modelo de referência. Foram consideradas duas abordagens de simulação. A primeira, voltada à avaliação do desempenho térmico em ventilação natural, utilizou o modelo "*AirFlowNetwork*". A segunda, destinada à estimativa das cargas térmicas anuais de aquecimento e resfriamento, empregou o objeto "*IdealLoads*", que representa um sistema idealizado de condicionamento de ar. Nessa abordagem, foram adotados *setpoints* de 21 °C para aquecimento e 24 °C para resfriamento.

Figura 1: Arquétipo Educacional



Fonte: Adaptado de Geraldi *et al.* (2025) [10].

Os arquivos climáticos foram gerados utilizando a ferramenta *Future Weather Generator* (FWG) [12], baseada no CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*), que disponibiliza cenários SSP (*Shared Socioeconomic Pathways*), integrando trajetórias socioeconômicas e diferentes níveis de forçamento radiativo (RCPs), e permite análises mais realistas das projeções futuras de emissões e seus impactos climáticos. A ferramenta FWG utiliza um arquivo EPW como dado de entrada e cria arquivos EPW considerando projeções futuras, utilizando modelos GCMs (*General Circulation Models*) e cenários de SSP escolhidos pelo usuário. A ferramenta FWG usa o período de 1958–2014 como período de referência para a projeção, porém, foram adotados arquivos TMYx 2009–2023 [14] como arquivos de entrada, por apresentarem maior confiabilidade, especialmente na radiação solar. Diante das incertezas inerentes aos arquivos climáticos e aos modelos, pequenas diferenças temporais não são consideradas significativas.

Foram adotados os cenários SSP1-2.6 e SSP5-8.5, considerando os horizontes de 2050 e 2080. O SSP1-2.6 representa um cenário otimista, com redução das emissões de CO_2, emissões líquidas zero após 2050 e aquecimento global limitado a cerca de 1,8 °C até

2100, associado ao desenvolvimento sustentável e menor intensidade de uso de recursos. Já o SSP5-8.5 é um cenário pessimista, com aumento expressivo das emissões, aquecimento de até 4,4 °C e forte dependência de combustíveis fósseis e alto consumo de energia e materiais [12][13].

As simulações foram realizadas para todas as zonas bioclimáticas definidas na ABNT NBR 15220-3 (2024) [15], adotando-se, em cada caso, o arquivo climático correspondente à cidade representativa de cada zona. O Quadro 1 apresenta as siglas das zonas bioclimáticas, suas respectivas cidades representativas e a temperatura média de bulbo seco.

Quadro 1 - Cidades representativas das zonas bioclimáticas brasileiras e respectivas temperaturas médias anuais (TMYx 2009–2023)

Zona Bioclimática	Cidade representativa	Temperatura de bulbo seco média anual (TBSm) [°C]
1R	Canela/RS	16,26
1M	Curitiba/PR	17,54
2R	Porto Alegre/RS	20,05
2M	São Paulo/SP	20,39
3A	Florianópolis/SC	21,20
3B	Brasília/DF	21,98
4A	Rio de Janeiro/RJ	24,38
4B	Goiânia/GO	24,27
5A	Recife/PE	25,91
5B	Cuiabá/MT	26,74
6A	Fortaleza/CE	27,12
6B	Petrolina/PE	27,53

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3 [15].

A ferramenta FWG gera arquivos climáticos agrupados a partir da média de GCMs selecionados. A escolha dos modelos GCMs para gerar o arquivo agrupado foi realizada com a ferramenta GCMEval [16], que ranqueia GCMs dos conjuntos CMIP5 e CMIP6 baseando-se no desempenho regional e sazonal. Foram priorizadas as regiões brasileiras Sudeste e Nordeste, e a Amazônia, resultando na seleção dos 10 melhores modelos para cada região, utilizados na geração dos arquivos climáticos por zona bioclimática.

A partir da criação dos arquivos climáticos futuros, foram realizadas 120 simulações do arquétipo educacional, combinando as 12 zonas bioclimáticas, os modelos de ventilação natural e carga térmica, os cenários climáticos atuais (TMYx 2009–2023) e futuros (SSP1-2.6 e SSP5-8.5) e os horizontes temporais de 2050 e 2080.

Com o objetivo de avaliar as condições térmicas do arquétipo escolar sob diferentes condições climáticas futuras, a análise deste estudo consiste em três partes:

- Avaliação climática, por meio do índice de Graus-hora de resfriamento (GHR, base 26 °C), calculado como a soma cumulativa das diferenças positivas entre a temperatura externa horária de bulbo seco e a temperatura base de 26 °C.
- Avaliação da temperatura operativa média de todas as salas de aula por meio do cálculo do percentual de horas ocupadas dentro dos limites de

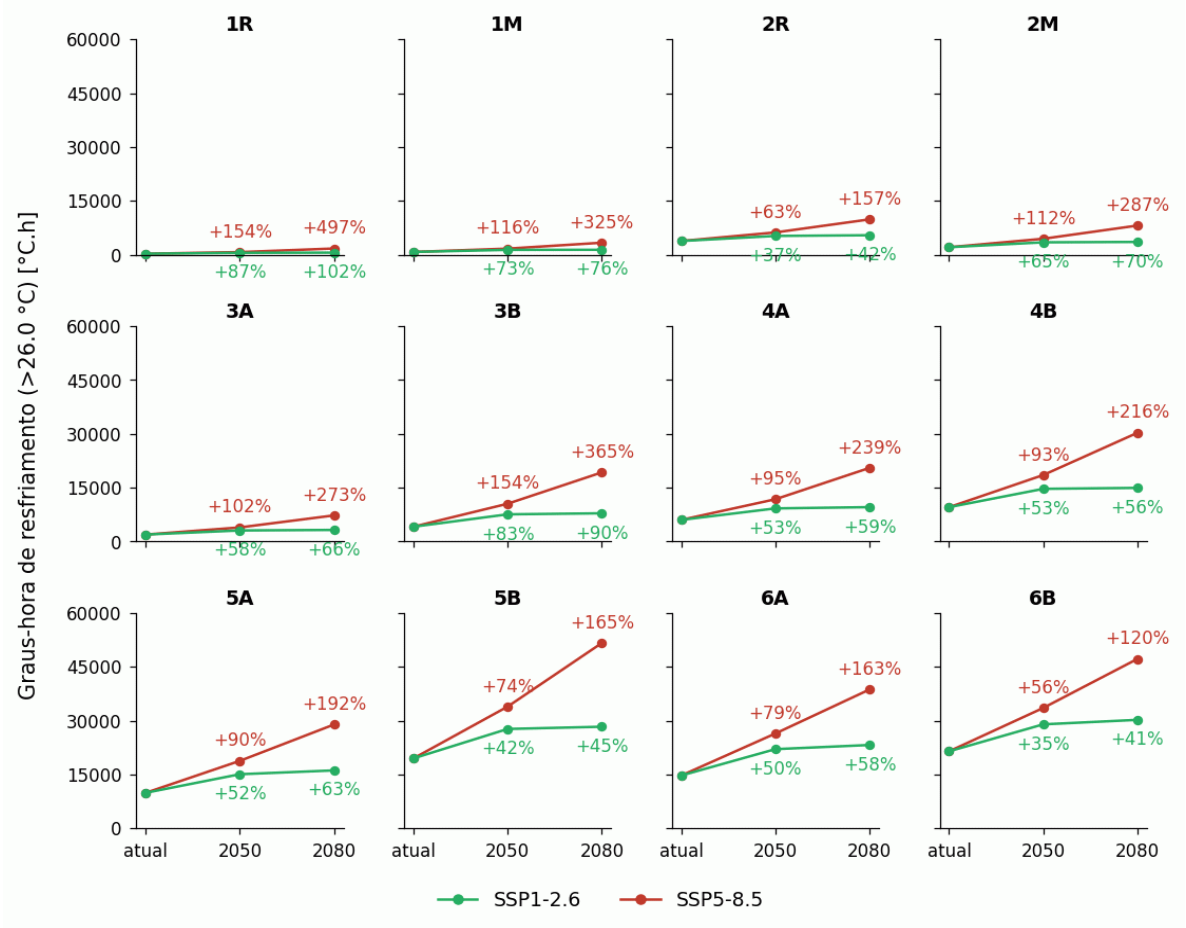
aceitabilidade térmica (80%) estabelecidos pelo método adaptativo da ABNT NBR 16401-2 (2024) [17].

- Análise do aumento da necessidade de resfriamento dos ambientes a partir das cargas térmicas anuais de aquecimento e resfriamento (kWh/m²), obtidas nas simulações com o modelo "*IdealLoads*", que permitem quantificar o impacto do aquecimento global na demanda de resfriamento.

RESULTADOS

A Figura 2 apresenta os graus-hora de resfriamento (GHR) para os cenários atuais e para as trajetórias SSP1-2.6 e SSP5-8.5 em cada zona bioclimática. O GHR indica a ocorrência de temperaturas acima de 26 °C por períodos prolongados, caracterizando condições que exigem resfriamento. As maiores magnitudes de GHR são observadas nas zonas 5B, 6B e 6A, associadas a climas mais quentes, enquanto as maiores variações percentuais ocorrem nas zonas mais amenas (1R e 1M), devido à baixa base absoluta desses indicadores. Nota-se que, em 2080, os cenários se diferenciam de forma mais acentuada: o SSP1-2.6 mantém valores relativamente estáveis em relação a 2050, enquanto o SSP5-8.5 apresenta incremento significativo do GHR em todas as zonas bioclimáticas, com aumento de pelo menos 120% na zona 6B.

Figura 2: Graus-hora de resfriamento por zona bioclimática no arquivo climático atual e nas projeções de 2050 e 2080 nos cenários SSP1-2.6 e SSP5-8.5.

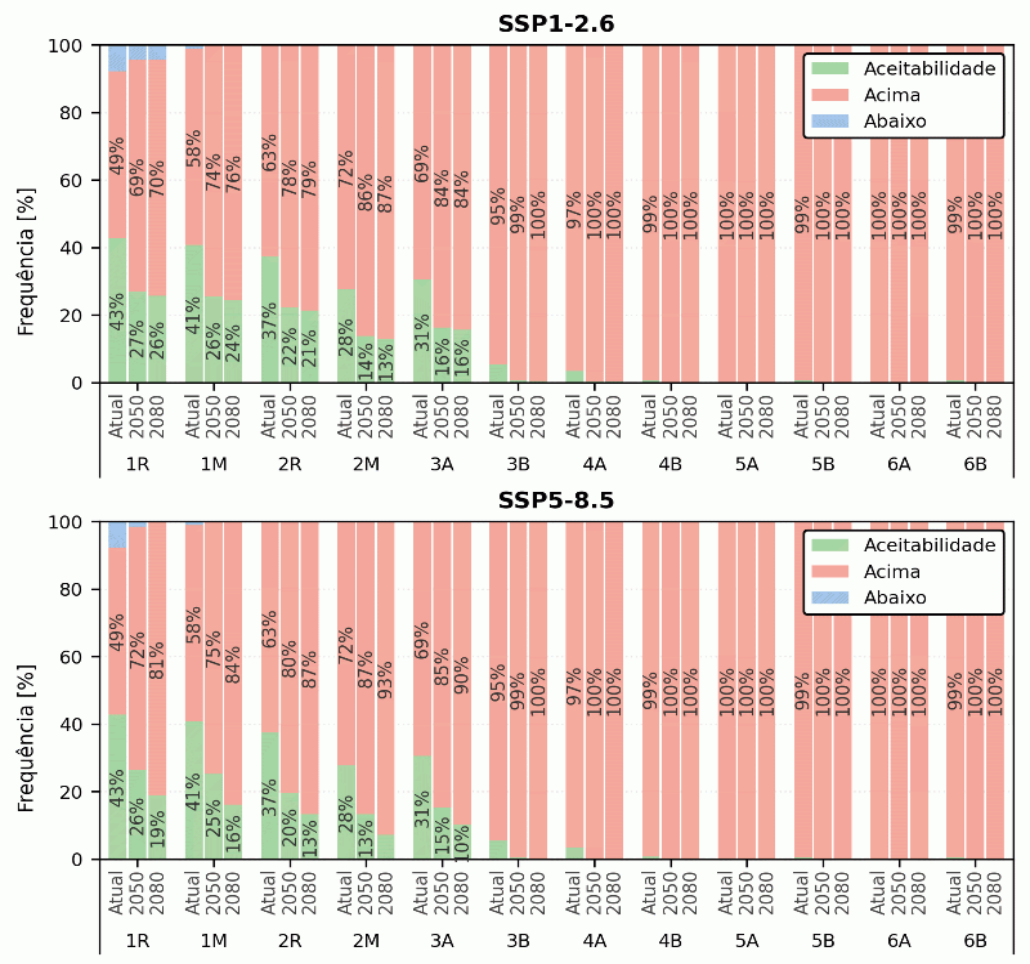


Fonte: Os autores.

Esses resultados estão de acordo com Vaz *et al.* [3], que avaliaram o impacto dos cenários futuros na temperatura e umidade relativa do ar em diversas cidades brasileiras. O trabalho demonstrou que a temperatura do ar tende a aumentar em todas as cidades avaliadas, tanto no cenário pessimista (SSP5) quanto no otimista (SSP1), ainda que nas zonas mais frias o aumento de horas de estresse térmico por calor (identificado pelo índice UTCI) tenha sido menos expressivo do nas cidades com climas mais quentes.

A Figura 3 apresenta os resultados da temperatura operativa média das salas de aula do arquétipo escolar, divididos conforme a condição de aceitabilidade de conforto adaptativo da NBR 16401-2 (2024) [17]. O gráfico evidencia uma redução progressiva do percentual de horas em condição de aceitabilidade térmica à medida que os cenários avançam no tempo, acompanhada de aumento correspondente das horas em condição de calor em todas as zonas bioclimáticas. Nas zonas mais quentes, sobretudo a partir de 3B, nas quais a fração de horas aceitáveis já é baixa no clima atual, nota-se o desaparecimento de condições térmicas aceitáveis nos cenários futuros.

Figura 3: Percentual de horas ocupadas da edificação escolar com temperatura operativa dentro dos limites de aceitabilidade térmica (80%), acima do limite ou abaixo do limite, por zona bioclimática nos cenários SSP1-2.6 e SSP5-8.5.



Fonte: Os autores.

Nas zonas 1R, 1M, 2R, 2M e 3A, observa-se maior percentual de horas dentro dos limites de aceitabilidade térmica no clima atual, mas diminui de forma consistente em 2050 e 2080. No SSP1-2.6, essa perda é mais gradual, enquanto, no SSP5-8.5, a transição para a predominância de calor é mais acelerada, com redução significativa do intervalo de aceitabilidade. O frio aparece apenas como parcela residual na zona 1R, correspondendo a menos de 5% das horas ocupadas nas projeções futuras. Estes resultados indicam que as mudanças climáticas reduzem não só o desconforto por frio, mas também agravam o problema térmico em condições de calor, reduzindo as horas ocupadas em condições de aceitabilidade térmica.

Quanto aos resultados das simulações de carga térmica, estes indicam que, sob o clima atual, as cidades com maior carga térmica total são Fortaleza (6A), com 278,8 kWh/m²·ano, seguida por Recife (5A), com 268,0 kWh/m²·ano, e Cuiabá (5B), com 255,1 kWh/m²·ano. Em contrapartida, as menores cargas térmicas são observadas em Canela (1R), com 42,3 kWh/m²·ano, Curitiba (1M), com 57,0 kWh/m²·ano, São Paulo (2M), com 87,1 kWh/m²·ano, e Porto Alegre (2R), com 88,4 kWh/m²·ano. Essas diferenças refletem diretamente as características climáticas de cada região: cidades mais quentes apresentam maior demanda por resfriamento, enquanto regiões mais frias tendem a registrar cargas térmicas mais moderadas. Além disso, as cargas térmicas de aquecimento representaram até 7,7% da carga térmica total em Canela (1R).

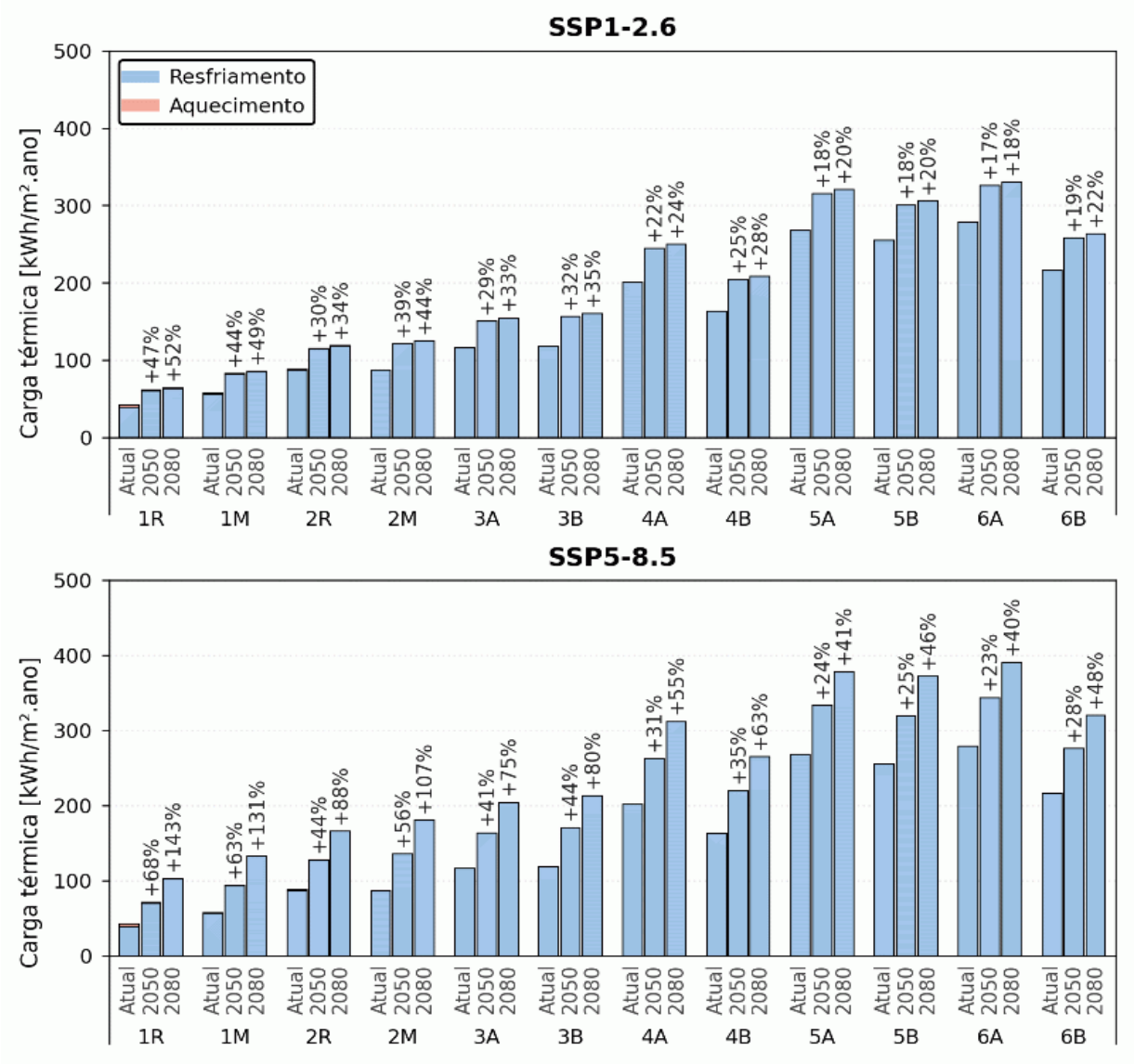
Esse mesmo padrão se mantém nas projeções futuras, tanto no cenário mais otimista (SSP1-2.6) quanto no mais pessimista (SSP5-8.5), para os anos de 2050 e 2080. Destaca-se que, embora as cidades de clima mais frio apresentem menor carga térmica absoluta, as variações percentuais são mais expressivas nessas regiões, de maneira semelhante ao observado no índice de GHR. No cenário SSP5-8.5, por exemplo, Canela (1R) registra aumentos de 68% em 2050 e de 143% em 2080, enquanto Fortaleza (6A) apresenta elevações de 23% e 40%, respectivamente. Esse comportamento demonstra que pequenas alterações nas condições climáticas podem gerar impactos relativamente significativos em regiões tradicionalmente mais amenas. Nesse sentido, a redução da carga térmica de aquecimento — que, no cenário mais otimista, representa apenas 2% da carga térmica total na zona 1R em 2080 — evidencia o impacto do aquecimento climático nessas regiões.

A Figura 4 apresenta os resultados de carga térmica para as trajetórias socioeconômicas SSP1-2.6 e SSP5-8.5 por zona bioclimática para os anos de 2050 e 2080, e mostra as diferenças percentuais entre os cenários em cada zona bioclimática.

Embora o GHR e a carga térmica apresentem comportamento semelhante em cada zona bioclimática, é importante destacar que a ordem das zonas com maiores valores difere entre os índices. As zonas com maior GHR são 6B, 5B, 6A e 5A, enquanto as com maior carga térmica são 6A, 5A, 5B e 6B. Observa-se que, para o índice de GHR, os valores mais altos estão associados a zonas de clima mais seco, enquanto a carga térmica é maior em regiões de clima mais úmido. Essa diferença decorre do fato de que o cálculo da carga térmica considera o efeito combinado de calor e umidade sobre

o sistema de resfriamento, que precisa atuar com mais intensidade para manter o setpoint de temperatura do ar.

Figura 4: Carga térmica de resfriamento e aquecimento por zona bioclimática nos cenários SSP1-2.6 e SSP5-8.5.



Fonte: Os autores.

Nos cenários de mudanças climáticas, observa-se uma redução progressiva das horas de aceitabilidade térmica e um aumento da ineficácia da ventilação natural (Fig. 3), especialmente a partir da zona 3B, que evolui de baixas frações de aceitabilidade no clima atual para condições de quase total inaceitabilidade por calor nos cenários futuros. Em termos gerais, os resultados do arquétipo indicam maior permanência dentro dos limites de aceitabilidade térmica em zonas bioclimáticas mais frias, as quais também apresentam menores valores de graus hora de resfriamento (Fig. 2).

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com outros trabalhos relacionados na literatura científica. Scolaro, Vaz e Ghisi [8], por exemplo, avaliaram a aceitabilidade térmica em uma edificação residencial nos cenários futuros SSP2-4.5 e

SSP5-8.5 em 578 cidades brasileiras. Como resultado, foi observado aumento das horas acima da aceitabilidade térmica, indicando potencial desconforto por calor, especialmente nas regiões mais quentes do país. Embora a tendência observada seja semelhante, Scolaro, Vaz e Ghisi [8] reportaram maiores percentuais de horas dentro da faixa de aceitabilidade térmica. Essa diferença pode ser atribuída à tipologia, à densidade ocupacional e ao padrão de uso dos ambientes analisados, uma vez que este estudo considera salas de aula com elevada ocupação (1,5 m²/pessoa) e uso predominantemente diurno, enquanto Scolaro, Vaz e Ghisi [8] avaliaram dormitórios residenciais, cuja ocupação ocorre majoritariamente no período noturno. Essas condições intensificam os ganhos internos e a exposição à radiação solar, reduzindo a permanência dos ambientes em condições termicamente aceitáveis.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam um aumento consistente da demanda por resfriamento e do desconforto térmico em todas as zonas bioclimáticas sob cenários climáticos futuros. O indicador de graus-hora de resfriamento (GHR) evidencia maior intensificação nas regiões mais quentes (5B, 6A e 6B), enquanto as maiores variações relativas ocorrem nas zonas mais amenas, especialmente em cenários mais pessimistas (SSP5-8.5), com aumentos significativos até 2080. De forma coerente, a análise de conforto mostra redução progressiva das horas em condições de aceitabilidade térmica e aumento da predominância de condições de calor, com praticamente a eliminação do conforto nas zonas mais quentes e forte redução do desempenho térmico nas demais. As cargas térmicas seguem tendência semelhante, com maiores valores absolutos nas regiões quentes e maiores variações percentuais nas zonas frias, evidenciando alta sensibilidade dessas regiões a pequenas mudanças climáticas. Observa-se ainda diferença entre GHR e carga térmica quanto à ordem das zonas com os maiores valores, associada à influência da umidade no desempenho dos sistemas de resfriamento. Em conjunto, os resultados demonstram que o arquétipo apresenta condições mais favoráveis em climas frios, mas sofre redução significativa de desempenho sob aquecimento futuro, reforçando a necessidade de estratégias combinadas de adaptação passiva e de sistemas híbridos de ventilação e resfriamento para garantir conforto térmico em cenários climáticos mais extremos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A (ENBPar) e ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) pelo apoio financeiro ao projeto, viabilizando o desenvolvimento desta pesquisa. Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte durante o desenvolvimento do estudo.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram o a ferramenta ChatGPT (GPT-5.5) para revisão do texto. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Repo**rt. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023.

[2] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus**. Versão 24.1.0. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 2024.

[3] VAZ, Igor Catão Martins *et al.* **Dashboard for interpreting future climate files used in the simulation of buildings–An outdoor thermal comfort approach**. Energy and Buildings, v. 326, p. 115059, 2025.

[4] RODRIGUES, Eugénio; FERNANDES, Marco S.; CARVALHO, David. Future weather generator for building performance research: An open-source morphing tool and an application. Building and Environment, v. 233, p. 110104, 2023.

[5] BRACHT, Matheus K. *et al.* **Multiple regional climate model projections to assess building thermal performance in Brazil**: Understanding the uncertainty. Journal of Building Engineering, v. 88, p. 109248, 2024.

[6] GOMES, Vanessa *et al.* **Operational and embodied impact assessment as retrofit decision-making support in a changing climate**. In: Proceedings of the 11th Windsor Conference on Thermal Comfort, Windsor, UK. 2020. p. 16-20.

[7] NUNES, Gustavo; GIGLIO, Thalita**. Effects of climate change in the thermal and energy performance of low-income housing in Brazil**—assessing design variable sensitivity over the 21st century. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 168, p. 112885, 2022

[8] SCOLARO, Taylana Piccinini; VAZ, Igor Catão Martins; GHISI, Enedir**. Assessing thermal comfort in naturally ventilated residential buildings under current and projected regional climates in Brazil**. Energy and Buildings, p. 116566, 2025.

[9] LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LabEEE/UFSC. **Convênio Procel – CB3E [2024-2026]:** Convênio de Educação, Ciência, Tecnologia e Inovação – ECTI celebrado entre ENBPar (no âmbito do Procel) e a UFSC, destinado ao desenvolvimento do DEO-Procel e apoio à implementação da avaliação de conformidade de edificações quanto à eficiência energética no Brasil. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2024. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/index.php/pt-br/convenio-procel-cb3e. Acesso em: 25 mar. 2026.

[10] GERALDI, Matheus *et al***. Developing reference building models for the non-residential sector to support public policies in Brazil**. Energy and Buildings, v. 332, p. 115419, 2025.

[11] BRASIL. **Portaria INMETRO nº 309**, de 6 de setembro de 2022 – Instrução Normativa INI-C para a eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas.

[12] RODRIGUES, Eugénio; CARVALHO, David; FERNANDES, Marco S**. Future Weather Generator – Morphs current weather for performance simulation of buildings in the future.** Coimbra: ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial, 2022. Disponível em: https://future-weather-generator.adai.pt/documentation/#ecearth3. Acesso em: 25 mar. 2026

[13] Riahi, Keywan *et al*. **The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications**: An overview. Global environmental change, v. 42, p. 153-168, 2017.

[14] LAWRIE, Linda K.; CRAWLEY, Drury B**. Development of Global Typical Meteorological Years (TMYx).** Climate.OneBuilding.org, 2022. Disponível em: \climatewebsite\WMO_Region_3_South_America\BRA_Brazil. Acesso em: 25 mar. 2026.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15220-3:2024**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

[16] PARDING, Kajsa M. *et al***. GCMeval: a tool for climate model ensemble evaluation.** Disponível em: https://gcmeval.met.no/. Acesso em: 25 mar. 2026. Ferramenta de avaliação de modelos climáticos (CMIP5/CMIP6) on-line.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 16401-2:2024**: Instalações de condicionamento de ar – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.