XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Análise de Desempenho Termo-Energético da Envoltória em Projeto de Escola Padronizada do FNDE: Uma Abordagem Baseada em Simulação para Diferentes Zonas Bioclimáticas Brasileiras

Análisis del Desempeño Térmico y Energético de la Envolvente en un Proyecto Escolar Estandarizado del FNDE: Un Enfoque Basado en Simulación para Diferentes Zonas Bioclimáticas de Brasil

Thermal and Energy Performance Analysis of the Building Envelope in a Standardized School Design by FNDE: A Simulation-Based Approach for Different Brazilian Bioclimatic Zones

Eficiência Energética / *Eficiencia Energética / Energy Efficiency*

Casanova, Ellen
Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil, acad.ellencasanova@gmail.com
Milani, Julia B. S.
Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil, juliabmilani1@gmail.com
Geraldi, Matheus S.
Dr., Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil, *matheussgeraldi@gmail.com*
Melo, Ana P.
Drª, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil, a.p.melo@ufsc.br

Resumo

Este estudo investiga o impacto do clima na eficiência energética da envoltória de um projeto escolar padrão, conforme os critérios da INI-C do Inmetro. A pesquisa utilizou o software EnergyPlus para simular o desempenho térmico em quatro zonas bioclimáticas brasileiras (1M, 3A, 5A e 6A), com dois cenários: um com ar-condicionado e outro com ventilação natural. Nos modelos climatizados, as melhores classificações (A) foram obtidas nas zonas 5A e 6A, enquanto as zonas 1M e 3A apresentaram desempenhos inferiores (D e C). Com ventilação híbrida, todas as zonas atingiram classificação A. O sombreamento presente no projeto mostrou-se decisivo para melhorar o desempenho térmico, especialmente em regiões de clima quente. O estudo evidencia a relevância de considerar as condições climáticas na análise de eficiência energética de edificações escolares.

Palavras-chave: Eficiência energética. Clima. Escola. Envoltória. Simulação Computacional.

Resumen

Este estudio investiga el impacto del clima en la eficiencia energética de la envolvente de un proyecto escolar estándar, según los criterios del INI-C de Inmetro. La investigación utilizó el software EnergyPlus para simular el desempeño térmico en cuatro zonas bioclimáticas brasileñas (1M, 3A, 5A y 6A), en dos escenarios: uno con aire acondicionado y otro con ventilación natural. En los modelos climatizados, las mejores clasificaciones (A) se obtuvieron en las zonas 5A y 6A, mientras que las zonas 1M y 3A presentaron rendimientos inferiores (D y C). Con ventilación híbrida, todas las zonas alcanzaron la clasificación A. El sombreado presente en el diseño resultó decisivo para mejorar el desempeño térmico, especialmente en regiones de clima cálido. El estudio evidencia la relevancia de considerar las condiciones climáticas en el análisis de la eficiencia energética de edificaciones escolares.

Palabras clave: Eficiencia energética. Clima. Escuela. Envolvente. Simulación por computadora.

Abstract

This study investigates the impact of climate on the energy efficiency of the building envelope of a standard school project, based on the criteria of Inmetro's INI-C. The research used EnergyPlus software to simulate thermal performance in four Brazilian bioclimatic zones (1M, 3A, 5A, and 6A), under two scenarios: one with air conditioning and another with natural ventilation. In air-conditioned models, the best energy ratings (A) were obtained in zones 5A and 6A, while zones 1M and 3A showed lower performance (D and C). With hybrid ventilation, all zones achieved an A rating. The shading devices included in design proved decisive in improving thermal performance, especially in hot climates. The study highlights the importance of considering climatic conditions in the energy efficiency analysis of school buildings.

Keywords: Energy efficiency. Climate. School. Envelope. Computer simulation.

Introdução

O sistema energético atual responde por cerca de 75% das emissões globais de gases de efeito estufa, e os edifícios consomem cerca de um terço da energia mundial. Edificações não residenciais representam 8,76% desse total (IEA, 2024), o que destaca a importância de avaliar seu uso de energia e promover sua renovação para reduzir o consumo e as emissões. Dentre os edifícios não residenciais, os escolares representam uma parcela significativa, impactando diretamente o consumo de energia global e os gastos orçamentários nacionais (PEREIRA et al., 2014). Além disso, as escolas possuem um grande potencial para redução desse consumo, tornando-se foco de projetos de eficiência energética e pesquisas científicas, devido ao seu caráter pedagógico (GNECCO et al., 2021).

No Brasil, o Balanço Energético Nacional (BEN) indica que a classe comercial, que inclui as escolas, consumiu 90.640 GWh em 2014, o que corresponde a cerca de 17% do consumo elétrico nacional. Segundo Geraldi et al. (2022), as edificações escolares representaram 2% desse consumo naquele ano. Embora essa participação pareça pequena, a pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Comercial e de Serviços (PPH) de 2023 do Ramo de Atividade Educação revela que 40% das escolas ainda não possuem aparelhos de ar-condicionado em nenhuma de suas salas. Além disso, a pesquisa indica que 61,41% dos equipamentos de aquecimento e resfriamento foram instalados nos últimos cinco anos nas edificações escolares (PROCEL, 2023), evidenciando um aumento significativo na aquisição desses dispositivos. É importante destacar que isso não significa, necessariamente, que todas as escolas ou salas de aula devam ser climatizadas. No entanto, diante das mudanças climáticas e do aumento das temperaturas globais, a demanda por resfriamento em ambientes escolares tem crescido significativamente, especialmente em climas mais quentes, uma vez que esses ambientes possuem alta densidade de ocupação. Nesse contexto, torna-se fundamental investigar a eficiência energética dessas edificações, garantindo um consumo otimizado de energia sem comprometer o conforto térmico dos ocupantes.

Para enfrentar esse desafio, diversas normativas e certificações foram estabelecidas para promover a eficiência energética em edificações, como a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE EDIFICA). Esta certificação classifica edificações comerciais, de serviços e públicas com base em seu desempenho energético, considerando aspectos como envoltória, sistemas de iluminação e climatização, contribuindo para a redução do consumo energético e o aumento da sustentabilidade.

Nesse cenário, a análise térmica das edificações desempenha um papel fundamental ao permitir a avaliação e aprimoramento do desempenho térmico do edifício e conforto térmico dos usuários. No caso das escolas, a adaptação do ambiente construído às condições climáticas locais é essencial para minimizar a necessidade de climatização artificial e, consequentemente, reduzir o consumo de energia. A simulação computacional é uma prática que permite a avaliação de diferentes estratégias para a envoltória e operação, e permite analisar o equilíbrio entre conforto e eficiência.

O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) disponibiliza um projeto-padrão de escola de um pavimento, com uma única sala de aula, para ser implantado em diferentes regiões do Brasil, atendendo ao ensino fundamental. Considerando a diversidade climática do país, este trabalho tem como objetivo avaliar a classificação de eficiência energética desse projeto-padrão em distintos climas brasileiros, utilizando simulação computacional e o método da INI-C, a fim de analisar seu desempenho energético e a consistência de sua aplicação em escala nacional.

Método

A metodologia adotada seguiu um processo estruturado, abrangendo a modelagem inicial da edificação no *software EnergyPlus* versão 24.1.0, a definição das condições de contorno e a aplicação dos parâmetros estabelecidos pelas normas vigentes. O estudo concentra-se na avaliação da eficiência energética da sala de aula do projeto-padrão FNDE em diferentes zonas bioclimáticas. Foram considerados dois cenários: um cenário totalmente condicionado e outro cenário considerando operação híbrida, combinando climatização artificial e ventilação natural. Para isso, foram elaborados dois modelos de simulação distintos, um representando a ventilação natural e outro com o sistema de climatização artificial. Cada modelo contou com duas versões: uma representando as condições reais da edificação e outra baseada em um modelo de referência para cada zona bioclimática considerada no estudo.

Foram adotados como indicadores de desempenho os parâmetros de classificação estabelecidos pela INI-C, considerando o cálculo do coeficiente de redução do consumo de energia primária e percentual de redução de carga térmica (RedCgTT). As características construtivas do modelo real foram baseadas no projeto-padrão FNDE e as propriedades térmicas foram estimadas a partir da biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus (Weber *et al*., 2017). Já o modelo de referência teve como base os parâmetros definidos na INI-C. As schedules de ocupação, iluminação e equipamentos

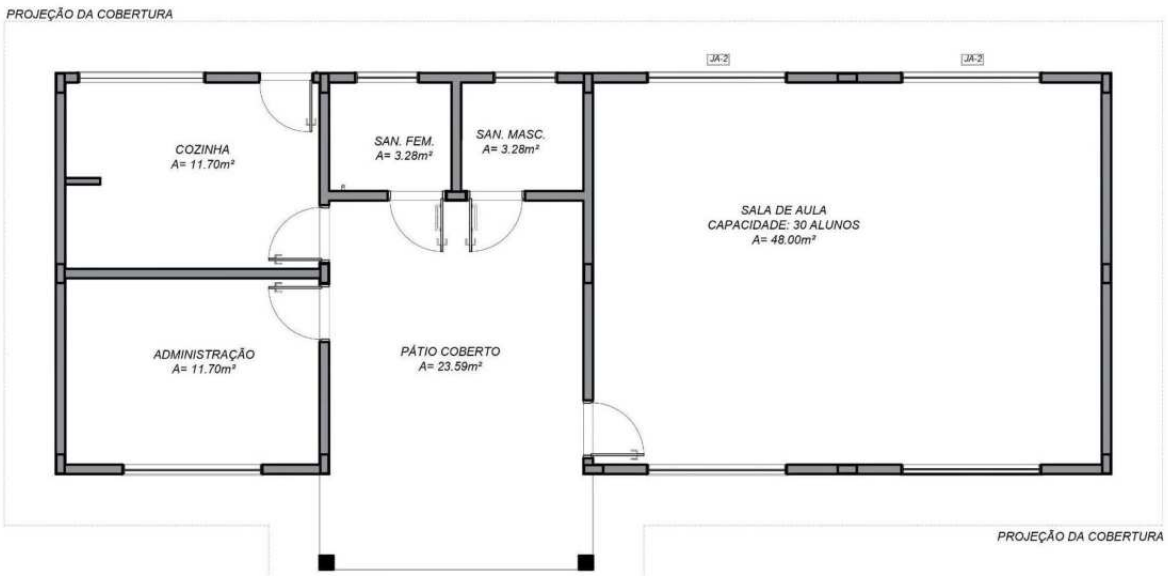
utilizados em ambos os modelos, real e de referência, também seguiram as diretrizes estabelecidas pela INI-C.

A ventilação natural foi simulada utilizando o recurso *Airflow Network* do EnergyPlus, no qual janelas e porta da zona térmica foram modeladas como nós da rede de ventilação, incluindo também a infiltração de ar. Essa abordagem possibilita uma representação mais precisa do fluxo de ar entre o ambiente externo e o interior da edificação, em comparação com o método simplificado. As janelas foram consideradas operáveis, com fator de abertura de 63%, sendo acionadas automaticamente sempre que a temperatura interna ultrapassasse 19 °C. No modelo de simulação com condicionamento de ar, foi utilizado o recurso *Ideal Loads Air System* do EnergyPlus, adotando temperaturas de setpoint de 24 °C para resfriamento e 21 °C para aquecimento, conforme estabelecido pela Instrução Normativa INI-C. Neste modelo, foi considerada uma taxa de renovação de ar de 27 m³/h.pessoa, conforme recomendado pela ANVISA (BRASIL, 2003) e uma taxa de infiltração de 0,5 ACH, conforme recomendado pela INI-C.

O estudo foi realizado com base em cidades representativas do novo zoneamento bioclimático (NBR 15220-3:2024), sendo elas: Curitiba (1M), Florianópolis (3A), Maceió (5A) e Manaus (6A). As zonas bioclimáticas 1M e 3A apresentam climas predominantemente frios, com a 1M sendo marcada por invernos rigorosos, e a 3A por temperaturas mais amenas e maior equilíbrio térmico. Já as zonas 5A E 6A caracterizam-se por clima quente e úmido, com altas temperaturas e alta umidade ao longo do ano. Os dados climáticos das regiões analisadas foram obtidos no formato EPW do tipo INMET 2018, por meio da plataforma Climate.OneBuilding.org (Lawrrie et. al, 2022). Em seguida, foram definidas as dimensões do projeto e especificados os materiais da envoltória no EnergyPlus. O objeto de estudo, com base na planta baixa disponibilizada pelo FNDE e ilustrada na Figura 1, teve seus dados construtivos coletados para a elaboração dos modelos real e de referência da edificação, seguindo os critérios do tipo escolar da INI-C. Esses dados incluíram informações sobre a área das janelas, os materiais empregados e as propriedades térmicas dos elementos construtivos.

Com base no projeto arquitetônico, verificou-se que as paredes foram projetadas em alvenaria de blocos cerâmicos, com revestimento externo de argamassa e pintura acrílica semi-brilho no tom areia, seguindo o catálogo de cores do FNDE. A cobertura é composta de laje de material pré-moldado com reboco e telhas cerâmicas. As propriedades dos materiais estão presentes na Tabela 1. A propriedade térmica dos vidros para o modelo real e referência seguem as de um vidro simples, de transmitância 5,78 W/m²K e fator solar de 0,87.

Figura 1: Planta baixa do objeto de estudo.



Fonte: Adaptado de FNDE (2021).

Apesar de a configuração com apenas uma sala de aula não ser a mais comum em escolas localizadas nas capitais brasileiras, que geralmente apresentam edifícios de maior porte, essas cidades foram optadas por serem representativas das zonas bioclimáticas mais extremas do país. Além disso, é frequente que salas de aula nessas escolas apresentam fachadas voltadas para mais de uma orientação solar, como apontado por Geraldi et al. (2021b), que identificaram essa característica em todos os sete protótipos analisados, sendo que, em cinco deles, as salas possuem fachadas expostas a três direções distintas. Portanto, a presença de fachadas voltadas para múltiplas direções configura-se como uma característica recorrente das edificações do tipo escolar.

Tabela 1 - Caracterização da edificação para o modelo real.

Elemento construtivo		Espessura (mm)	Condutividade térmica (W/m.K)	Calor específico (J/kg.K)	Absortância à radiação solar	Densidade (kg/m³)	Resistência térmica (m².K)/W
Parede	Argamassa interna	25	1,15	1000	0,357	2000	0,22
	Cerâmica	16,5	0,90	920	-	1600	0,018
	Câmara de ar	107	0,36	-	-	-	0,29
	Cerâmica	16,5	0,90	920	-	1600	0,018
	Argamassa externa	25	1,15	1000	0,357	2000	0,022
Cobertura	Telha	10	1,05	920	0,36	2000	0,0095
	Câmara de ar	250	1,190	-	-	-	0,21
	Concreto	40	1,75	1000	-	2200	0,023
	Cerâmica	12	1,05	920	-	2000	0,011
	câmara de ar	46	0,565	-	-	-	0,081
	Cerâmica	12	1,05	920	-	2000	0,011
	Argamassa	10	1,15	1000	0,36	2000	0,009
	Piso	100	1,75	1000	0,5	2200	

Fonte: Adaptado de Weber et. al (2017).

O restante da edificação foi representado no EnergyPlus por meio do objeto *Shading*, recurso utilizado para simular os efeitos da radiação solar e do sombreamento, uma simplificação comum em modelos de simulação. A sala de aula foi analisada isoladamente, sem considerar edificações no entorno, o que se justifica pela presença recorrente de amplos espaços abertos em escolas. Além disso, o projeto sugerido pelo FNDE é aplicável a diferentes regiões do país, sem definir um terreno específico.

Os dados de ocupação e o cronograma de uso adotados na simulação seguiram as diretrizes do manual da INI-C e estão apresentados na Tabela 2. A programação considerou a operação de iluminação e equipamentos apenas durante os períodos de ocupação, com distinção entre períodos letivos e não letivos, incluindo as férias de verão e inverno. A ocupação da sala foi definida como 30 pessoas por período, conforme especificado no projeto do FNDE. A

densidade de potência de equipamentos e de iluminação foi definida com base nos valores de referência indicados na INI-C.

Tabela 2: Parâmetros de simulação: ocupação, potência instalada e *setpoint* de refrigeração.

DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m²)	15,5
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	15,0
Horas de ocupação (horas/dia)	8
Dias de ocupação (dias)	200
Temperatura de setpoint de resfriamento (°C)	24°C
Temperatura de setpoint de aquecimento (°C)	21°C

Fonte: Adaptado de INI-C (ELETROBRAS/PROCEL, 2023).

Com base nesses dados, foram desenvolvidos os modelos real e de referência para a simulação térmica, possibilitando a avaliação do desempenho térmico da edificação. Os valores Carga térmica de Refrigeração Total (CgTT) foram calculados de acordo com a INI-C, com uso do programa *Excel*, tendo como dados de entrada as cargas térmicas de refrigeração (kWh) anuais. Embora a INI-C não contemple a avaliação da carga térmica de aquecimento, para fins de análise, foi considerada a CgTA dos modelos. No entanto, para este modelo, os resultados não apresentaram valores significativos em nenhuma das zonas bioclimáticas avaliadas.

Após a obtenção dos valores de CgTT dos modelos reais e de referência para cada clima avaliado, foi determinado o fator de forma da edificação, com o objetivo de calcular o Coeficiente de Redução do Consumo de Energia Primária, que indica a redução da classificação de D para A, conforme especificado na INI-C. Em seguida, foi definida a escala de classificação da envoltória, considerando a variação entre as classes. A redução da carga térmica da edificação foi comparada com os intervalos dessa escala, que variam de i a 3i, em que i é o coeficiente que representa os intervalos entre as classes, permitindo assim identificar a classificação da eficiência energética da envoltória para a tipologia escolar analisada em cada clima.

O modelo híbrido, que combina ventilação natural e ar-condicionado, foi avaliado com base no mesmo método utilizado para determinar a CgTT. Considerou-se o uso do ar-condicionado apenas durante os períodos de ocupação e quando a temperatura operativa estava fora da faixa de conforto: entre 18 °C e 26 °C nas zonas bioclimáticas 1M e 3A, e acima de 28 °C nas zonas 5A e 6A. Este método é similar à condição de ventilação natural da NBR 15575 de desempenho para habitações.

Resultados

Os resultados de CgTT dos modelos de referência e real do cenário condicionado, bem como, o percentual de redução da carga térmica e as classificações da envoltória obtidas a partir da simulação são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados de CgTT, RedCgTT e classificação da envoltória do modelo de simulação totalmente condicionado.

Cidade	Zona Bioclimática	CgTT Referência (kWh)	CgTT Real (kWh)	RedCgTT (%)	Classificação da Envoltória
Curitiba	1M	5.344,06	4.927,82	7,79	D
Florianópolis	3A	7.150,50	6.541,43	8,52	C
Maceió	5A	11.032,61	9.654,23	12,49	B
Manaus	6A	12.529,91	10.981,75	12,36	B

Fonte: Autor (2025, p. 9).

A carga térmica do modelo real apresentou valores inferiores aos do modelo de referência em todas as cidades analisadas. A redução percentual (RedCgTT) variou conforme o potencial climático de cada zona bioclimática: em climas mais quentes (como Maceió e Manaus), onde a demanda por resfriamento é predominante, a redução foi mais acentuada (acima de 12%). Em contraste, em cidades de clima mais frio (como Curitiba), a redução foi menor (7,79%), refletindo a influência das condições climáticas locais no desempenho térmico. Essa diferença evidencia a importância de avaliar separadamente as necessidades de aquecimento e resfriamento para uma classificação adequada da envoltória.

No entanto, em relação à classificação da envoltória de cada cidade, observa-se que, apesar de apresentar CgTT mais alta, a edificação obteve uma classificação superior nas cidades localizadas nas zonas 5A e 6A. O coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para a A (i), proposto pela INI-C é mais alto para cidades mais frias, pois é mais fácil diminuir a carga térmica nessas regiões, enquanto nas cidades mais quentes esse processo é mais desafiador. Com isso, Maceió e Manaus apresentaram classificação mais elevada, já que os valores de redução de carga térmica ficaram mais próximos do coeficiente “i”. Esse resultado se deve, provavelmente, ao maior sombreamento do modelo real em relação ao de referência, proporcionado pelos beirais. Os valores necessários para alcançar a classificação de eficiência energética A da envoltória são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Comparação entre ReCgTT alcançada e RedCgTT necessária para classificação A no modelo totalmente condicionado.

Cidade	RedCgTT Alcançada (%)	RedCgTT necessária para classificação A (%)
Curitiba	7,79	> 38
Florianópolis	8,52	>25
Maceió	12,49	>17
Manaus	12,36	>17

Fonte: Autor (2025, p. 10).

Por outro lado, caso a operação da edificação seja considerada híbrida (cenário 2), a redução da demanda por consumo de energia com condicionamento de ar seria bastante significativa em todas as regiões, resultando em uma classificação "A" da envoltória em todos os casos testados (Tabela 5).

Tabela 5: Resultados de CgTT , RedCgTT e classificação da envoltória considerando modelo híbrido.

Cidade	Zona Bioclimática	CgTT Referência (kWh)	CgTT Real (kWh)	RedCgTT (%)	Classificação da Envoltória
Curitiba	1M	1.755,92	1.109,43	36,81	A
Florianópolis	3A	3.869,87	2.882,96	25,50	A
Maceió	5A	10.013,01	8.396,13	16,14	A
Manaus	6A	11.744,8	10.041,91	14,5	A

Fonte: Autor (2025, p. 10).

No caso do modelo híbrido, a envoltória da edificação atingiu a classificação A em eficiência energética, apresentando um RedCgTT três vezes maior que o coeficiente *i* em todas as zonas bioclimáticas analisadas. Também é possível perceber que, ao contrário do cenário em que se considera apenas condicionamento artificial, as maiores reduções na carga térmica são observadas nos climas mais frios (Curitiba e Florianópolis), que exigem menor uso de equipamentos de refrigeração em comparação com climas quentes, como Maceió e Manaus.

Os resultados evidenciam a importância da ventilação natural em ambientes escolares, que, devido à alta densidade de ocupação (1,8–2,4 m²/pessoa) (CLEMENTS-CROOME et al., 2008) e à significativa carga térmica interna gerada pelos usuários, demandam estratégias como a abertura de janelas para manter a temperatura operativa em níveis adequados. No entanto, é importante ressaltar que o modelo de escola analisado neste estudo representa uma única

sala de aula de forma isolada, que é apenas uma modalidade da diversidade de projetos escolares existentes, portanto não é representativo da variedade arquitetônica, dos diferentes usos e dos distintos contextos climáticos, os quais podem influenciar significativamente os resultados obtidos.

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi avaliar a classificação de eficiência energética do projeto-padrão de escola do FNDE em diferentes climas brasileiros, utilizando simulação computacional e o método da INI-C. O projeto-padrão FNDE foi simulado em dois cenários: Um modelo condicionado artificialmente e outro considerando ventilação natural, para os dois cenários foram elaborados modelo real e modelo de referência. A simulação forneceu os valores de carga térmica de refrigeração para Curitiba, Florianópolis, Maceió e Manaus.

Os resultados indicaram que, em todas as condições testadas, o modelo real apresentou cargas térmicas de refrigeração inferiores às do modelo de referência, demonstrando melhor eficiência energética. Ao considerar somente condicionamento artificial não foi possível atingir nível A em nenhum clima, apresentando maior classificação (B) para as cidades mais quentes, localizadas nas zonas 5A e 6A. Por outro lado, ao considerar operação híbrida, obteve-se classificação A para todas as cidades, demonstrando a importância da ventilação natural para os climas brasileiros, que são predominantemente quentes.

Além disso, destaca-se a importância de projetos personalizados para cada região, considerando as particularidades climáticas locais. O atual modelo padronizado do FNDE, aplicado em todo o território nacional, ignora as variações climáticas do Brasil, desde o clima equatorial de Manaus até o subtropical de Curitiba, o que compromete a eficiência térmica e o conforto ambiental das escolas. Soluções adaptadas a cada contexto são essenciais para otimizar o desempenho da envoltória e reduzir demandas energéticas, superando as limitações de um projeto único para realidades tão distintas.

Referências

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 9, de 16 de janeiro de 2003.** Estabelece os padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 jan. 2003. Disponível em: https://www.anvisa.gov.br/legis/rdc/2003/rdc0009_16_01_2003.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

CLEMENTS-CROOME, D. J. et al. Ventilation rates in schools. **Building and Environment**, Indoor Air 2005: Modeling, Assessment, and Control of Indoor Air Quality. v. 43, n. 3, p. 362–367, 1 mar. 2008.

ELETROBRAS/PROCEL. **Manual INI-C Simplificado: Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. Agosto de 2023. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/inic. Acesso em: 13 fev. 2025.

IEA–International Energy Agency. Disponível em:https://www.iea.org. Acesso em: 15 out. 2024.

FNDE - FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Projeto Espaço Educativo Rural – 1 Sala**. Disponível em: https://encurtador.com.br/i9CX2 . Acesso em: 12 fev. 2025.

GERALDI, M. S. *et al*. Assessment of the energy consumption in non-residential building sector in Brazil. **Energy and buildings**, v. 273, p. 112371, 2022.

GERALDI, M. S. *et al*. Evaluating the impact of the shape of school reference buildings on bottom-up energy benchmarking. *Journal of Building Engineering*, [S.l.], v. 43, p. 103142, 2021. ISSN 2352-7102. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103142.

GNECCO, V. **Desenvolvimento de um modelo de benchmarking local para as escolas públicas de ensino infantil de Florianópolis**. 2021. Tese de Doutorado. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional. https://repositorio. ufsc. br/handle/123456789/229348.

Lawrie, Linda K, Drury B Crawley. 2022. Development of Global Typical Meteorological Years (TMYx). Disponível em: https://climate.onebuilding.org. Acesso em: 12 fev. 2025.

PEREIRA, L. et al. Energy consumption in schools – A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 911–922, 1 dez. 2014.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Comercial e de Serviços - Ramo de Atividade Educação**. Belo Horizonte. 2024.

WEBER, Fernando da Silva et. al. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus.** Relatório técnico. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.