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.v21i1.8605

Uma abordagem de classificação de arquétipos de edificações escolares baseada em desempenho térmico e luminoso

A thermal and luminous performance-based classification approach to analyse school buildings

Mariane Rodrigues Vilela
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | m250538@dac.unicamp.br
Júlia Abreu Hendler
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | j238065@dac.unicamp.br
Jéssica Cristine da Silva Fonseca Matos
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | jessica@jfm.arq.br
Leticia de Oliveira Neves
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | lneves@unicamp.br

Resumo

O desempenho térmico e luminoso de edifícios escolares é influenciado por características arquitetônicas como geometria, envoltória e arranjo espacial das salas de aula em planta. Tais elementos permitem a definição de arquétipos, com o intuito de classificar os edifícios segundo soluções recorrentes. Esta pesquisa objetiva classificar arquétipos escolares com base em suas características arquitetônicas direcionadas a estratégias de desempenho térmico e luminoso. Para tanto, sistematizou-se um banco de dados com informações projetuais de 91 escolas públicas do estado de São Paulo. O método envolveu coleta de dados, estabelecimento de parâmetros para análise e definição de arquétipos. A catalogação estabeleceu quatro arquétipos principais, diferenciados pela posição da quadra de esportes em relação à edificação e variações fundamentadas em estratégias de ventilação e iluminação naturais. Uma análise estatística identificou as categorias mais representativas da amostra. Os resultados fornecem subsídios para avaliações comparativas e revelam correlações entre configurações espaciais e desempenho térmico e luminoso, auxiliando na compreensão de soluções projetuais eficazes.

Palavras-chave: Escolas. Iluminação natural. Ventilação natural. Banco de dados.

Abstract

The thermal and luminous performance of school buildings is shaped by architectural features such as geometry, the building envelope, and spatial layout. These elements facilitate the definition of archetypes, classifying buildings according to recurring design solutions. This research aims to categorize school archetypes based on architectural characteristics tailored to thermal and lighting strategies. To this end, a database containing design data from 91 public schools in the state of São Paulo was compiled. The method involved data collection, analysis parameters, and archetype definition. The analysis established four primary archetypes, distinguished by the position of the sports court relative to the building, as well as variations in natural ventilation and lighting strategies. Statistical analysis identified the most representative categories within the sample. The results support comparisons and show links between spatial design and environmental performance, providing design insights.

Keywords: Schools. Daylight. Natural ventilation. Database.

Como citar:
VILELA et al. Uma abordagem de classificação de arquétipos de edificações escolares baseada em desempenho térmico e luminoso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

O desempenho térmico e luminoso de ambientes escolares pode ser diretamente correlacionado às características arquitetônicas do edifício, tais como geometria [1], dimensões de pátios e átrios [2], localização de corredores e salas de aula [3], entre outros fatores. Observam-se lacunas na literatura quanto à integração entre aspectos quantitativos e qualitativos na análise de desempenho de espaços educacionais, especialmente no que se refere às características do ambiente escolar e à articulação entre os espaços internos e externos [4], que compõem sua tipologia volumétrica. Tais tipologias volumétricas, também chamadas de arquétipos, consistem na categorização de edifícios de acordo com seus atributos e características típicas representativas de cada categoria [5].

A adoção da categorização em arquétipos possibilita a avaliação de desempenho para diferentes tipos de edifícios e em diferentes escalas de análise, permitindo a identificação de padrões de homogeneidade e heterogeneidade em uma amostra [5]. Além de favorecer estudos comparativos, essa abordagem tem sido amplamente utilizada para modelagem energética, avaliação do ciclo de vida das edificações e análises de qualidade ambiental interna [6].

Apesar dessas aplicações, sua utilização em edifícios escolares permanece limitada. As investigações sobre o desempenho dessas edificações concentram-se, em geral, na análise isolada de atributos arquitetônicos, sem considerar de forma integrada as interações entre múltiplas características projetuais e as condições contextuais das edificações [4]. Essa lacuna torna-se relevante no contexto brasileiro, onde predominam escolas públicas de projeto padronizado, frequentemente implantadas em diferentes condições climáticas e de orientação solar, sem adaptações compatíveis com as especificidades locais, o que pode resultar em ambientes com baixo desempenho térmico e luminoso [7].

No estado de São Paulo, a construção e a reforma de escolas públicas são regulamentadas pela Fundação para Desenvolvimento da Educação (FDE), que adota projetos com critérios mínimos de ventilação, iluminação e salubridade [8]. Estudos que investigam a realidade das salas de aula dessas escolas indicam que, em alguns casos, as edificações demandam adaptações, como o aprimoramento dos dispositivos de sombreamento das fachadas [9], em função de inadequações projetuais relativas, por exemplo, à ventilação natural [10]. Nesse contexto, a categorização de arquétipos mostra-se uma estratégia relevante para mapear e analisar as soluções arquitetônicas de desempenho térmico e luminoso adotadas nessas edificações.

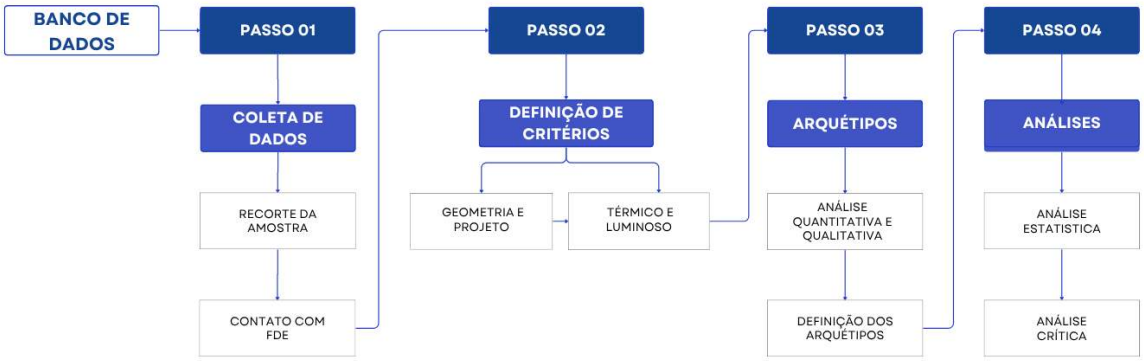
Em vista disso, este artigo tem como objetivo identificar e sistematizar as características arquitetônicas e estratégias projetuais mais recorrentes em edifícios escolares construídos pela FDE, correlacionando-as ao seu desempenho térmico e luminoso. Esta pesquisa contribui para a compreensão da prevalência de soluções arquitetônicas específicas de edificações escolares públicas e para a consolidação de um banco de dados de referência, que possa subsidiar futuros estudos comparativos e fundamentar estratégias para a melhoria da qualidade ambiental de edifícios educacionais.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8605

MÉTODO

O delineamento metodológico da pesquisa divide-se em quatro etapas, descritas na Figura 01.

Figura 1: Fluxograma do delineamento metodológico da pesquisa.



Fonte: as autoras.

COLETA DE DADOS

A primeira etapa consistiu na delimitação do recorte da análise, com base nos projetos das escolas construídas ou reformadas pela FDE no período de 2011 a 2024. A amostra compreende um total de 91 escolas de ensino fundamental e/ou médio, localizadas no estado de São Paulo.

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS

Elencaram-se critérios projetuais condizentes com desempenho térmico e luminoso, para levantamento e análise. Nessa etapa, utilizaram-se como referência para o estabelecimento de critérios de análise, além de dados obtidos das pranchas dos projetos executivos, o livro “101 regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético” [11], o qual reúne diretrizes de caráter orientativo para aplicação de estratégias de arquitetura bioclimática. Complementarmente, foram adotadas a norma ABNT NBR 15220-3 [12] e a Instrução Normativa do Inmetro para classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas (INI-C) [13]. Os critérios levantados compreendem: município, nome da escola, código FDE, ano de construção, área construída, número de pavimentos, zona bioclimática e demais parâmetros projetuais apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de análise do banco de dados

Parâmetros	Tipo	Valores possíveis	Referência
Zona bioclimática	Categórica nominal	• Código da zona	[12]
Certificação AQUA-HE	Categórica nominal	• Sim • Não	-
Orientação dos ventos predominantes	Categórica nominal	• ENE - Nor-leste • ESE- Lés-sudeste • NNW - Nor-nordeste • SE - Sudeste • SSE- Su-sudeste	[14]
Entorno imediato	Categórica nominal	• Campo aberto plano • Campo aberto com algumas barreiras • Ambiente urbano • Centro da cidade	[15]
Orientação solar das fachadas longitudinais	Categórica nominal	• Norte - Sul • Leste - Oeste • Sudeste – Noroeste • Sudoeste - Nordeste	[11]
Ângulo de incidência dos ventos predominantes em relação à fachada longitudinal a barlavento	Quantitativa discreta	• 0° • 22,5° • 45° • 67,5° • 90°	-
Proporção (largura/comprimento)	Categórica ordinal	• (Intervalo 1) 0,00 – 0,40 • (Intervalo 2) 0,41 – 0,70 • (Intervalo 3) 0,71 – 1,00	-
Forma da planta	Categórica nominal	• U • H • I • L	-
Altura	Categórica ordinal	• 2 pavimentos • 3 ou mais pavimentos	-
Quantidade de quadras esportivas	Quantitativa discreta	• 1 • 2	-
Localização da quadra esportiva	Categórica nominal	• No térreo – separada do edifício principal • No térreo – posição central • No térreo – ao lado das salas • Na cobertura – ocupa parcialmente a cobertura • Na cobertura – ocupa a maior parte da cobertura	-
Estratégia de ventilação natural	Categórica nominal	• Ventilação unilateral • Ventilação cruzada com corredor enclausurado entre salas • Ventilação cruzada com corredor semiaberto para rampa • Ventilação cruzada com corredor semiaberto para pátio descoberto • Ventilação cruzada com corredor semiaberto para a quadra	[11]

Parâmetros	Tipo	Valores possíveis	Referência
Abertura zenital	Categórica nominal	• Ausente/não identificado • Shed • Lanternim • Claraboia	[11]
Ambiente que contém abertura zenital	Categórica nominal	• Ausente/Não identificado • Quadra de esportes • Circulação	[11]
Brise, beiral ou elemento vazado	Categórica nominal	• Sim • Não	[11]
Orientação solar do brise, beiral ou elemento vazado	Categórica nominal	• Norte - Sul • Leste - Oeste • Sudeste – Noroeste	[11]
Distância entre janelas (sala de aula)	Categórica ordinal	• ≤ 5x o pé-direito • > 5x o pé-direito	[11]
Percentual de abertura da fachada (PAF)		• < 40% • ≥ 40%	[13]
Relação profundidade do ambiente (sala de aula) e área das janelas externas	Categórica nominal	• Prof. ≤ 7m e A. jan. < 20% • Prof. ≤ 7m e A. jan. ≥ 20% • Prof. > 7m e A. jan. < 20% • Prof. > 7m e A. jan. ≥ 20%	[11]
Estratégia de iluminação (sala de aula)	Categórica nominal	• Iluminação unilateral • Iluminação bilateral voltada para corredor enclausurado • Iluminação bilateral voltada a espaço coberto • Iluminação bilateral voltada a pátio descoberto	[11]
Regra de incidência da iluminação natural (sala de aula)	Categórica ordinal	• Sala até 1,5 m de profundidade em relação à altura da verga da janela • Sala acima de 1,5 m de profundidade em relação à altura da verga da janela	[16]

Fonte: as autoras.

A estratégia de iluminação bilateral caracteriza-se pela presença de uma abertura voltada para o exterior e outra abertura, na face oposta, direcionada para corredores enclausurados, espaços cobertos (como quadras ou rampas) ou pátios descobertos. A adoção dessa categorização permite criar uma gradação que reflete a disponibilidade de luz natural no ambiente. Do mesmo modo, a análise das estratégias de ventilação também considera a orientação das aberturas — para rampas, corredores enclausurados, quadras ou pátios descobertos — uma vez que tais aspectos são determinantes para as condições de conforto no interior dos ambientes escolares.

ARQUÉTIPOS

Após catalogação dos projetos escolares com base nos critérios elencados, procedeu-se à análise qualitativa e quantitativa para a definição dos arquétipos. A classificação adotada fundamentou-se, principalmente, em características construtivas e em aspectos relacionados ao desempenho térmico e luminoso das edificações, organizados em elementos norteadores e elementos variáveis.

Os elementos norteadores referem-se à posição da quadra e do pátio — se adjacentes ou separados do edifício principal e, no primeiro caso, se localizados na cobertura ou no térreo. A escolha desse elemento justifica-se pelo fato de que a relação entre a quadra e o edifício principal influencia diretamente a volumetria da edificação e, consequentemente, o desempenho térmico e luminoso.

Os elementos variáveis foram definidos a partir da configuração volumétrica do edifício e das estratégias projetuais utilizadas para iluminação e ventilação naturais, tais como: características da circulação principal, estratégias de ventilação, formato da planta e estratégias de iluminação natural.

ANÁLISES

Após definição e especificação dos arquétipos, realizou-se uma análise estatística dos dados catalogados, baseada na frequência e proporção de cada categoria, permitindo identificar padrões recorrentes e tendências predominantes em cada arquétipo. Realizou-se também uma análise crítica focada no desempenho térmico e luminoso das edificações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ARQUÉTIPOS

A Tabela 2 apresenta os parâmetros em que não foram identificadas variações na amostra do banco de dados, demonstrando a presença de padrões projetuais recorrentes na amostra analisada.

Tabela 2: Parâmetros sem variações na amostra do banco de dados

Parâmetro	Valor encontrado na amostra
Distância entre janelas	Até 5x o pé direito
Percentual da abertura de fachada (PAF)	Maior ou igual a 40%
Relação profundidade do ambiente (sala de aula) e área das janelas externas	Ambiente até 7m e área das janelas mínima de 20%

Fonte: as autoras.

A partir da análise dos demais parâmetros, apresentam-se, na Tabela 3, os arquétipos definidos para a amostra do banco de dados, os elementos norteadores que basearam a classificação e as variações presentes em cada arquétipo, relativas à circulação, iluminação, ventilação e configuração da planta.

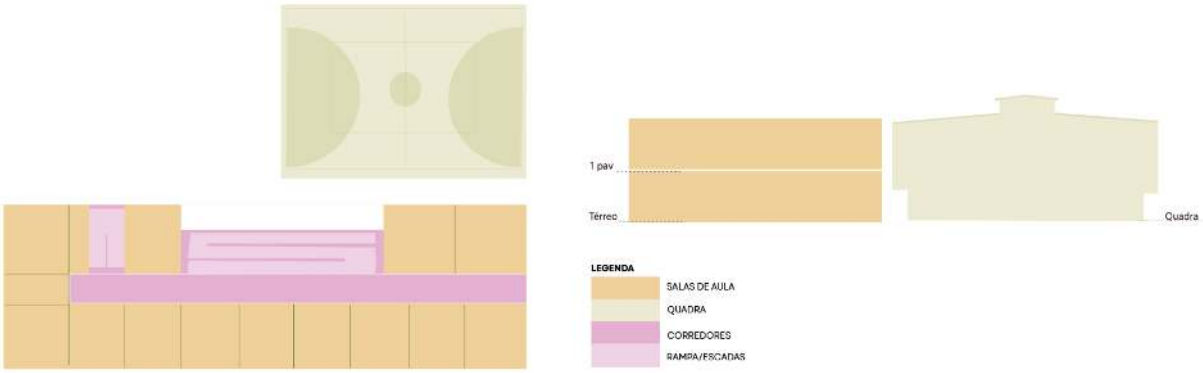
Tabela 3: Arquétipos escolares catalogados para a amostra

Arquétipo	Elemento norteador	Variações			
		Circulação principal	**Planta**	**Estratégia de ventilação**	**Estratégia de iluminação**
Arquétipo 1	Quadra não vinculada ao edifício principal	• Circulação com rampa • Caixa de escada	• H • I	• Ventilação cruzada semiaberta para quadra • Ventilação cruzada enclausurada por salas • Ventilação cruzada semiaberta para rampa	• Iluminação bilateral voltada a espaço coberto
Arquétipo 2	Quadra na cobertura	• Circulação com rampa • Caixa de escada	• I • U • L	• Ventilação cruzada enclausurada por salas • Ventilação cruzada semiaberta para rampa	• Iluminação bilateral voltada a pátio descoberto • Iluminação bilateral voltada a espaço coberto
Arquétipo 3	Quadra ao centro da planta	• Circulação com rampa	• I • U • L • H	• Ventilação cruzada semiaberta para quadra • Ventilação cruzada enclausurada por salas • Ventilação unilateral	• Iluminação bilateral voltada a espaço coberto • Iluminação bilateral voltada para corredor enclausurado
Arquétipo 4	Pátio aberto ou semiaberto ao centro	• Circulação com rampa	• I • U • L	• Ventilação cruzada semiaberta para quadra • Ventilação cruzada semiaberta para pátio descoberto	• Iluminação bilateral voltada a pátio descoberto

Fonte: as autoras.

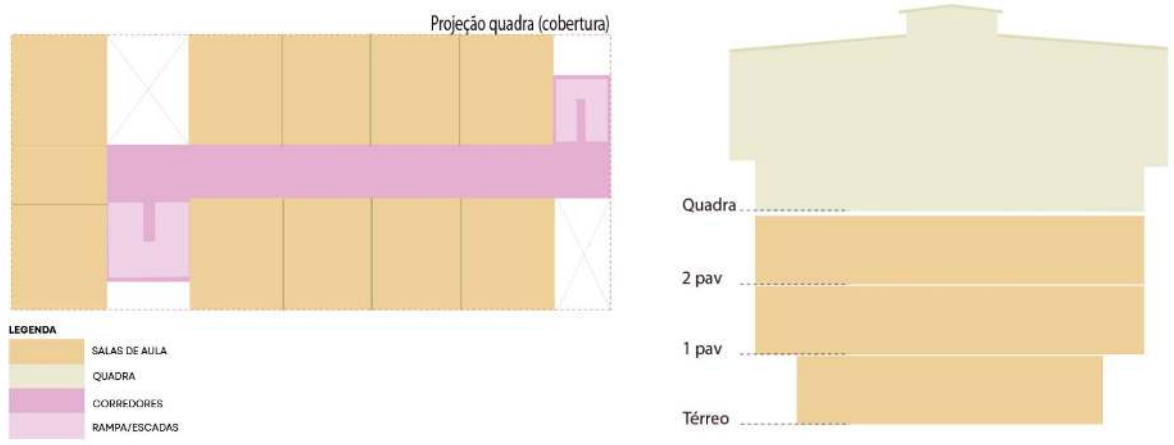
O arquétipo 1 resultou em uma amostra final de 34 casos, o arquétipo 2, em 36 casos - sendo o arquétipo mais recorrente da amostra -, o arquétipo 3 em 15 casos e o arquétipo 4 em 5 casos. Este último, embora apresente circulação por rampas, semelhante ao arquétipo 3, diferencia-se pela adoção sistemática de iluminação bilateral voltada a pátio descoberto, o que indica maior potencial para o aproveitamento da luz natural. Apenas uma escola não se enquadrou em nenhum dos arquétipos ou variações, caracterizando-se como uma exceção. Apesar de apresentar similaridades com as demais, sua particularidade reside na previsão, em projeto executivo, de área destinada à futura expansão. Por esse motivo, sem que se efetue a expansão, o projeto não se incorpora às categorias estabelecidas. Os infográficos de planta e corte apresentados nas Figuras 2 a 5 representam graficamente os arquétipos identificados.

Figura 2: Infográfico em planta (esquerda) e corte (direita) do arquétipo 1.



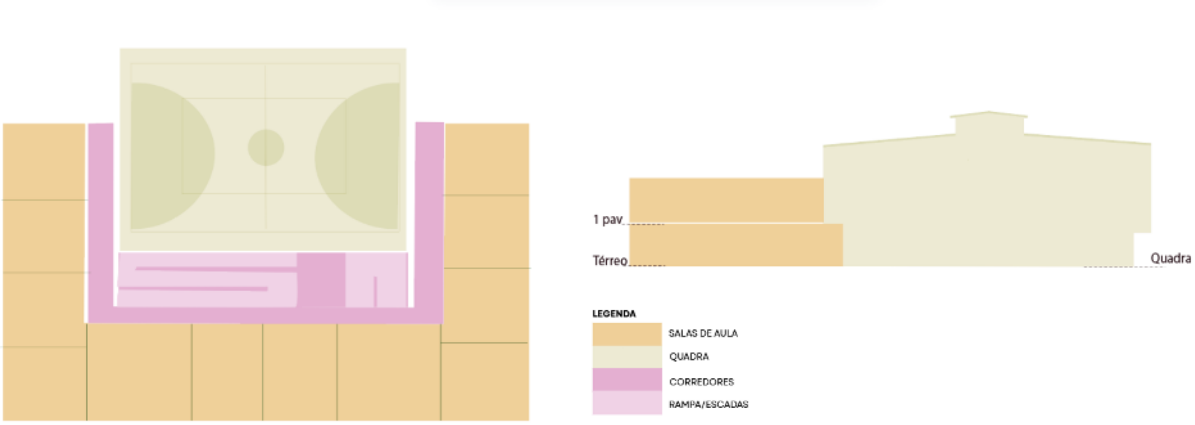
Fonte: as autoras.

Figura 3: Infográfico em planta (esquerda) e corte (direita) do arquétipo 2.



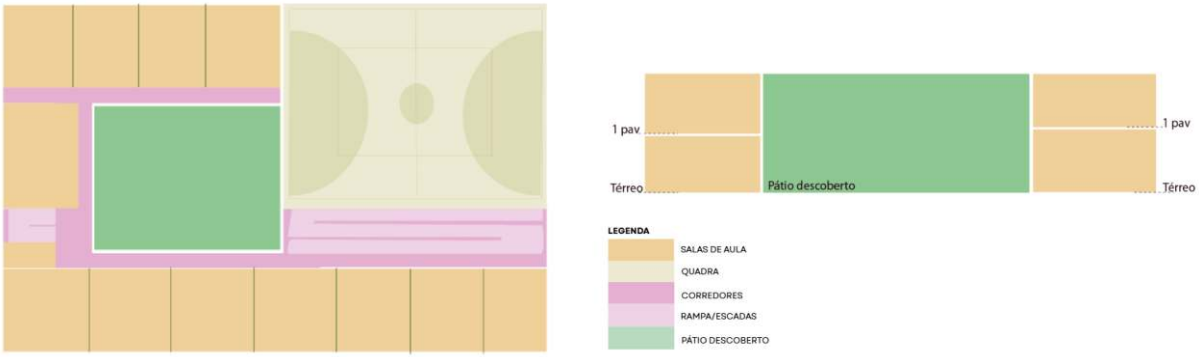
Fonte: as autoras.

Figura 4: Infográfico em planta (esquerda) e corte (direita) do arquétipo 3.



Fonte: as autoras.

Figura 5: Infográfico em planta (esquerda) e corte (direita) do arquétipo 4.



Fonte: as autoras.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Tabela 4 apresenta uma análise de frequência e proporção dos parâmetros presentes no banco de dados. Observa-se que poucos parâmetros apresentam uma grande concentração de escolas em um único intervalo ou categoria. Os parâmetros certificação AQUA-HE e a presença de brises e beirais enquadram-se nesses casos.

Tabela 4: Análise e proporção dos parâmetros gerais do banco de dados

Parâmetros	Maior Frequência	Proporção	IC(p)-95%
Zona bioclimática	3B (mista e seca)	0,41	[0,31; 0,51]
Município	São Paulo	0,26	[0,17; 0,35]
Entorno imediato	Ambiente urbano	0,47	[0,36; 0,57]
Orientação solar das fachadas longitudinais	Noroeste-Sudeste	0,27	[0,18; 0,37]
Ângulo de incidência dos ventos predominantes em relação à fachada longitudinal a barlavento	45°	0,31	[0,21; 0,40]
Certificação AQUA-HE	Não tem certificação	0,85	[0,77; 0,92]
Proporção (largura/ profundidade)	(0,00 - 0,40) e (0,41 - 0,70)	0,84	[0,76; 0,92]
Altura	3 pavimentos ou mais	0,52	[0,41; 0,62]
Aberturas zenitais	Lanternim	0,39	[0,33; 0,53]
Brises	Possuem brises	0,86	[0,79; 0,93]
Beirais	Possuem beirais	0,97	[0,93; 1,00]
Quantidade de quadras	1 quadra	0,50	[0,40; 0,60]

Fonte: as autoras.

A Tabela 5 apresenta o parâmetro de maior frequência dentro de cada arquétipo. A configuração em planta do tipo “I” e a estratégia de ventilação cruzada por corredor enclausurado entre as salas de aula são características comuns aos arquétipos 1 e 2 na maior parte da amostra. Nos arquétipos 3 e 4, a planta em “U” é uma característica comum, porém com menor frequência de ocorrência na amostra total.

Tabela 5: Análise e proporção dos parâmetros que caracterizam os arquétipos

Parâmetros	Análise	Arquétipo 1	Arquétipo 2	Arquétipo 3	Arquétipo 4
Forma da planta	Maior frequência	• I	• I	• U	• U
	Proporção	0,94	0,89	0,67	0,50
	IC(p)-95%	[0,89; 0,99]	[0,83; 0,96]	[0,57; 0,76]	[0,50; 0,70]
Estratégia de ventilação	Maior frequência	• Ventilação cruzada com corredor enclausurado entre salas	• Ventilação cruzada com corredor enclausurado entre salas	• Ventilação cruzada com corredor semiaberto para quadra	• Ventilação cruzada com corredor semiaberto para pátio descoberto
	Proporção	0,90	0,95	0,60	0,50
	IC(p)-95%	[0,84; 0,96]	[0,90; 0,99]	[0,50; 0,70]	[0,50; 0,70]
Estratégia de iluminação	Maior frequência	• Iluminação bilateral voltada para corredor enclausurado	• Iluminação bilateral voltada para corredor enclausurado	• Iluminação bilateral voltada para espaços cobertos	• Iluminação bilateral voltada a pátios descobertos
	Proporção	0,65	0,95	0,67	1,00
	IC(p)-95%	[0,55; 0,75]	[0,90; 0,99]	[0,57; 0,76]	[1,00; 1,00]

Fonte: as autoras.

DISCUSSÃO

Observa-se uma padronização entre as escolas do banco de dados, sendo que sua configuração varia fundamentalmente em função da posição da quadra, das estratégias de ventilação e iluminação e da disposição das salas de aula em planta, em relação ao conjunto edificado. Infere-se que a implantação dos edifícios não considera, necessariamente, a melhor relação entre a configuração volumétrica da escola e as estratégias de ventilação e iluminação naturais. Estudos indicam que a ventilação unilateral e o uso de corredor central são estratégias inadequadas [10], pois apresentam desempenho inferior quando comparadas a modelos em que a fachada oposta da sala de aula é aberta ao exterior [3]. Além disso, o acesso à luz natural associa-se tanto à melhoria da saúde quanto ao aumento do desempenho dos alunos [4], aspecto ainda pouco explorado nos projetos da amostra presente no banco de dados, representativa de escolas FDE, uma vez que as estratégias de iluminação mais recorrentes são a bilateral voltada para corredor enclausurado e ambientes cobertos.

Mesloub *et al.* [2] destacam o papel dos pátios centrais na melhoria das condições microclimáticas e na eficiência energética de edificações. A integração entre ambientes internos e externos também é apontada como um fator relevante para a melhoria do desempenho e do bem-estar dos alunos [4]. No entanto, na amostra analisada, o arquétipo menos recorrente é justamente aquele que utiliza a estratégia de pátio central, enquanto o mais frequente é o modelo com quadra na cobertura e planta em “I”, caracterizado por uma configuração mais verticalizada.

Zhao *et al.* [17] demonstraram que o aumento do grau de fechamento do edifício – de configurações em “I” para “U” e posteriormente para “O” – resulta em leve redução da temperatura média do ar diurna em pátios abertos. Tais diferenças de volumetria ficam claras na classificação dos arquétipos, que apresentam um parâmetro de variação relativo à forma em planta e que condiciona a exposição térmica e o sombreamento. Contudo, a relação entre fechamento, ventilação e desempenho térmico apresenta complexidade variável, pois depende da interação com outros parâmetros ambientais e morfológicos, como vegetação e dispositivos de sombreamento [17].

CONCLUSÃO

Esse trabalho sistematizou e catalogou escolas construídas pela FDE entre 2011 e 2024, com base em critérios de desempenho térmico e luminoso. A análise do banco de dados resultou em quatro arquétipos, diferenciados por seus elementos norteadores e variáveis. Verificou-se que as estratégias projetuais mais recorrentes não necessariamente favorecem a ventilação cruzada e a iluminação natural, sobretudo em arquétipos mais compactos e verticalizados, como o arquétipo 2, predominante na amostra analisada.

O banco de dados faz parte de uma análise mais abrangente, em desenvolvimento, acerca do desempenho térmico e luminoso de edifícios escolares. Os próximos passos incluem estudos de caso em diferentes arquétipos escolares para a comparação de seu desempenho, levando em consideração as intervenções realizadas pelos usuários.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, processo n° 88887.189493/2025-00 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo n° 2025/12557-7.

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] BEYRAGHSHAMSHIR, M.; SARKARDEHEI, E. A comparison of the cooling and heating performance of two passive systems of central courtyards and atriums at an elementary school in Yazd City. **Solar Energy**, v. 252, p. 156–162, 1 mar. 2023.

[2] MESLOUB, A. et al. Multi-objective optimization of switchable suspended particle device vacuum glazing for comfort and energy efficiency in school typologies under hot climate. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 61, p. 105039, 1 set. 2024.

[3] KHANI, A. et al. Multi-objective optimization for energy consumption, visual and thermal comfort performance of educational building (case study: Qeshm Island, Iran). **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 54, p. 102872, 1 dez. 2022.

[4] MANCA, S. et al. The effect of school design on users' responses: A systematic review (2008-2017). **Sustainability** (Switzerland), v. 12, n. 8, 1 abr. 2020.

[5] DONG, J. et al. Unintended consequences of English school stock energy-efficient retrofit on cognitive performance of children under climate change. **Building and Environment**, v. 249, p. 111107, 1 fev. 2024.

[6] DONG, J. et al. A review of approaches and applications in building stock energy and indoor environment modelling. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 44, n. 3, p. 333–354, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1177/01436244231163084. Acesso em: 29 jun. 2026

[7] KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar**: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

[8] **FDE - FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. A FDE**. Disponível em: https://www.fde.sp.gov.br/PagePublic/Interna.aspx?codigoMenu=9. Acesso em: 30 maio 2025.

[9] ABREU-HARBICH, L.; SARTORI, S. U. Avaliação térmica e lumínica em escolas padrão FDE: Abordagem do fator WWR. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 20, n. 1, p. 1–14, 7 out. 2024.

[10] SHIMASAKI, N. S. et al. Análise comparativa de conforto térmico e ventilação natural entre edifícios escolares com e sem a certificação ambiental AQUA-HQE. **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 17, p. 1–10, 26 out. 2023.

[11] HEYWOOD, H. **101 rules of thumb for low-energy architecture** [101 regras básicas para arquitetura de baixo consumo energético]. London: RIBA Publishing, 2012.

[12] **ABNT - 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.

[13] BRASIL. Ministério da Economia/Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). **Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021.** Brasília, 2021. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br. Acesso em: 9 abr. 2026.

[14] CLIMATE.ONEBUILDING.ORG **Brazil – WMO Region 3 South America**. Disponível em: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html. Acesso em: 29 jun. 2026.

[15] ASHRAE. 2025 **ASHRAE Handbook—Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE, 2025.

[16] ROBINSON, A.; SELKOWITZ, S. **Tips for daylighting with windows.** Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013.

[17] ZHAO, Y. et al. Exploring the optimal designs of building morphology and shading in school courtyards for heat-vulnerable children. **Building and Environment**, v. 287, p. 113922, 1 jan. 2026.