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.v21i1.8442

Trazendo a luz natural para o interior: o desempenho de fachadas duplas com cobogó

Bringing Daylight In: The Performance of Cobogó-Based Double Skin Façades

Jéssica Gomes de Carvalho
UFJF | Juiz de Fora | Brasil | jggomesccarvalho@gmail.com
Beatriz Se Keng Moon
UFRJ | Rio de Janeiro | Brasil | beatriz.moon@fau.ufrj.br
Klaus Chaves Alberto
UFJF | Juiz de Fora | Brasil | klaus.alberto@ufjf.br
Sabrina Andrade Barbosa
UERJ | Petrópolis | Brasil | sabrina.barbosa@uerj.br

Resumo

Apesar do interesse por elementos vazados em fachadas, ainda são limitados os estudos que investigam a influência de cobogós no desempenho da iluminação natural em fachadas duplas (FD). Assim, este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho da iluminação natural em FD com painéis de cobogó, considerando diferentes taxas de perfuração (20%, 50% e 80%) e materiais (fibrocimento, madeira e aço), em clima subtropical. A metodologia baseou-se em simulações computacionais realizadas nos *softwares Rhinoceros, Grasshopper* e *plugins* associados, utilizando dados climáticos de São Paulo e análise por meio da métrica *sDA*300/50%. Os resultados demonstraram que a taxa de perfuração é o principal fator de influência, com aumento da autonomia de luz natural à medida que a permeabilidade da fachada se eleva. Em contrapartida, em baixos níveis de perfuração, o desempenho mostrou-se insuficiente, sobretudo nos pavimentos inferiores. O material apresentou influência secundária, com leve destaque para o aço. O estudo evidencia o potencial do uso de cobogós na camada externa de FD para a promoção da iluminação natural.

Palavras-chave: Iluminação natural. Fachada dupla. Cobogó. Desempenho da iluminação natural. Simulação computacional.

Abstract

Despite the growing interest in perforated façade elements, studies investigating the influence of cobogós on daylighting performance in double skin façades (DSF) remain limited. Therefore, this study aims to evaluate the daylighting performance of DSF incorporating cobogó panels with different perforation rates (20%, 50%, and 80%) and materials (fiber cement, wood, and steel) under a subtropical climate. The methodology was based on computational simulations conducted using Rhinoceros, Grasshopper, and associated plugins, employing climate data from São Paulo, and assessing performance through the sDA300/50% metric. The results demonstrated that the perforation rate is the primary factor influencing daylight performance, with daylight autonomy increasing as façade permeability rises. Conversely, low perforation levels resulted in in insufficient performance, particularly on the lower floors. Material type showed a secondary influence, with steel presenting slightly better results. The findings highlight the potential of incorporating cobogós into the outer layer of DSFs to enhance daylight availability.

CARVALHO, Jéssica Gomes de; MOON, Beatriz Se Keng; ALBERTO, Klaus Chaves; BARBOSA, Sabrina Andrade. Trazendo a luz natural para o interior: o desempenho de fachadas duplas com cobogó. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

Keywords: Daylighting. Double skin façade. Cobogó. Daylight performance. Computational simulation.

INTRODUÇÃO

Um dos pilares centrais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) [1] é promover uma vida saudável com dignidade e igualdade, meta diretamente relacionada ao projeto do ambiente construído. A literatura sobre edifícios e bairros sustentáveis identifica a iluminação natural como uma estratégia arquitetônica fundamental [2], enquanto estudos neurocientíficos e biológicos enfatizam a importância da luz natural para a redução da fadiga e o aumento do estado de alerta [3,4].

Em edifícios educacionais, o acesso a uma iluminação natural de qualidade proporciona benefícios fisiológicos aos usuários, ao mesmo tempo em que contribui para a eficiência energética e a redução do consumo operacional [5]. Consequentemente, maximizar a disponibilidade de luz natural e aprimorar seu desempenho qualitativo tornou-se um objetivo central no projeto de edificações escolares.

Nesse contexto, a fachada do edifício desempenha um papel crucial ao mediar interações térmicas, de fluxo de ar e de iluminação natural. Entre as tecnologias contemporâneas de fachada, as fachadas duplas (FD) são reconhecidas como uma estratégia eficaz para a arquitetura sustentável. Uma FD consiste, tipicamente, em uma camada externa adicional, geralmente envidraçada, separada da fachada principal por uma cavidade de ar [6].

Pesquisas recentes têm investigado materiais não convencionais para a camada externa de FDs com o objetivo de aprimorar o controle da iluminação natural e o desempenho ambiental. Estudos com sistemas de ETFE (etileno tetrafluoroetileno) indicam que tais materiais melhoram o controle de ofuscamento, a uniformidade da luz natural e a iluminância útil em comparação com vidro duplo, por exemplo [7,8]. De forma semelhante, pesquisas sobre fachadas perfuradas destacam a influência da geometria e da taxa de perfuração no desempenho da iluminação natural, com padrões retangulares apresentando melhor desempenho do que padrões circulares e triangulares [9]. No Brasil, edifícios com FD incluem diversos materiais para a pele secundária, como chapas metálicas, têxteis, madeira, concreto polimérico e sistemas de cabos de aço, demonstrando a versatilidade do sistema [10]. Entre os elementos vazados, o cobogó destaca-se como componente tradicional da arquitetura brasileira, com potencial para modular a entrada de luz natural por meio de sua geometria, promovendo sombreamento e difusão luminosa; entretanto, ainda são escassos os estudos que investigam sua aplicação como camada externa em sistemas de FD.

Embora o desempenho térmico e energético de FD tenha sido amplamente explorado na literatura, os estudos sobre iluminação natural ainda são escassos, sobretudo em regiões tropicais [11]. Ademais, apesar do reconhecimento de que características dos materiais, como cor e textura, influenciam a reflexão, a difusão e a absorção da luz, os estudos sobre FD e elementos perfurados concentra-se na geometria e na taxa de perfuração, relegando a um segundo plano o impacto do material no desempenho da iluminação natural [12]. Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho da iluminação natural de sistemas FD que incorporam painéis de cobogó com diferentes taxas de perfuração e materiais, sob condições climáticas subtropicais.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8442

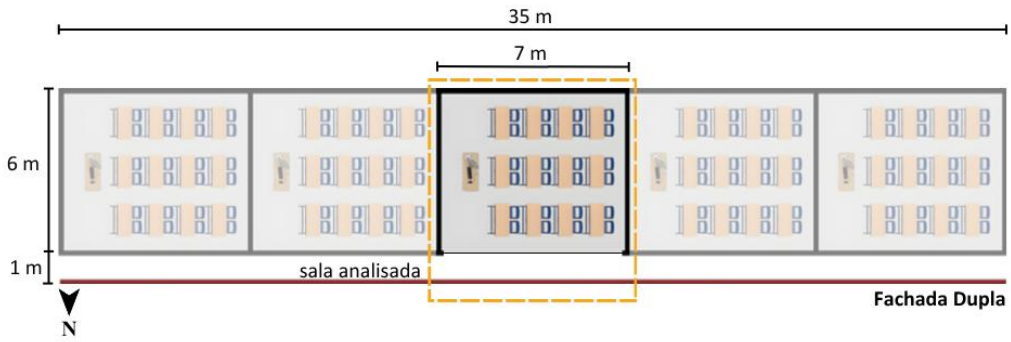
METODOLOGIA

Este estudo utilizou simulações computacionais de iluminação natural por meio dos softwares *Rhinoceros 3D* e *Grasshopper,* em conjunto com os plugins *Ladybug Tools*, *Honeybee* e *LunchBox*. A utilização de simulação computacional permite analisar o comportamento da luz natural ao longo do ano, considerando variáveis climáticas dinâmicas e também possibilita a avaliação comparativa entre diferentes cenários projetuais.

Foi adotado o arquivo climático *EnergyPlus Weather (EPW)* para São Paulo (23°S, 46°O). A cidade apresenta clima subtropical úmido (*Cwa*, classificação de *Köppen–Geiger*), caracterizado por verões chuvosos e invernos mais secos.

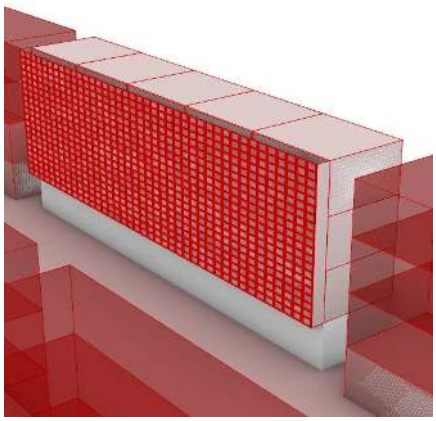
Conforme apresentado nas Figuras 1 e 2, o modelo base representa um edifício educacional de quatro pavimentos. Cada pavimento possui cinco salas de aula com dimensões de 7 m × 6 m, projetadas para até 24 alunos. A altura de cada pavimento é de 3,5 m, e a fachada principal está orientada para o norte, com extensão de 35 m e a 1 m de espaçamento com a fachada dupla (FD). A análise concentrou-se nas salas de aula centrais do segundo, terceiro e quarto pavimentos; o térreo foi modelado apenas como uma zona ao nível do solo. O mobiliário não foi considerado.

Figura 1: Modelos de planta baixa



Fonte: autores

Figura 2: 3D do Modelo

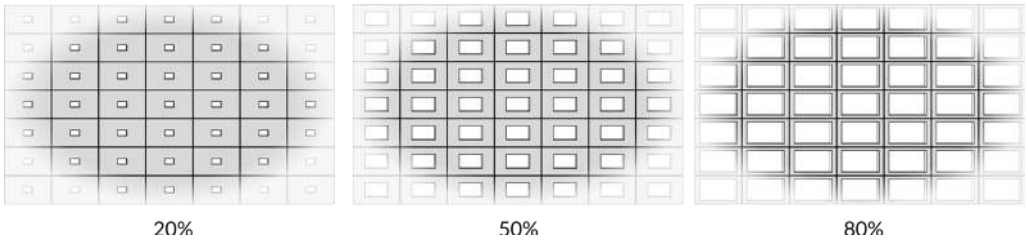


Fonte: autores

Uma malha de sensores foi posicionada em um plano horizontal a 0,8 m acima do nível do piso, com espaçamento de 0,6 m entre os pontos [13], para registrar os valores de iluminância.

Configurações alternativas de fachadas duplas (FD) incorporaram painéis de cobogó com três taxas de perfuração (20%, 50% e 80%), como ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Esquema de perfurações



Fonte: autores

Foram considerados três materiais: fibrocimento, madeira e aço. As propriedades dos materiais estão apresentadas na Tabela 1.

A configuração da envoltória da edificação seguiu a norma [13], enquanto as propriedades dos materiais dos cobogós foram baseadas em parâmetros de referência do banco de dados de materiais do *DesignBuilder*, implementado no *Grasshopper*.

O entorno foi modelado como um contexto urbano hipotético, composto por edificações vizinhas de quatro pavimentos, com afastamento frontal de 21 m (largura da via) e afastamentos laterais de 3 m.

Tabela 1: Características de materiais do modelo

Superfície		**Refletância (%)**	
Forro		70	
Parede		50	
Piso		20	
Edifícios do entorno		50	
Pavimento externo		20	
Tipo de vidro (interno e externo)	**Camadas**	**Transmitância luminosa (%)**	**Refletância luminosa (%)**
Transparente	Duplo	77,4	15
Material do cobogó (espessura de 5 cm)	**Refletância (%)**	**Refletância especular (%)**	**Rugosidade**
Fibrocimento	40	0	20
Madeira	35	5	30
Aço	55	10	10

Fonte: autores

O desempenho da iluminação natural foi avaliado por meio da Autonomia Espacial de Luz Natural ($sDA_{300/50\%}$), que corresponde à porcentagem de um espaço que recebe uma iluminância mínima de 300 lux durante pelo menos 50% das horas anuais de ocupação. Os limites de aceitabilidade e de desempenho preferencial foram estabelecidos em 55% e 75%, respectivamente, conforme os critérios da *IES LM*-83-12 [13]. A métrica é amplamente utilizada em estudos contemporâneos por permitir a avaliação do desempenho da iluminação natural de forma anual e baseada em condições climáticas reais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de *sDA*300/50% estão apresentados na Tabela 2. A leitura comparativa entre os casos demonstra que a variação da taxa de perfuração produziu diferenças mais expressivas do que a mudança de material, em todos os pavimentos analisados. Em termos gerais, observa-se uma progressão consistente dos valores de *sDA* à medida que a permeabilidade da camada externa aumenta de 20% para 50% e, posteriormente, para 80%, indicando que a abertura do sistema possui papel determinante na admissão de luz natural. Esse comportamento repete-se para fibrocimento, madeira e aço, o que reforça a predominância da geometria da fachada sobre as propriedades ópticas dos materiais no conjunto avaliado.

Com uma taxa de perfuração de 20%, nota-se que todos os materiais apresentaram *sDA* igual a 0% indicando que, nessa configuração, a luz natural disponível não foi suficiente para atender ao critério mínimo em nenhuma parcela do ambiente ao longo do ano. No terceiro pavimento, embora haja melhora discreta, os valores permanecem muito baixos, variando entre 8% e 14%, o que confirma que a baixa permeabilidade da fachada compromete severamente a autonomia luminosa. Apenas no quarto pavimento os resultados atingem a faixa de 63% a 67%, ultrapassando o limite de aceitabilidade. Isso evidencia que, em cenários de baixa abertura, a altura do pavimento se torna decisiva para o desempenho luminoso, sugerindo forte influência da menor obstrução do entorno e de condições mais favoráveis de acesso à luz nos níveis superiores.

Foi observado ainda que, para os casos com taxa de perfuração de 20%, as diferenças entre materiais são pequenas em termos absolutos, mas o aço apresenta desempenho ligeiramente superior, especialmente no terceiro e quarto pavimento. Ainda que essa vantagem não altere o enquadramento geral dos resultados, ela sugere que, em situações mais restritivas, materiais com maior refletância podem contribuir para um aproveitamento um pouco mais eficiente da luz incidente.

Tabela 2: Resultados de *sDA*$_{300/50\%}$

Material	Taxa de perfuração (%)	2º pav. (%)	3º pav. (%)	4º pav. (%)
Fibrocimento	20	0	8	63
Fibrocimento	50	36	46	76
Fibrocimento	80	64	75	100
Madeira	20	0	8	66
Madeira	50	39	46	78
Madeira	80	63	76	100
Aço	20	0	14	67
Aço	50	45	50	81
Aço	80	65	77	100

Fonte: autores

Com uma taxa de perfuração de 50%, o desempenho da iluminação natural melhorou em todos os pavimentos. No segundo pavimento, os valores variaram entre 36% e 45%, enquanto no terceiro pavimento atingiram entre 46% e 50%. O quarto pavimento superou consistentemente o limite de desempenho preferencial, com valores entre

76% e 81%. Nesse nível, as diferenças entre materiais tornaram-se mais evidentes, com os painéis de cobogó em aço apresentando valores de *sDA* ligeiramente superiores. A partir disso, nota-se que quando a geometria permite uma maior entrada de luz, as propriedades superficiais dos materiais passam a exercer influência complementar sobre o desempenho final.

Os cenários com 80% de perfuração apresentaram o melhor desempenho de iluminação natural. O *sDA* superou 60% no segundo pavimento e 75% no terceiro pavimento para todos os materiais, enquanto o quarto pavimento atingiu 100% de *sDA* em todos os casos. Nessas condições, as diferenças relacionadas aos materiais tornaram-se desprezíveis, indicando que a abertura da fachada tem maior influência do que as propriedades dos materiais quando a permeabilidade é maximizada.

De modo geral, os resultados indicam que o desempenho da iluminação natural em fachadas duplas com cobogó é predominantemente influenciado pela taxa de perfuração, configurando-se como o principal parâmetro de controle da autonomia luminosa. Observa-se que a condição com 20% de perfuração foi insuficiente para garantir níveis adequados de *sDA* nos pavimentos inferiores, enquanto a taxa de 50% representou uma situação intermediária, com melhoria significativa, porém ainda desigual entre os diferentes níveis da edificação. Já os cenários com 80% de perfuração apresentaram desempenho satisfatório ou superior em todos os pavimentos, evidenciando o potencial do sistema em condições de maior permeabilidade.

A posição do pavimento também se mostrou relevante, com desempenho progressivamente superior nos níveis mais elevados, ao passo que a influência do material foi secundária, tornando-se mais perceptível apenas em condições mais restritivas, nas quais os painéis de aço apresentaram valores ligeiramente superiores, possivelmente associados à sua maior refletância visível e às superfícies semiespeculares, que favorecem a redireção da luz natural para o interior da edificação. Dessa forma, os resultados reforçam que o controle geométrico da camada externa constitui a variável mais determinante para o comportamento lumínico do sistema.

CONCLUSÃO

Este estudo avaliou o desempenho da iluminação natural de sistemas de FD que incorporam painéis de cobogó com diferentes taxas de perfuração e materiais, sob condições climáticas subtropicais. Os resultados confirmam que a taxa de perfuração é o principal fator determinante da autonomia luminosa, evidenciando a forte relação entre a geometria da camada externa e a capacidade de admissão de luz natural nos ambientes internos.

De modo geral, verificou-se que baixas taxas de perfuração resultam em desempenho insuficiente, especialmente nos pavimentos inferiores, enquanto condições intermediárias promovem melhorias significativas, ainda que com variações entre os níveis da edificação. Por outro lado, cenários com maior permeabilidade apresentam desempenho satisfatório ou superior em todos os pavimentos, indicando o potencial

do sistema quando há maior abertura da fachada. A posição do pavimento também se mostrou relevante, com melhores resultados nos níveis mais elevados, enquanto a influência do material foi secundária, sendo mais perceptível em condições mais restritivas, nas quais os painéis de aço apresentaram desempenho ligeiramente superior.

Dessa forma, os resultados reforçam que o controle geométrico da camada externa constitui a variável mais determinante para o desempenho da iluminação natural em sistemas de fachadas duplas com cobogó. A definição adequada da taxa de perfuração é, portanto, essencial para garantir níveis satisfatórios de autonomia luminosa, sobretudo em pavimentos inferiores.

Como limitações do estudo, destaca-se a ausência de análise integrada com o desempenho térmico e energético, bem como a simplificação de variáveis relacionadas ao comportamento do usuário. Pesquisas futuras devem incorporar abordagens mais abrangentes, incluindo a avaliação do conforto visual, do ofuscamento e do consumo de energia, além de explorar diferentes padrões geométricos de cobogó e estratégias híbridas de materiais.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram as ferramentas ChatGPT versão 5.5 e Gemini 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] **UNITED NATIONS**. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations, 2015.

[2] COGUL, I. Ç.; KAZANASMAZ, Z. T.; EKICI, B. A literature review on sustainable buildings and neighborhoods in terms of daylight, solar energy and human factors. **Journal of Building Engineering**, v. 103, p. 111989, jun. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111989

[3] ARIES, M.; AARTS, M.; VAN HOOF, J. Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment. **Lighting Research & Technology**, v. 47, n. 1, p. 6-27, nov. 2013. DOI: https://doi.org/10.1177/1477153513509258

[4] HOSSEINI, S. N.; WALTON, J. C.; SHEIKHANSARI, I.; KREIDLER, N.; NELSON, R. J. An architectural solution to a biological problem: A systematic review of lighting designs in healthcare environments. **Applied Sciences**, v. 14, n. 7, p. 2945, mar. 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/app14072945

[5] NOCERA, F.; LO FARO, A.; COSTANZO, V.; RACITI, C. Daylight performance of classrooms in a Mediterranean school heritage building. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3705, out. 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/su10103705

[6] SHAMERI, M. A.; ALGHOUL, M. A.; SOPIAN, K.; ZAIN, M. FAUZI M.; ELAYEB, O. Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 3, p. 1468–1475, abr. 2011. DOI: https://doi-org/10.1016/j.rser.2010.10.016

[7] FLOR, J. F.; SUN, Y.; BECCARELLI, P.; CHILTON, J.; WU, Y. Retrofitting office buildings: Enhancing daylighting performance with switchable ETFE double-skin façades. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEXTILE COMPOSITES AND INFLATABLE STRUCTURE, 10., 2021, Barcelona. **Proceedings [...]** Barcelona: SCIPEDIA, 2021. p. 1-8.

[8] FLOR, J. F.; LIU, X.; SUN, Y.; BECCARELLI, P.; CHILTON, J.; WU, Y. Switching daylight: Performance prediction of climate adaptive ETFE foil façades. **Building and Environment**, v. 209, p. 108650, fev. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108650

[9] KHAMIS, A. A.; IBRAHIM, Y.; ELKHATIEB, M. M. Daylighting optimisation of double skin façades' perforation and shape in office buildings, in Cairo, Egypt. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL AND ARCHITECTURAL ENGINEERING (ICCAE), 16., 2025, Cairo. **Proceedings [...]** Cairo: IOP Publishing Ltd, 2025. p. 1-10.

[10] MELA, D.; TIBÚRCIO, T. M. de S. Mapeamento de fachadas duplas no Brasil: tecnologias e materiais aplicados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019, Uberlândia. **Anais [...]** Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 679-691.

[11] BARBOSA, S. A.; ALBERTO, K. C. Effect of the double skin façade material on the thermal performance of the educational building in tropical climate. **Building Research & Information**, v. 62, n. 3, p. 201–216, mar. 2019. DOI: https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1586640

[12] ABDELHAMID, Y. M. S.; WAHBA, S. M.; ELHUSSEINY, M. The effect of parametric patterned façade variations on daylight quality, visual comfort, and daylight performance in architecture studio-based tutoring. **Journal of Daylighting**, v. 10, p. 173-191, 2023. DOI: https://doi.org/10.15627/jd.2023.15

[13] ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. ***LM-83-12:*** *Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE).* New York, 2012.