# Exploração do espaço de soluções termo lumínicas de dispositivo cinético de sombreamento de fachada em clima quente

## Exploring the thermal and daylighting solution space of a kinetic façade shading device in a hot climate

**Sebastião Cezar Paredes do Amaral**
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa | Brasil | cezar_amaral_@hotmail.com
**Felipe Tavares da Silva**
Universidade Federal da Paraíba | João Pessoa | Brasil | felipe.tavares@academico.ufpb.br

### Resumo

Este trabalho avalia o desempenho termo-lumínico de um dispositivo cinético de sombreamento dinâmico em 12 cenários de simulação, combinando três valores de WWR (0,40; 0,60; 0,90) e quatro orientações (Norte, Sul, Leste, Oeste), no clima quente e úmido de João Pessoa. A metodologia baseia-se na análise conjunta de percentis extremos (p5 e p95) aplicados simultaneamente às distribuições de iluminância e temperatura operativa, caracterizando o efeito do sombreamento sobre picos e níveis inferiores. Introduz-se o índice de seletividade lumínica, que quantifica em que medida o dispositivo reduz preferencialmente os níveis superiores de lux com baixa penalização dos níveis inferiores. Os resultados indicam redução sistemática do p95 da temperatura operativa em todos os cenários, mais expressiva em WWR 0,90, e atuação predominante sobre a cauda superior da iluminância na maior parte do ano. A análise conjunta mostrou ausência de dominância universal: a configuração que mais controla os níveis superiores de lux não coincide com a de maior benefício térmico, indicando que a escolha da fachada deve ser precedida da definição explícita do critério prioritário de desempenho, em função da orientação e do programa de uso.

Palavras-chave: sombreamento cinético; iluminância; temperatura operativa; percentis; desempenho de fachadas.

### Abstract

*This study evaluates the thermal and daylighting performance of a kinetic dynamic shading device across 12 simulation scenarios combining three window-to-wall ratios (0.40, 0.60, and 0.90) and four orientations (North, South, East, and West) under the hot and humid climate of João Pessoa, Brazil. The methodological approach is based on the joint analysis of extreme percentiles (p5 and p95), applied simultaneously to the distributions of illuminance and operative temperature, to characterize shading effects on both upper tails and lower levels. A luminous selectivity index is introduced to quantify the extent to which the device preferentially reduces upper illuminance levels without proportionally penalizing lower ones. Results indicate that the device systematically reduced the p95 of operative temperature across all scenarios, with the most pronounced benefits at WWR 0.90, and acted mainly on the upper tail of the illuminance distribution, with limited impact on lower light levels throughout most of the year. Joint analysis showed no universal dominance: the scenario that most effectively controls upper illuminance levels does not coincide with the one offering the greatest thermal benefit, indicating that façade selection should be preceded by an explicit definition of the priority performance criterion in terms of orientation and occupancy program.*

*Keywords: kinetic shading; illuminance; operative temperature; percentiles; facade performance.*

Como citar:
AMARAL, S.C.P.; SILVA, F.T. **Exploração do espaço de soluções termo lumínicas de dispositivo cinético de sombreamento de fachada em clima quente**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 2026.

# INTRODUÇÃO

A busca por edificações de alto desempenho energético e conforto ambiental tem impulsionado soluções de envoltória capazes de responder às condições climáticas externas. Em regiões quentes, esse desafio envolve simultaneamente reduzir ganhos térmicos e preservar a disponibilidade de luz natural, o que torna o controle solar um componente central do projeto arquitetônico [1].

Nesse contexto, dispositivos cinéticos de sombreamento se destacam por permitir a modulação dinâmica da radiação incidente, ajustando a abertura da fachada ao longo do dia e da estação. A literatura recente aponta que esses sistemas podem melhorar o conforto visual e contribuir para o controle térmico, especialmente quando integrados ao desenho da fachada desde as etapas iniciais do projeto [2][3][4][5].

Em climas tropicais úmidos, como o de João Pessoa-PB, a avaliação de desempenho não pode se limitar a valores médios de iluminância ou temperatura operativa. A alta incidência de radiação direta ao longo do ano amplia os riscos de superaquecimento e ofuscamento, de modo que os extremos da distribuição assumem papel decisivo na interpretação do comportamento da fachada. Por isso, métricas dinâmicas baseadas em séries anuais e percentis são mais adequadas para representar tanto os picos de iluminância quanto a cauda superior da temperatura operativa [6][7].

Este trabalho propõe, portanto, uma abordagem baseada em percentis espaciais e temporais para analisar o desempenho termo-lumínico de um dispositivo cinético de sombreamento em 12 cenários de simulação, resultantes da combinação de três valores de WWR e quatro orientações. A comparação entre as condições sem e com o dispositivo permite identificar em que medida o sombreamento atua de forma seletiva, reduzindo os picos de iluminância e temperatura sem penalizar de maneira equivalente a base da distribuição de luz natural.

A contribuição central do estudo está em usar o par **p5–p95** como estrutura analítica conjunta. Essa escolha permite distinguir configurações em que o sombreamento é mais eficiente por controlar extremos sem comprometer a qualidade geral do ambiente interno, daquelas em que o benefício térmico ocorre à custa de maior perda de luz útil. Com isso, o artigo explicita o espaço de soluções termo-lumínicas da fachada e reforça que a escolha da configuração mais adequada depende do critério prioritário de desempenho, da orientação e do programa de uso.

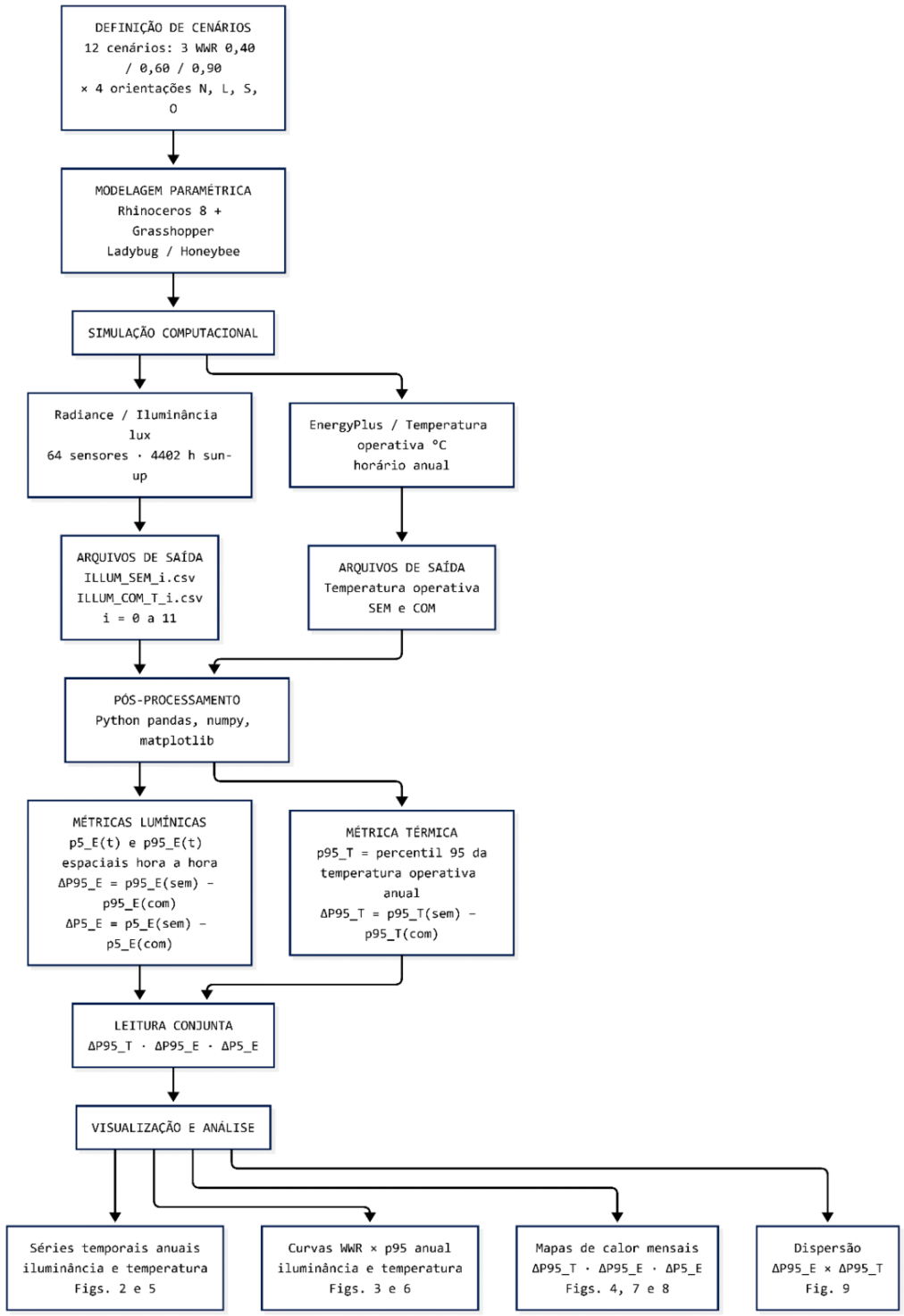
# MÉTODO

## MODELO E FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO

A estrutura de simulação adotou um modelo simplificado do tipo caixa de sapato (*shoebox)*, com dimensões de 4 × 4 m, pé-direito de 3,0 m e abertura única na fachada. A malha de iluminância, composta por 64 sensores distribuídos no plano de trabalho, seguiu os procedimentos normativos da ABNT para iluminação natural em ambientes internos [8][9]. Foram simulados 12 cenários (Figura 1), resultantes da combinação de três valores de WWR com quatro orientações. Cada cenário foi analisado em dois estados: SEM dispositivo cinético de sombreamento e COM dispositivo cinético de

sombreamento, totalizando 24 séries anuais. O dispositivo foi modelado com lógica antecipatória (*feed-forward*), alternando entre posição aberta e fechada a partir do ângulo limite de 45° formado entre o mastro e o vetor solar, conforme a abordagem de sombreamento cinético adotada no estudo [2][10]. O arquivo climático utilizado corresponde ao cenário RCP 2.6, com horizonte 2050, para João Pessoa-PB [11][12].

**Figura 1: Diagrama Processo Metodológico**




Fonte: o autor.

## FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

As simulações termo-lumínicas foram conduzidas no Rhinoceros 8, com modelagem paramétrica em Grasshopper e uso dos plugins Ladybug e Honeybee, integrados aos motores Radiance e EnergyPlus. A modelagem ambiental e o encadeamento computacional seguiram a lógica de plataformas paramétricas amplamente empregadas em análises de desempenho arquitetônico [10][13]. O pós-processamento, a interpolação, o cálculo dos percentis, a organização das séries e a geração das visualizações foram implementados em Python 3.13.9, com apoio das bibliotecas Pandas, NumPy e Matplotlib.

## ANÁLISE TERMO-LUMÍNICA

A análise foi estruturada a partir da comparação pareada entre os cenários sem e com sombreamento, preservando a correspondência horária entre as simulações. O objetivo foi isolar o efeito incremental do dispositivo em cada combinação de WWR e orientação. A leitura dos resultados foi realizada em duas escalas temporais: anual, para a caracterização global do sistema, e mensal, para a identificação de variações sazonais.

## TRATAMENTO DOS DADOS DE ILUMINÂNCIA

No domínio lumínico, a iluminância horária foi tratada como uma variável espaço-temporal, representada por:

$$E_{i,t}$$

em que $E$ é a iluminância, $i$ representa o sensor da malha e $t$ representa a hora simulada.
Como a média espacial pode ocultar simultaneamente regiões com excesso de luz e regiões subiluminadas, optou-se por resumir o campo de iluminâncias por meio de percentis espaciais calculados hora a hora. Para cada instante, foram obtidos:

$$p5_E(t), \quad p95_E(t)$$

O percentil representa os níveis superiores de iluminância, associados aos picos de entrada de luz e ao risco de ofuscamento. O percentil representa a base da distribuição espacial, associada às regiões menos iluminadas. Essa distinção é coerente com abordagens dinâmicas de avaliação da luz natural, que privilegiam séries temporais e distribuições anuais em vez de indicadores estáticos [6][7]. Para cada configuração de WWR e orientação, e para cada período de agregação, foram calculados os percentis de iluminância nos cenários sem e com sombreamento. O efeito do dispositivo foi expresso por:

$$\Delta p5_E = p5_E^{\text{sem}} - p5_E^{\text{com}}$$
$$\Delta p95_E = p95_E^{\text{sem}} - p95_E^{\text{com}}$$

Valores positivos indicam redução da iluminância causada pelo sombreamento. Entretanto, a interpretação desses valores é distinta para cada percentil: a redução de $\Delta p95_E$ expressa controle dos picos de luz, enquanto a redução de $\Delta p5_E$ indica possível penalização da disponibilidade luminosa nas zonas menos favorecidas.

### TRATAMENTO DOS DADOS DE TEMPERATURA OPERATIVA

No domínio térmico, a simulação fornece uma série horária única de temperatura operativa para o ambiente, sem distribuição espacial por sensores. A variável foi, portanto, tratada como:

$$T_{op}(t)$$

Para cada configuração de WWR e orientação, foram calculados os indicadores térmicos nos cenários **SEM** e **COM** sombreamento. Como o foco do estudo está associado ao desempenho em clima quente, a análise enfatizou a cauda superior da distribuição de temperatura operativa. O principal indicador utilizado foi:

$$p95_T$$

O percentil $p95_T$ representa os níveis superiores de temperatura operativa e reduz a influência de eventos isolados extremos. O efeito térmico do sombreamento foi quantificado por:

$$\Delta p95_T = p95_T^{\text{sem}} - p95_T^{\text{com}}$$

Nesse caso, valores positivos indicam redução da temperatura operativa causada pelo sombreamento. A escolha dessa variável é compatível com abordagens consagradas de conforto térmico e avaliação de sobreaquecimento em edificações [2][3].

### LEITURA CONJUNTA TERMO-LUMÍNICA

A análise conjunta termo-lumínica foi conduzida pela leitura simultânea de $\Delta p95_T, \Delta p95_E, \Delta p5_E$ . Diferentemente do domínio térmico, no qual a redução da temperatura é desejável em clima quente, no domínio lumínico a redução da iluminância possui dupla interpretação: pode indicar controle de excesso de luz, mas também pode significar perda de disponibilidade luminosa.

$$\Delta p95_T, \quad \Delta p95_E, \quad \Delta p5_E$$

Assim, a leitura integrada permitiu identificar configurações em que o sombreamento foi seletivo, reduzindo os extremos superiores da distribuição sem rebaixar de forma equivalente a base da iluminância. Essa interpretação preserva a leitura física das variáveis e evita condensar fenômenos concorrentes em um único índice composto.

### ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS E VISUALIZAÇÃO DE DADOS

Os resultados foram organizados por WWR, orientação e condição de sombreamento, em escala anual e mensal. Para o panorama anual, foram produzidas tabelas com os valores absolutos de $p95_E$, $p95_T$, dos respectivos deltas entre os cenários SEM e COM. Para o panorama mensal, o mesmo procedimento foi repetido, permitindo identificar períodos em que o sombreamento apresentou maior ou menor efetividade.
A visualização dos dados foi estruturada em quatro conjuntos:

- Mapas de calor com WWR no eixo vertical e orientação no eixo horizontal, nos quais cada célula representa uma métrica mensal, como $\Delta p95_E$, $\Delta p5_E$ ou $\Delta p95_T$;
- Curvas por WWR e orientação, para observar a evolução de e em função do aumento da abertura;
- Gráficos de dispersão entre $\Delta p95_E$ e $\Delta p95_T$ para explicitar a relação entre controle lumínico e benefício térmico;
- Painéis mensais, para identificar a sazonalidade do efeito do dispositivo ao longo do ano.

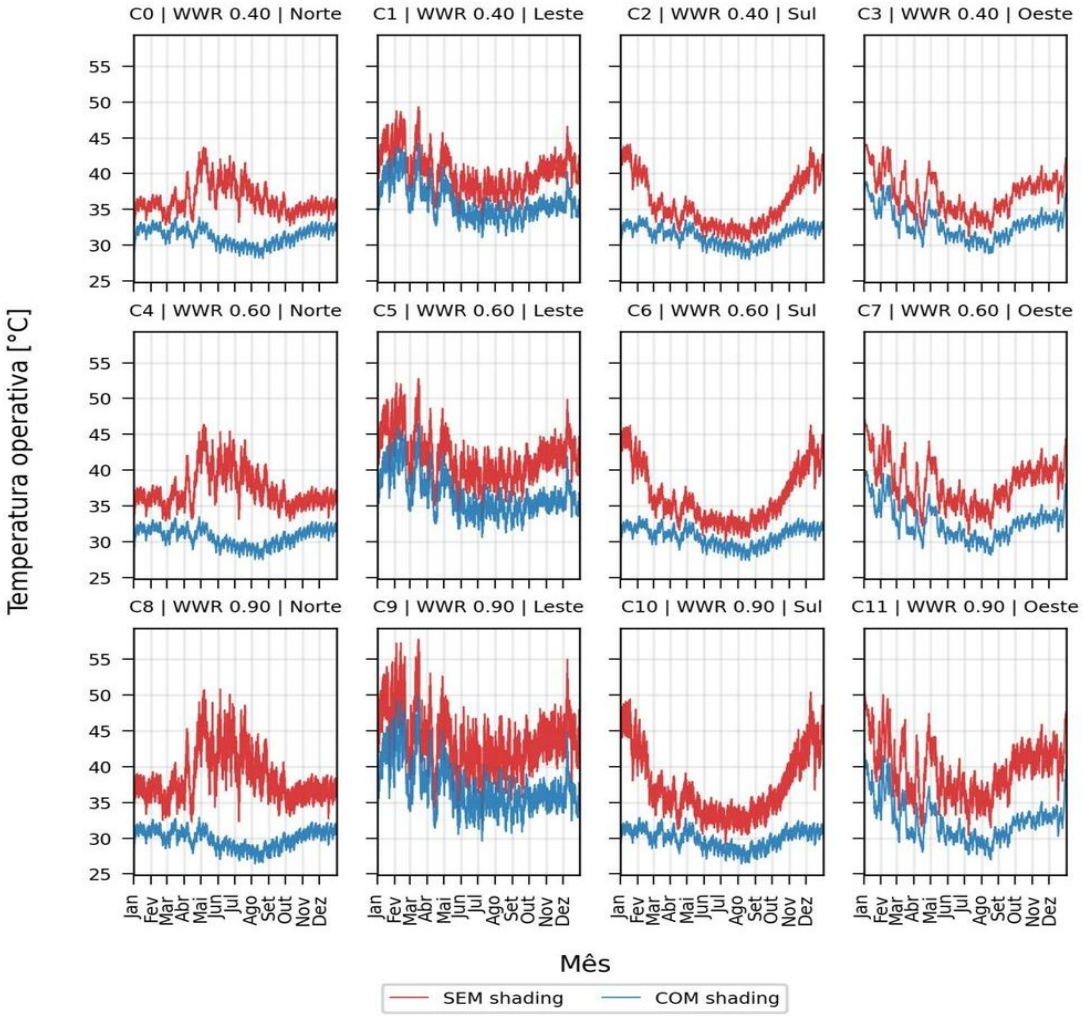
Essas visualizações permitiram caracterizar não apenas os níveis absolutos de iluminância e temperatura, mas principalmente o modo como o sombreamento cinético altera esses níveis em função da geometria da abertura, da orientação e da sazonalidade.

## RESULTADOS

### TEMPERATURA OPERATIVA

Os resultados térmicos indicam que o dispositivo cinético de sombreamento reduziu a temperatura operativa em todas as configurações avaliadas. No painel anual de séries temporais, as curvas do cenário COM permanecem abaixo das curvas SEM ao longo de todo o ano, com diferenças mais evidentes nas configurações de maior WWR (Figura 2).

**Figura 2: Temperatura operativa bruta ao longo do ano – 12 configurações**

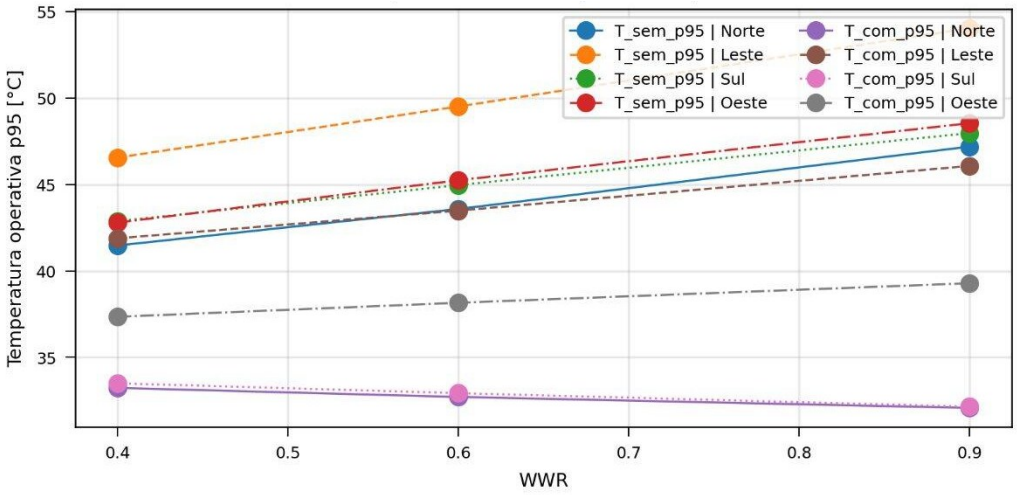



Fonte: o autor.

As curvas de p95 anual da temperatura operativa mostram que, no cenário SEM, o aumento do WWR eleva os níveis superiores de temperatura, sobretudo nas orientações Leste e Oeste (Figura 3). A orientação Leste apresenta os maiores valores absolutos de p95 térmico no cenário sem sombreamento, atingindo aproximadamente 54 °C em WWR 0,90. Oeste, Sul e Norte também apresentam aumento de p95 com o crescimento do WWR, embora em intensidades distintas.

Com o dispositivo de sombreamento, observa-se redução expressiva dos níveis superiores de temperatura operativa. Nas orientações Norte e Sul, os valores de p95 permanecem próximos de 32 °C a 34 °C mesmo em WWR elevado, indicando forte controle térmico. Em Leste e Oeste, o sombreamento também reduz a temperatura, mas os valores absolutos permanecem mais altos, especialmente em Leste.

**Figura 3: WWR x p95 anual da temperatura operativa**

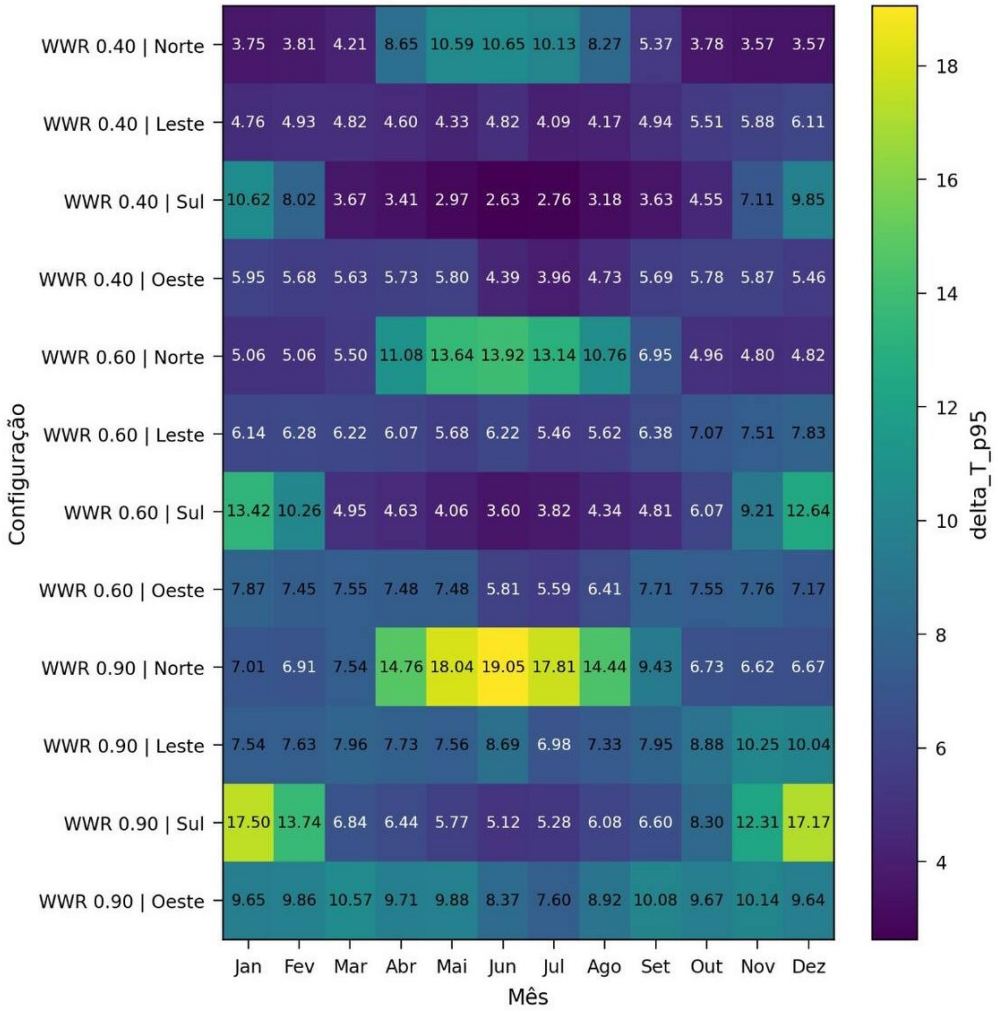



Fonte: o autor.

O mapa mensal de p95_T evidencia a sazonalidade do efeito térmico (Figura 4). As maiores reduções ocorrem nas configurações de WWR 0,90. Em Norte, destacam-se os meses de maio, junho e julho, com reduções mensais superiores a 18 °C no pico observado. Em Sul, as maiores reduções ocorrem em janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, chegando a aproximadamente 17,5 °C em janeiro. As orientações Leste e Oeste apresentam reduções mais distribuídas ao longo do ano, em geral inferiores às máximas observadas em Norte e Sul, mas ainda relevantes.

Em síntese, o dispositivo cinético apresentou efeito térmico robusto, sobretudo em fachadas de maior WWR. A orientação modulou fortemente a intensidade e o período do benefício, com maior destaque para Norte e Sul em meses específicos e comportamento mais persistente em Leste e Oeste.

**Figura 4: Efeito mensal de sombreamento sobre p95 da Temperatura operativa**

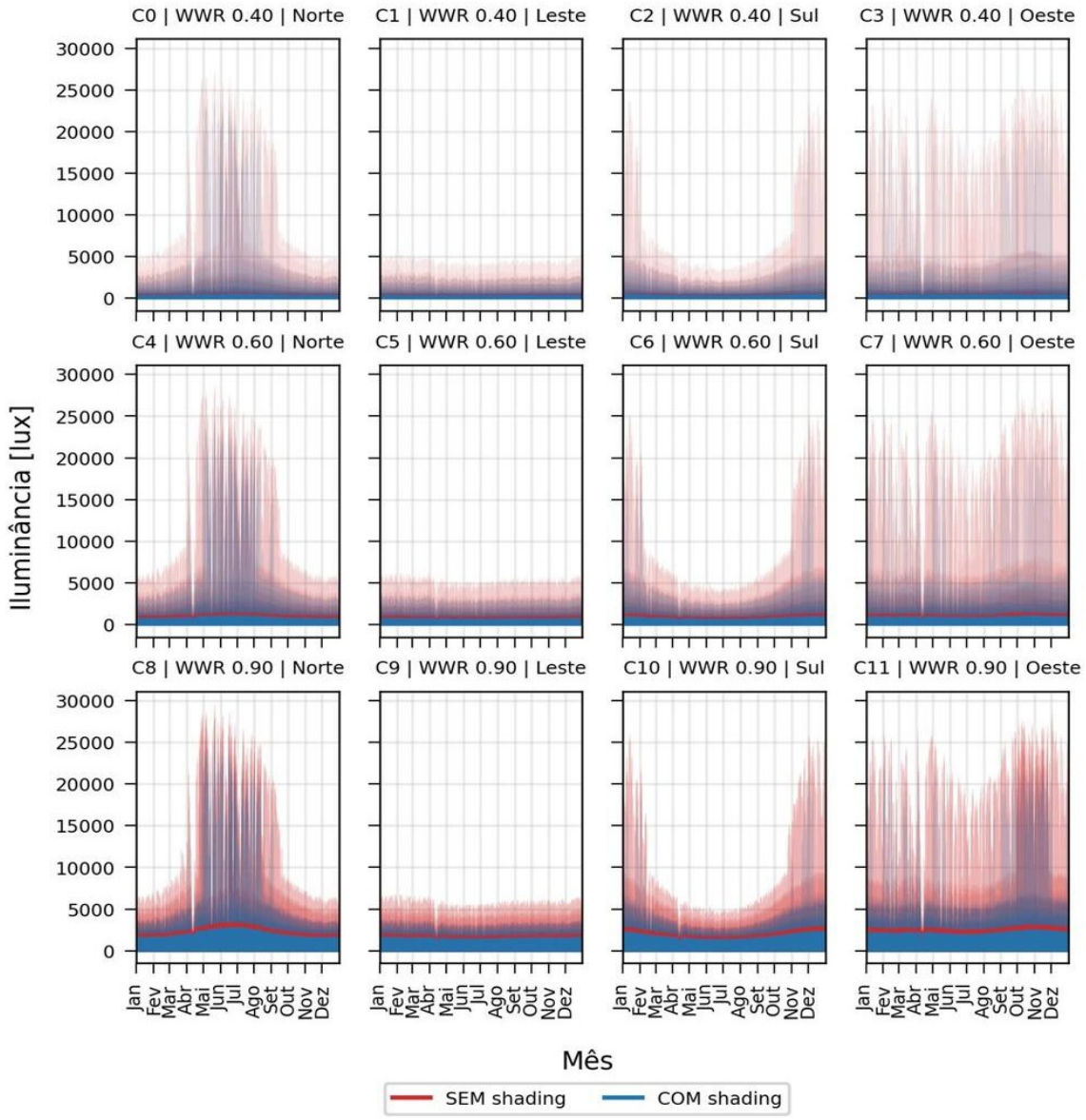



Fonte: o autor.

### ILUMINÂNCIA

No domínio lumínico, as séries temporais anuais mostram que o sombreamento reduz a amplitude dos níveis de iluminância nos sensores. A condição SEM apresenta picos intensos e frequentes, principalmente nas configurações com WWR 0,90. Já a condição COM reduz esses picos e aproxima o conjunto de curvas de uma faixa inferior e mais compacta (Figura 5).

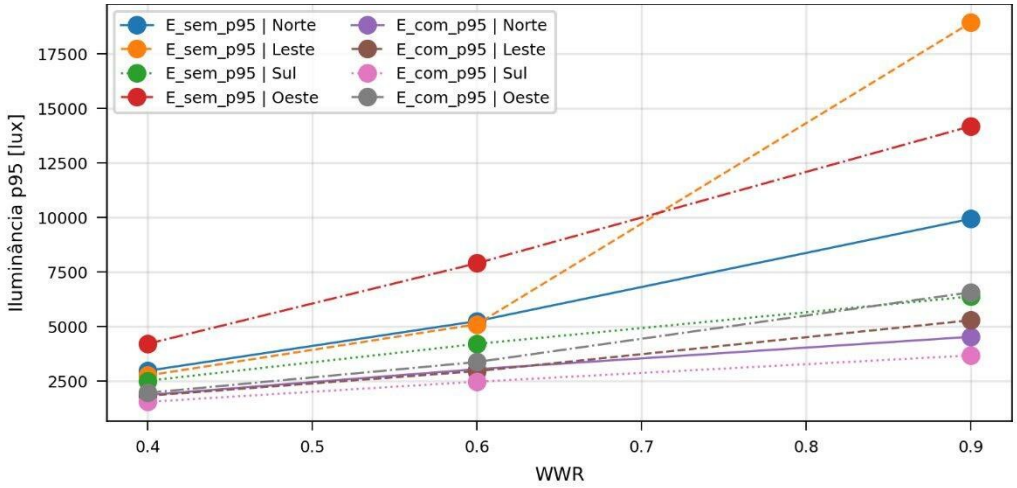
**Figura 5: Iluminância bruta nos sensores ao longo do ano – 12 configurações**




Fonte: o autor.

As curvas de p95 anual de iluminância indicam aumento dos níveis superiores de lux com o crescimento do WWR (Figura 6). No cenário sem sombreamento, a orientação Leste apresenta o maior crescimento, alcançando aproximadamente 19.000 lux em WWR 0,90. Oeste também apresenta valores elevados, em torno de 14.000 lux em WWR 0,90. Norte atinge cerca de 10.000 lux, enquanto Sul apresenta valores inferiores, próximos de 6.000 lux, nessa mesma condição.

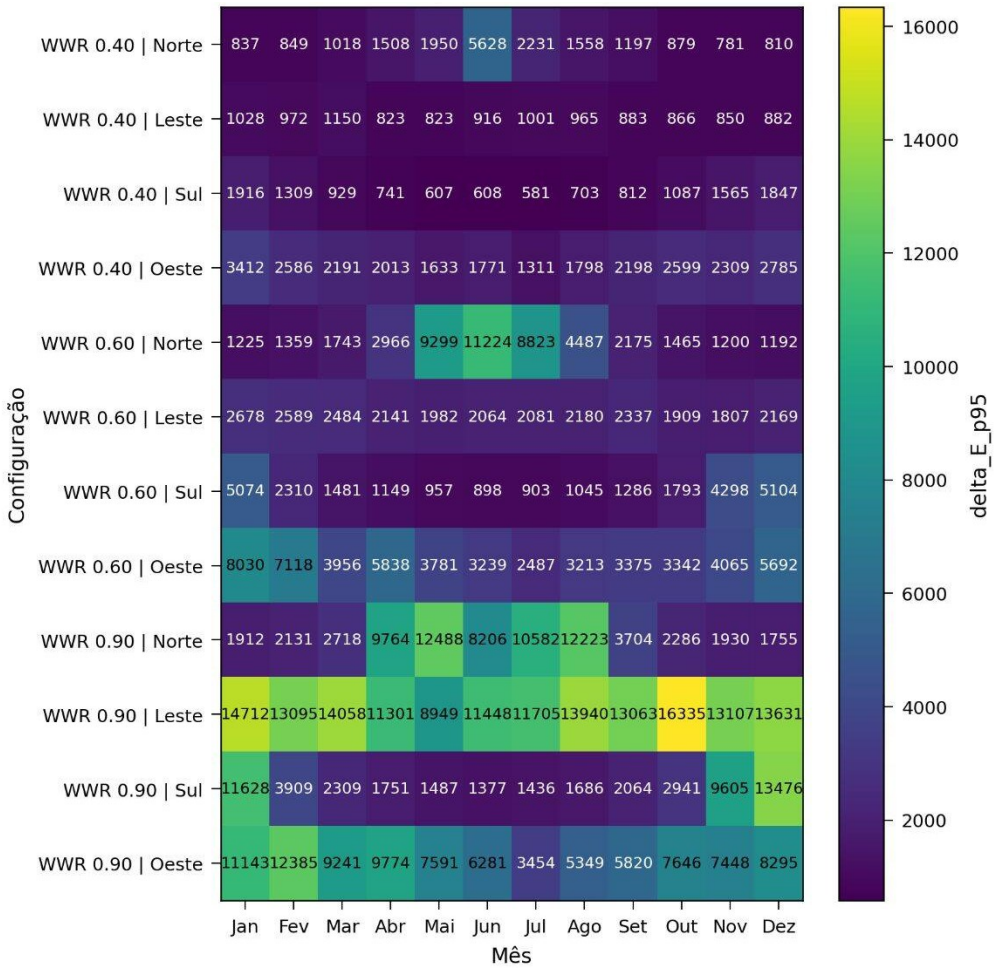
**Figura 6: WWR x p95 anual de iluminância**




Fonte: o autor.

Com o dispositivo de sombreamento, os valores de p95 anual de iluminância são substancialmente reduzidos em todas as orientações. Em WWR 0,90, os valores com sombreamento permanecem aproximadamente entre 3.500 e 6.500 lux, dependendo da orientação. Isso indica que o dispositivo atua fortemente sobre a cauda superior da distribuição de iluminância, controlando os níveis mais altos de lux.

**Figura 7: Efeito Mensal do sombreamento sobre p95 de Iluminância**

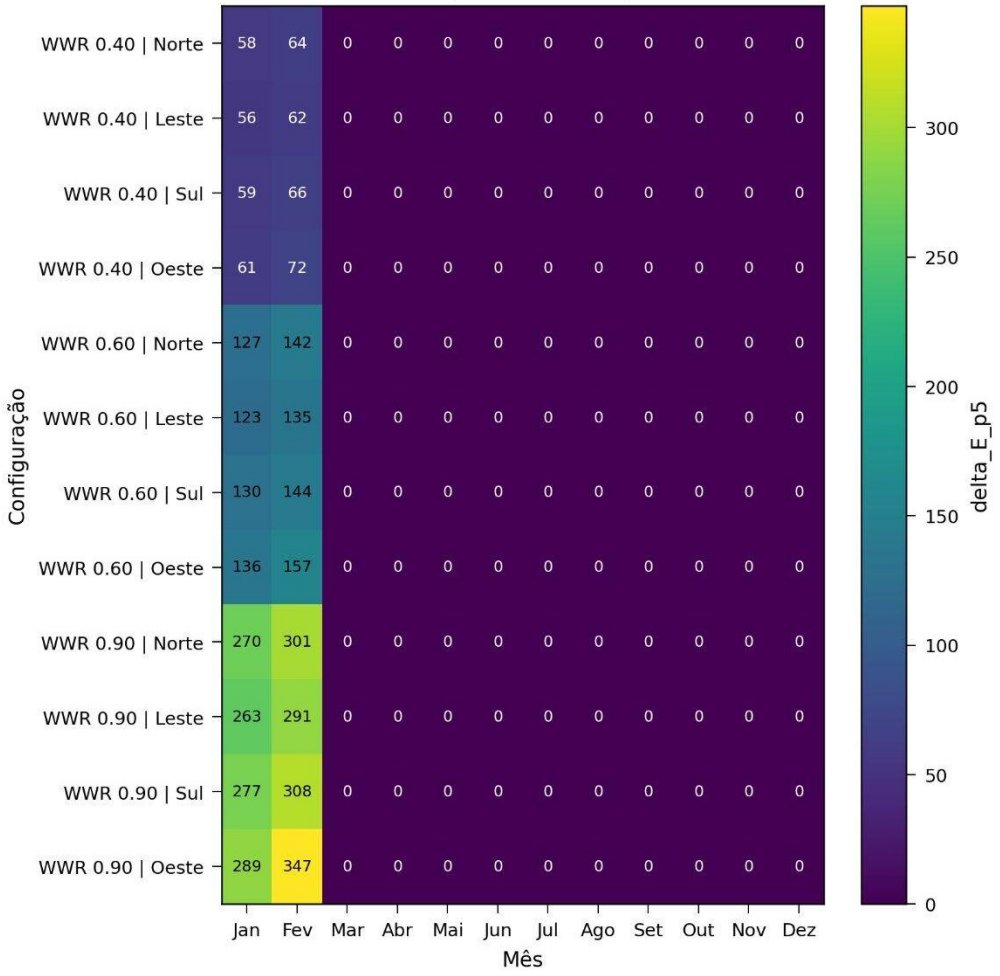



Fonte: o autor.

O mapa mensal de p95_E mostra que a redução dos níveis superiores de iluminância é fortemente dependente da orientação e do mês (Figura 7). Em WWR 0,90 Leste, ocorrem as maiores reduções mensais, com valores superiores a 16.000 lux em outubro e valores também elevados em janeiro, março, setembro, novembro e dezembro. Em WWR 0,90 Oeste, as reduções são expressivas em janeiro, fevereiro, março, abril e outubro, mantendo-se relevantes em grande parte do ano. Em WWR 0,90 Norte, os maiores efeitos aparecem entre abril e agosto, com destaque para maio, julho e agosto. Em WWR 0,90 Sul, as maiores reduções ocorrem em janeiro, novembro e dezembro.

A análise do p5 de iluminância mostra comportamento distinto (Figura 8). A redução dos níveis inferiores de luz é praticamente nula na maior parte dos meses. Os valores diferentes de zero concentram-se em janeiro e fevereiro. Mesmo nesses meses, a magnitude é muito inferior à observada para p95. As maiores reduções de p5 aparecem em WWR 0,90, chegando a aproximadamente 347 lux em Oeste no mês de fevereiro. Norte, Leste e Sul também apresentam reduções de p5 em WWR 0,90, mas em geral abaixo das reduções expressivas observadas no p95.

**Figura 8: Efeito Mensal do sombreamento sobre p5 de Iluminância**




Fonte: o autor.

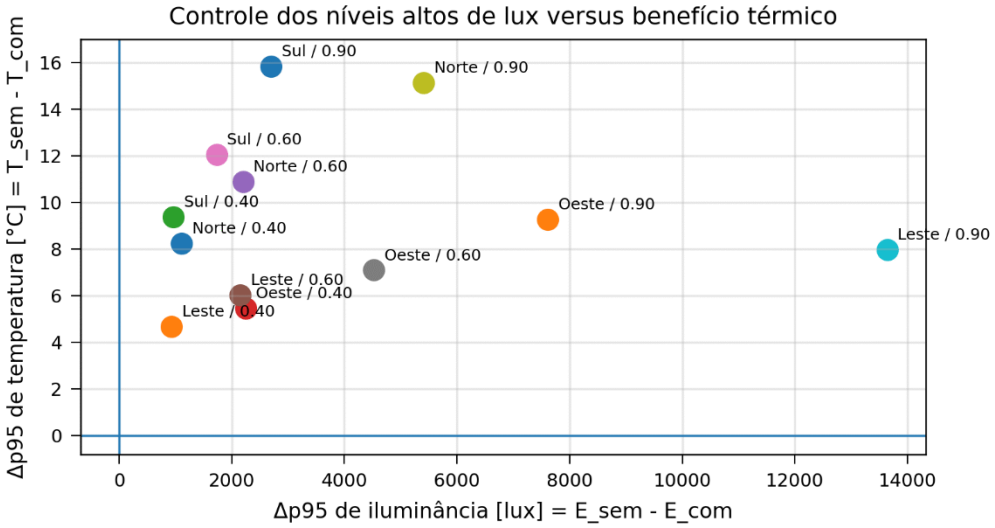
Esse comportamento indica que o dispositivo não reduz a iluminância de forma homogênea. Ele atua de modo mais intenso sobre os níveis superiores de lux, enquanto a base da distribuição é pouco afetada durante a maior parte do ano. Assim, o sombreamento apresenta comportamento seletivo: reduz picos de iluminância sem produzir, nos gráficos analisados, uma redução generalizada dos níveis inferiores de luz.

## ANÁLISE CONJUNTA TERMO-LUMÍNICA

A análise conjunta mostra que o desempenho do dispositivo não pode ser descrito por um único eixo de melhoria. A redução térmica e o controle dos níveis superiores de iluminância ocorrem simultaneamente, mas não necessariamente com a mesma intensidade nas mesmas configurações.

O gráfico de dispersão entre p95_E e p95_T evidencia que as configurações de WWR 0,90 ocupam a região de maior efeito do sombreamento (Figura 9). Ainda assim, cada orientação apresenta comportamento específico. A configuração WWR 0,90 Leste apresenta a maior redução dos níveis superiores de iluminância, com p95_E próximo de 13.500 lux, mas sua redução térmica fica em torno de 8 °C. Já as configurações WWR 0,90 Norte e WWR 0,90 Sul apresentam os maiores benefícios térmicos, com redução de p95_T em torno de 15 °C a 16 °C, porém com reduções de p95 de iluminância menores que as observadas em Leste. Oeste, em WWR 0,90, apresenta comportamento intermediário, com redução expressiva de iluminância e benefício térmico também relevante.

**Figura 9: Controle dos níveis altos de lux versus benefício térmico**




Fonte: o autor.

Esse resultado revela uma característica importante do espaço de soluções: a configuração que mais reduz níveis altos de lux não é necessariamente aquela que mais reduz a temperatura operativa. Em clima quente, essa distinção é essencial, pois uma fachada pode apresentar forte controle lumínico sem alcançar a máxima redução térmica, ou oferecer grande benefício térmico com controle lumínico moderado.

As configurações de WWR 0,40 e WWR 0,60 ocupam regiões de menor redução absoluta, mas mantêm padrões coerentes com o aumento da abertura. Em geral, WWR 0,60 intensifica tanto a redução térmica quanto a redução de p95 de iluminância em relação a WWR 0,40. No entanto, o salto mais expressivo ocorre em WWR 0,90, indicando que o dispositivo cinético se torna mais decisivo quando a área envidraçada aumenta.

Em síntese, os resultados mostram que o dispositivo cinético de sombreamento apresenta maior efetividade em configurações de WWR elevado, mas sua contribuição varia conforme a orientação e o critério observado. Para redução térmica, destacam-se Norte e Sul em WWR 0,90. Para controle dos níveis superiores de iluminância, destaca-se Leste em WWR 0,90, seguido por Oeste e por períodos específicos de Norte e Sul. Na análise conjunta, a interpretação mais consistente é que o dispositivo desloca o desempenho do sistema de fachada ao reduzir simultaneamente a temperatura operativa e os níveis elevados de lux, com baixa penalização dos níveis inferiores de iluminância na maior parte do ano.

## CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou o desempenho termo-lumínico de um dispositivo cinético de sombreamento em 12 cenários de simulação, combinando três valores de WWR e quatro orientações, sob clima quente e úmido de João Pessoa. A abordagem baseada em percentis espaciais e temporais permitiu caracterizar o efeito do dispositivo sobre os extremos de iluminância e temperatura operativa, superando a limitação de métricas centradas em médias.

No domínio térmico, o dispositivo reduziu sistematicamente o p95 da temperatura operativa em todos os cenários, com maior efetividade em WWR 0,90. As orientações Norte e Sul apresentaram as maiores reduções absolutas em meses específicos, enquanto Leste e Oeste exibiram comportamento mais distribuído ao longo do ano.

No domínio lumínico, o sombreamento atuou predominantemente sobre a cauda superior da distribuição de iluminância, reduzindo os picos de lux em todas as configurações. A base da distribuição, representada por p5, foi pouco afetada na maior parte do ano, com reduções mais expressivas apenas em alguns meses e sobretudo em WWR 0,90, o que evidencia um comportamento seletivo do dispositivo.

A análise conjunta mostrou que o espaço de soluções não é unidimensional: a configuração com maior controle lumínico não coincide necessariamente com a de maior benefício térmico. Em termos práticos, isso indica que a escolha da fachada deve considerar explicitamente o critério prioritário de desempenho — térmico ou lumínico — em função da orientação, da área envidraçada e do programa de uso.

Como contribuição principal, o estudo reforça a utilidade da leitura conjunta de p5 e p95 para representar, de forma mais rigorosa, os efeitos concorrentes do sombreamento cinético sobre conforto térmico e disponibilidade de luz natural. Essa estratégia oferece um caminho mais consistente para avaliar fachadas adaptativas em climas quentes, especialmente quando há necessidade de equilibrar controle solar, conforto visual e redução do sobreaquecimento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à FAPESQ-PB pelo apoio à pesquisa.

Durante a preparação deste artigo, os autores fizeram uso das interfaces do Claude 4.6 Sonnet e GP-T 5.2, para revisão, ajuste de coesão, criação de diagrama e correções de código de scripts python que vieram a gerar os gráficos do presente artigo. Após a utilização das ferramentas, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

## REFERÊNCIAS


[1] RIBEIRO, L. L.; WESTPHAL, F. S.; GHISI, E. Avaliação do desempenho energético de edificações com o uso de vidros laminados e insulados no Nordeste do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 19., 2022, Canela. Anais… Porto Alegre: ANTAC, 2022.

[2] SILVA, F. T.; VERAS, J. C. G. A design framework for a kinetic shading device system for building envelopes. Frontiers of Architectural Research, v. 12, p. 837-854, 2023.

[3] DAKHEEL, J. A.; AOUL, K. T. Building applications, opportunities and challenges of active shading systems: a state-of-the-art review. Energies, v. 10, n. 10, 2017.

[4] HOSSEINI, S. M. et al. A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort: review. Building and Environment, v. 153, p. 186-204, 2019.

[5] TABADKANI, A. et al. Integrated parametric design of adaptive facades for user's visual comfort. Automation in Construction, v. 106, 2019.

[6] AYOUB, M. Integrating illuminance and energy evaluations of cellular automata controlled dynamic shading system using new hourly-based metrics. Solar Energy, v. 170, p. 336-351, 2018.

[7] NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. Energy and Buildings, v. 38, n. 7, p. 905-913, 2006.

[8] ABNT. NBR 15215-4:2005. Iluminação natural — Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação natural interna. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[9] ABNT. NBR 15215-3:2005. Iluminação natural — Parte 3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[10] SAMADI, S.; NOORZAI, E.; BELTRÁN, L. O.; ABBASI, S. A computational approach for achieving optimum daylight inside buildings through automated kinetic shading systems. Frontiers of Architectural Research, v. 9, p. 335-349, 2020.

[11] VAN VUUREN, D. P. et al. The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change, v. 109, p. 5-31, 2011.

[12] IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2014.

[13] ROUDSARI, M. S.; PAK, M. Ladybug: a parametric environmental plugin for Grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. In: Proceedings of BS2013, 2013.