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.v21i1.8526

Efeito de diferentes tipos de protetor solar na iluminação natural de salas de aula

Effect of different types of shading device on natural lighting in classrooms

Edilson Nunes dos Santos
Universidade Federal de Alagoas | Arapiraca | Brasil | ednunes2012@gmail.com
Iuri Ávila Lins de Araújo
Universidade Federal de Alagoas | Arapiraca| Brasil | iuriavila@arapiraca.ufal.br

Resumo

A iluminação natural e o sombreamento são estratégias importantes para minimizar o consumo de energia elétrica. Ademais, elas propiciam o conforto visual e térmico dos usuários. Conhecer bem e saber usar os elementos ou componentes de iluminação natural e sombreamento é um importante passo para promovê-las. O presente trabalho busca comparar o desempenho luminoso de salas de aula com diferentes tipos de proteções solares, com sombreamento equivalente. Para isso, foram usados modelos representando salas de aula do Campus Arapiraca, da Universidade Federal de Alagoas. O desempenho desses modelos foi aferido por meio de simulação computacional. Os resultados mostraram que os diferentes tipos de protetor afetaram diferentemente o desempenho luminoso das salas de aula. O efeito mais notável ocorreu na uniformidade da iluminação, onde a prateleira causou os maiores incrementos. A partir dos resultados, foi possível a formação de recomendações de projeto para arquitetos, quanto ao uso das proteções solares. Essas recomendações dizem respeito ao uso de diferentes tipos de proteções solares e sua relação com o desempenho luminoso.

Palavras-chave: Desempenho luminoso. Sombreamento. Proteções solares.

Abstract

The daylighting and shading are important strategies to minimize electricity consumption currently. Moreover, they provide visual and thermal comfort for users. Knowing well and knowing how to use the elements or components of natural light and shading it is an important step to promote them. The present work seeks to compare the luminous performance of classrooms with different types of sun protection, with equivalent shading. For that, we used the classroom models of the Arapiraca Campus of the Federal University of Alagoas. The performance of these models was measured using computer simulation. The results showed that the different types of protector affected the luminous performance of classrooms. The most notable effect occurred in the uniformity of illumination, where the shelf caused the largest increments. They also allowed the formation of recommendations regarding the use of solar protections to be used by architects in their projects. These recommendations concern the use of different types of sun protections and their relationship to luminous performance.

Keywords: Luminous performance. Shading. Sun protection.

Como citar:
SANTOS, E; ARAÚJO, I. Efeito de diferentes tipos de protetor solar na iluminação natural de salas de aula . In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

INTRODUÇÃO

Uma das principais estratégias recomendadas para a diminuição do consumo energético em edificações é a iluminação híbrida, que combina iluminação natural e artificial. Vianna e Gonçalves [1] demonstram que em edifícios não residenciais, a iluminação natural quando utilizada em conjunto com a iluminação artificial, pode proporcionar uma economia no consumo de energia elétrica que varia entre 30% e 70%.

A utilização da iluminação natural é vantajosa em edifícios educacionais, pois a maior parte de suas atividades se concentram no período diurno. Além disso, em salas de aula são desenvolvidas atividades de leitura e escrita e o conforto nelas são diretamente afetados pelas condições de iluminação. Um estudo realizado pelo HESCHONG MAHONE GROUP [2] revela que quando se utiliza níveis adequados de iluminação natural, os discentes apresentam maior produtividade em tarefas, chegando a obter resultados 20% melhor em matemática e 26% em leitura.

Apesar de seus benefícios, a iluminação natural representa um ganho térmico nas edificações, principalmente se houver incidência direta do sol no interior do ambiente. Para minimizar esse efeito, recomenda-se o uso do sombreamento, que pode ser promovido através de proteções solares. Em locais de clima quente, como no Nordeste brasileiro, a necessidade de proteger as aberturas é ainda maior devido à radiação intensa e frequente durante o ano.

É preciso salientar que o uso dessas proteções deve ser feito com cautela, pois, elas podem alterar o comportamento da luz dentro do ambiente. Isso acontece devido ao fato de os protetores solares reduzirem o fator de céu das aberturas [3] e, consequentemente, a captação de luz natural. Assim, para manter os níveis adequados de iluminação, é necessário que o protetor obstrua o céu apenas o necessário para o sombreamento.

A radiação solar pode se converter em luz difusa quando refletida pelas proteções solares [3]. Essa propriedade converte os protetores em captadores de luz para o interior dos edifícios. Assim, espera-se que diferentes tipologias de proteção gerem impactos distintos no desempenho luminoso da edificação.

O presente trabalho busca contribuir para esclarecer qual o efeito de diferentes tipos de protetores solares com sombreamento equivalente, para a iluminação natural. Isso pode contribuir para a criação de recomendações de projeto que auxiliem arquitetos a tomarem decisões mais acertadas quanto às proteções solares, visando um melhor desempenho térmico, luminoso e energético.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é comparar o desempenho luminoso de diferentes dispositivos de proteção solar com sombreamento equivalente, focando em ambientes de tarefa visual, como salas de aula.

MÉTODO

O objeto de estudo são salas de aula com diferentes proteções solares. O método utilizado consiste na simulação computacional do desempenho luminoso de modelos representando salas de aula do *Campus* Arapiraca, da Universidade Federal de Alagoas.

O estudo foi feito para o clima da cidade de Arapiraca-AL, onde o sombreamento total e permanente da abertura é recomendado pela NBR 15220-3 [4], por estar localizada na Zona Bioclimática 8.

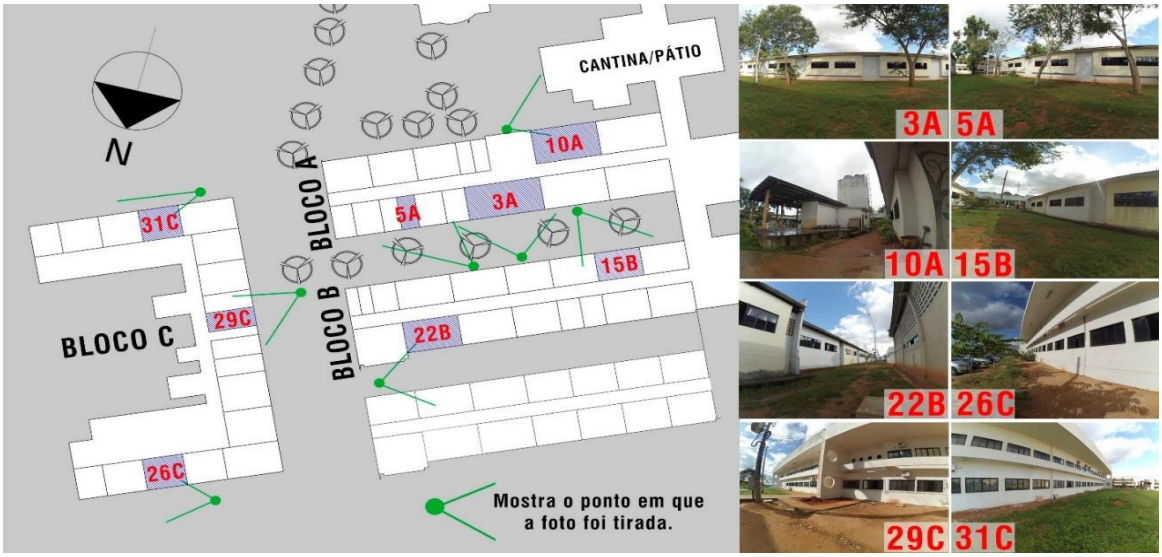
SELEÇÃO DOS MODELOS DE SALA DE AULA

Inicialmente Souza [5] já havia avaliado o desempenho luminoso de salas de aula da sede do *Campus* Arapiraca, por meio de seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Porém, esse estudo não comparou diferentes possibilidades de sombreamento. Então, o presente trabalho buscou analisar a influência desse fator no desempenho luminoso, utilizando para isso os modelos de sala de aula propostos e testados por Souza [5].

Os modelos propostos por Souza [5] representam adaptações para melhorar o desempenho luminoso de salas de aula do *Campus* Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas.

Os modelos situam-se em diferentes fachadas dos blocos de sala de aula designados pelas letras A, B e C. Com isso, foram consideradas três diferentes orientações e seus respectivos azimutes[1] (-25°, 155° e 115°), conforme a implantação existente. Os modelos escolhidos para a análise foram as salas de número 03, 05 e 10 (Bloco A); salas 15 e 22 (Bloco B) e salas 26, 29 e 31 (Bloco C). A localização das salas é representada na figura 1.

Figura 1: Localização das salas de aula da amostra na planta baixa da Sede do Campus Arapiraca



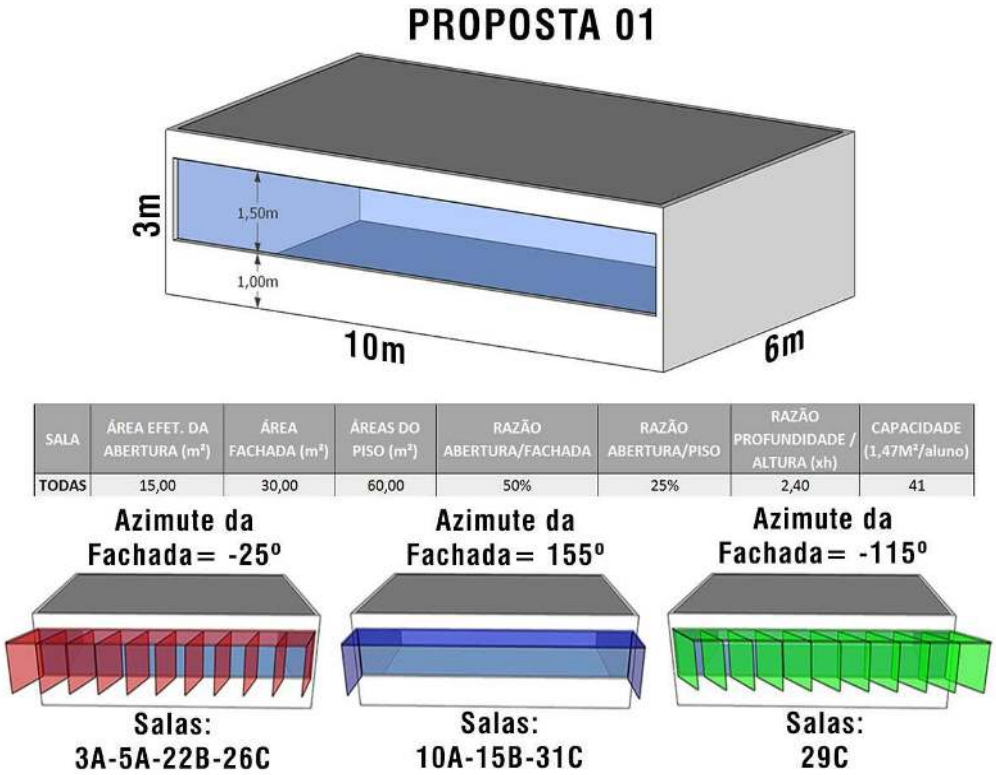
Fonte: [5]

[1] O azimute é o ângulo formado pela projeção horizontal do raio solar com uma direção estabelecida (geralmente o norte geográfico) [6]. E seus valores crescem no sentido horário com variação de 0 a 360 graus.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

Os modelos escolhidos para a análise são os da proposta 1 (figura 2), representando os casos base. Estes foram propostos a partir de recomendações da literatura técnica [5].

Figura 2: Descrição da Proposta



SALA	ÁREA EFET. DA ABERTURA (m²)	ÁREA FACHADA (m²)	ÁREAS DO PISO (m²)	RAZÃO ABERTURA/FACHADA	RAZÃO ABERTURA/PISO	RAZÃO PROFUNDIDADE / ALTURA (xh)	CAPACIDADE (1,47M²/aluno)
TODAS	15,00	30,00	60,00	50%	25%	2,40	41

Fonte: [5]

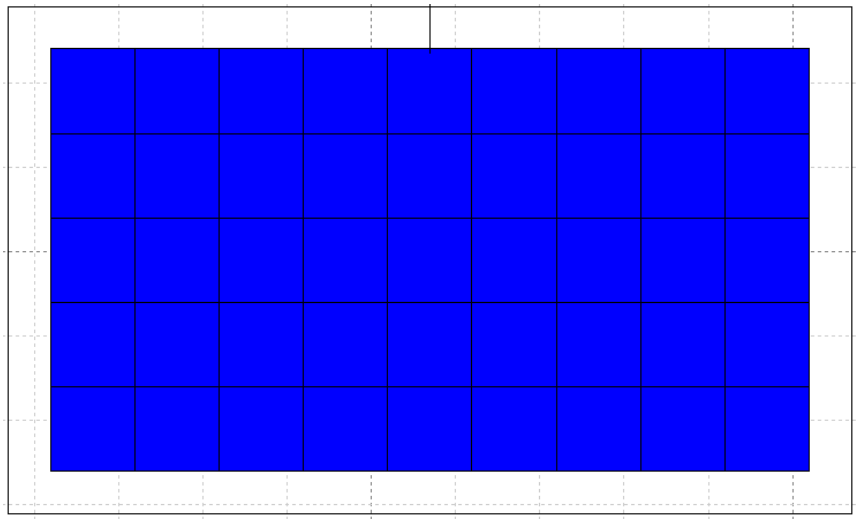
As janelas foram consideradas sem película e grades de proteção. Além disso, o piso, parede e teto possuem cores claras. As dimensões e áreas consideradas seguiram os mesmos valores, com 60m², variando apenas a orientação referente à fachada onde cada sala se encontra. Assim, as salas são representadas por três modelos, que se diferenciam apenas pela orientação e proteção solar. Os modelos escolhidos possuem ainda as seguintes configurações:

- A transmitância[2] visível para o vidro das aberturas foi de 0,88;
- A refletância[3] de piso, paredes internas, teto e entorno foram definidas respectivamente como 0,5, 0,7 e 0,8 e 0,5;
- Altura do plano de trabalho horizontal de 0,75m acima do piso;
- Malha de pontos com 1m de espaçamento (distância do eixo x igual a distância do eixo y) e afastamento mínimo de 0,5m de distância das paredes, conforme a NBR 15215-4 [7], (figura 3).

[2]Quociente da taxa de radiação solar que atravessa um elemento pela taxa de radiação solar incidente sobre este mesmo elemento [8].
[3]Quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície [8].

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

Figura 3: Malha de pontos dos modelos.



Fonte: Adaptado [5]

INDICADORES DE DESEMPENHO

As iluminâncias foram usadas no cálculo de três indicadores de desempenho da iluminação natural. Esses indicadores abordam aspectos distintos: uniformidade, iluminação suficiente e iluminação excessiva. E já foram aplicados numa pesquisa realizada por Araújo e Bittencourt [9].

O indicador de uniformidade adotado na análise foi a razão entre a maior e a menor autonomia da iluminação natural, com base em 300 lx [10] [11]. Esse indicador é afetado pela uniformidade da iluminação durante o ano, mas não tem relação com a média anual das iluminâncias. O desempenho é tão melhor quanto maior for o valor dessa razão.

Outro indicador adotado foi a frequência anual de iluminâncias no intervalo útil entre 300 lx e 3.000 lx, que representa iluminação natural autônoma, efetiva ou tolerável [12]. Esse indicador é afetado pela média anual das iluminâncias, mas não tem relação com a uniformidade. O desempenho é tão melhor quanto maior for essa frequência.

A frequência anual de iluminâncias acima de 3.000 lx indica a iluminação excessiva [12]. Esse indicador é afetado pela média anual das iluminâncias e está associado à probabilidade de ofuscamento. O desempenho é tão melhor quanto menor for essa frequência.

Com base nisso, a avaliação do desempenho luminoso foi realizada em três etapas, onde cada uma corresponde a um indicador de desempenho abordado. Eles foram calculados através de planilhas eletrônicas que sintetizaram os dados de iluminâncias obtidos na simulação computacional. Os parâmetros usados são os seguintes:

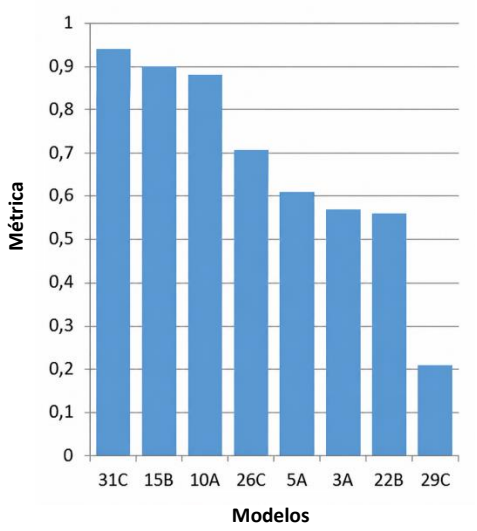
- Razão entre a menor e a maior autonomia da iluminação natural, com base em 300lx, para dimensionar a uniformidade da iluminação;
- Frequência de iluminâncias no intervalo entre 300lx e 3000lx, para dimensionar a ocorrência anual de iluminâncias úteis;
- Frequência de iluminâncias no intervalo acima de 3000lx, para dimensionar a ocorrência anual de iluminâncias excessivas.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMINOSO DO CASO BASE

O desempenho dos casos base é mostrado em [5]. De modo geral, as salas 31C, 15B e 10A tiveram o melhor desempenho quanto à uniformidade e foram as únicas salas a apresentar iluminâncias acima de 3000lx (figuras 4 e 6). Essas três salas estão orientadas para o sul e sombreadas por protetor misto. A sala 29C teve o pior desempenho em uniformidade e frequência de iluminâncias entre 300lx e 3000lx (figuras 4 e 5). Essa sala é a única orientada para oeste.

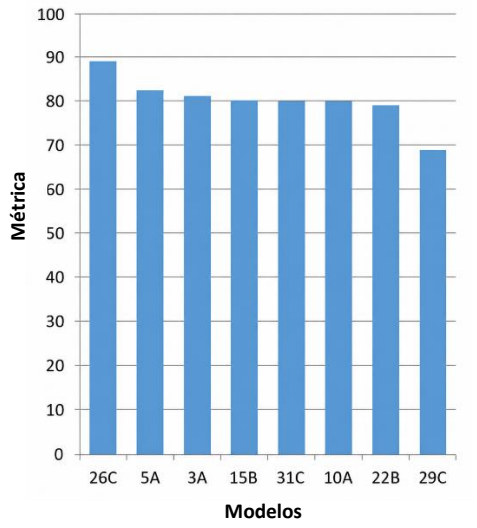
Figura 4 - Gráfico com o resultado da comparação entre os modelos do caso base, considerando a razão entre a menor e maior autonomia da iluminação natural, com base em 300lx



SALA	
31C	0,94
15B	0,9
10A	0,88
26C	0,71
5A	0,61
3A	0,57
22B	0,56
29C	0,21

Fonte: Autor, a partir de dados de SOUZA [5]

Figura 5: Gráfico com o resultado da comparação entre os modelos do caso base, considerando a frequência de iluminâncias no intervalo entre 300lx e 3000lx.

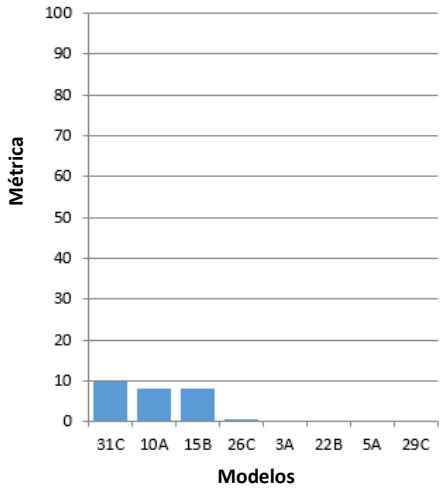


SALA	
26C	89,7
5A	82,6
3A	81,3
15B	80
31C	79,8
10A	79,6
22B	79
29C	69

Fonte: Autor, a partir de dados de SOUZA [5]

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

Figura 6: Gráfico com o resultado da comparação entre os modelos do caso base, considerando frequência de iluminâncias no intervalo acima de 3000lx



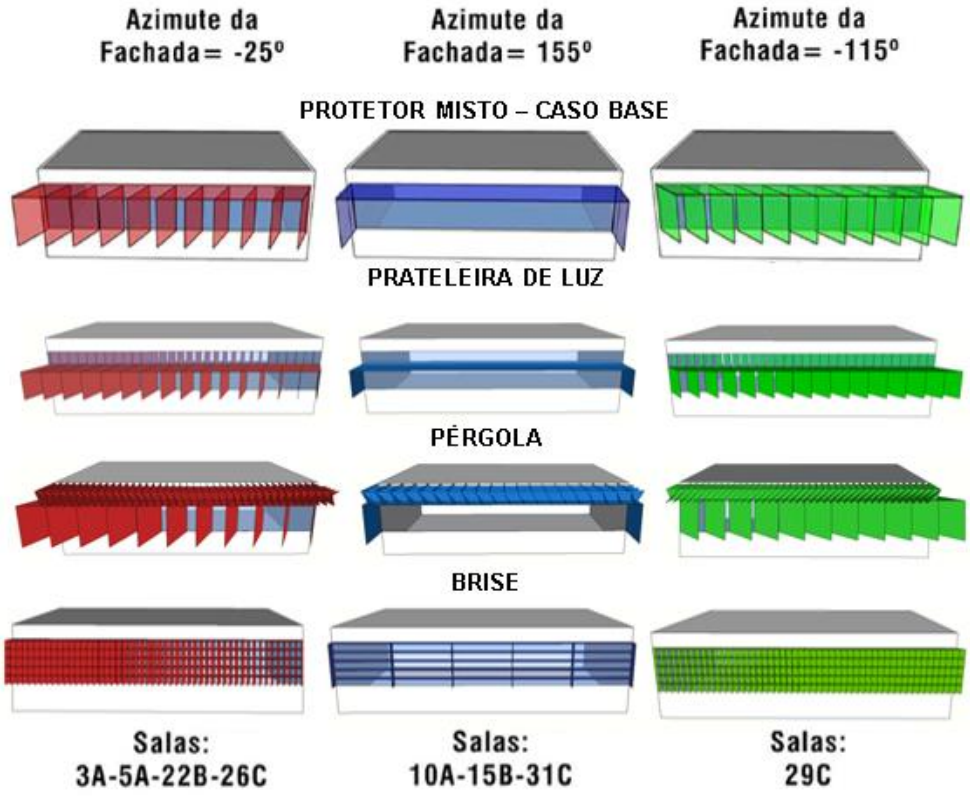
SALA	
31C	9,9
10A	8,3
15B	8
26C	0,6
3A	0,2
22B	0,2
5A	0,1
29C	0,1

Fonte: Autor, a partir de dados de SOUZA [5]

DIMENSIONAMENTO DAS PROTEÇÕES SOLARES

Após a seleção dos casos base, proteções solares de três tipos diferentes e com sombreamento equivalente foram modeladas. As opções representam prateleira de luz, pérgola e brise (figura 7). Eles foram usados porque, embora tenham a mesma refletância, refletem luz ao interior de modo diferente, devido a sua geometria específica.

Figura 7 - Proposta de proteções solares.



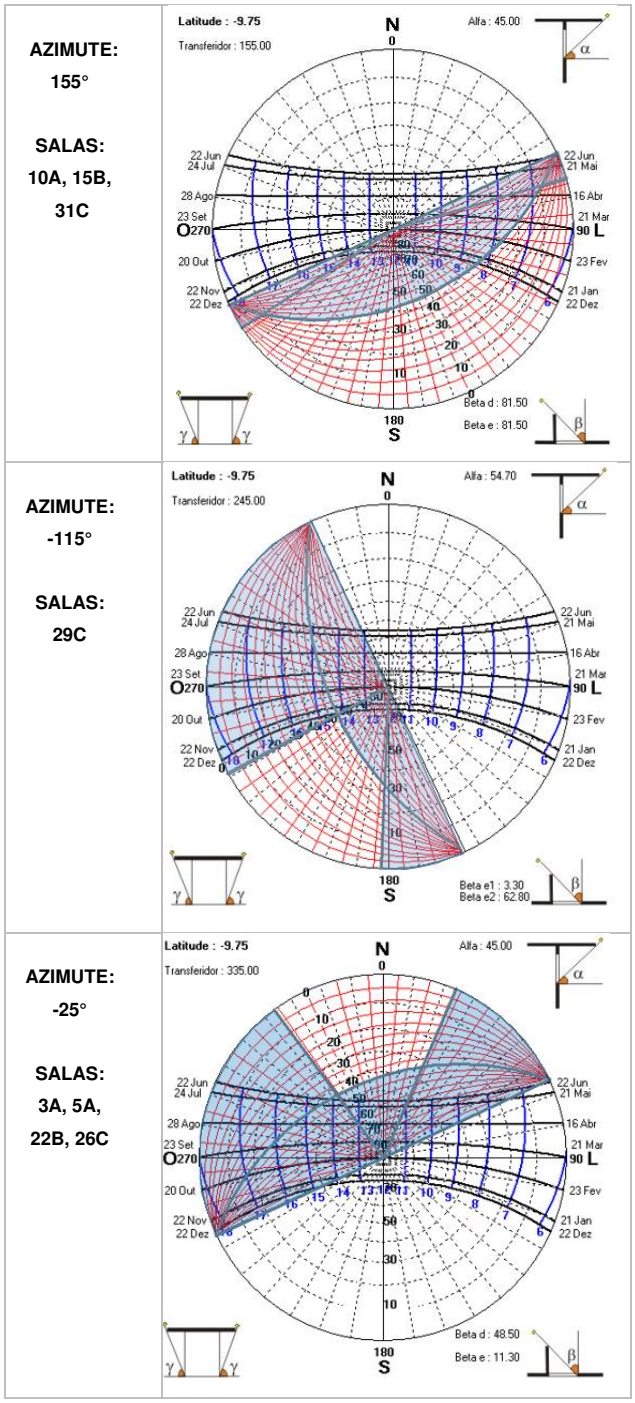
Fonte: Autor

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

A definição das opções de sombreamento se baseou nas máscaras de sombra de cada uma das proteções solares (figura 8). Para isso, foi analisada a incidência da radiação solar no interior das salas com o auxílio do programa computacional Analysis Sol-Ar [13]. Esse programa permite o estudo de insolação e dá suporte ao projeto de proteções solares.

Dentre os protetores modelados, a pérgola é a única que tem o elemento horizontal superior vazado. Isso permite a passagem de sol pelos espaços, se não forem devidamente projetados. Por isso, uma segunda máscara de sombra foi feita (figura 9) para garantir que a pérgola tivesse sombreamento equivalente ao das outras opções.

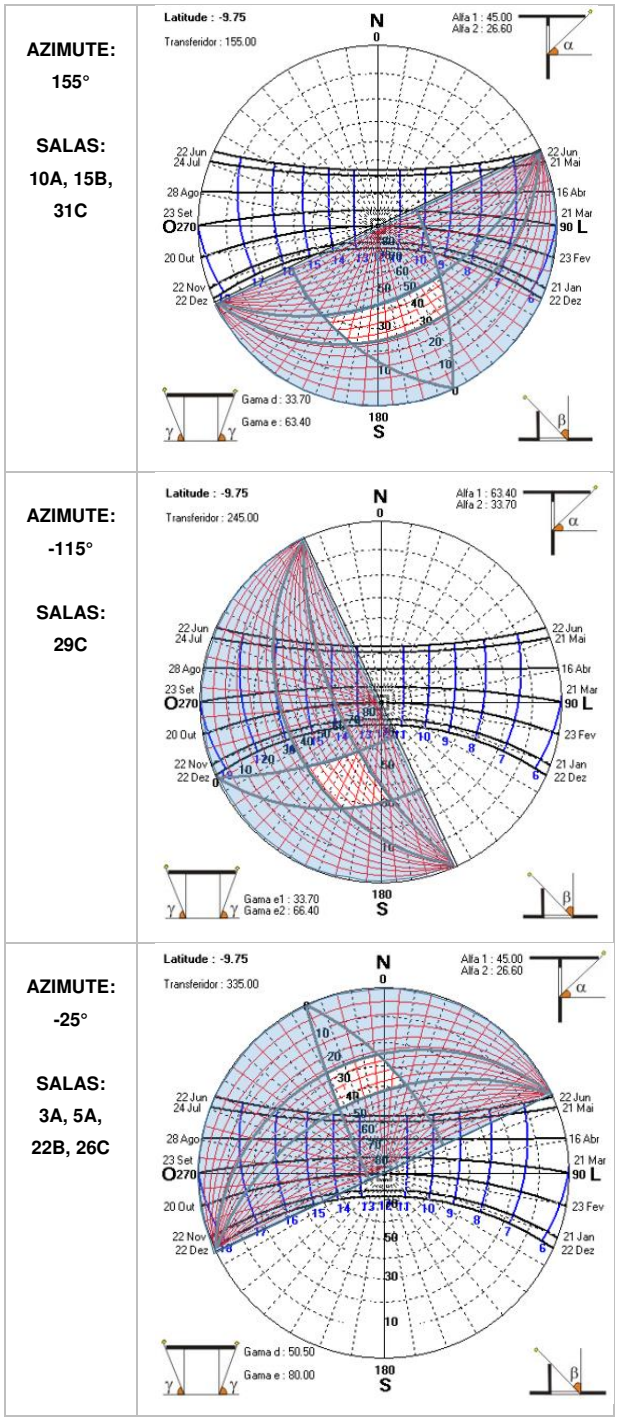
Figura 8: Máscara de sombra das aberturas com Protetor Misto, Prateleira de Luz e Brise.



Fonte: Autor

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

Figura 9: Máscara de sombra das aberturas com Pérgola.



Fonte: Autor

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para a realização da simulação computacional foi usado o programa computacional Daysim 3.0 Beta [14] com o auxílio do Ecotect Analysis [15]. O Primeiro simulou a iluminação natural, enquanto que o segundo auxiliou na elaboração dos modelos.

O Daysim simulou as iluminâncias nos modelos para o ano inteiro, entre as 8h e 18h, na cidade de Arapiraca – AL. Os dados climáticos da cidade foram obtidos através do arquivo epw fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET [16].

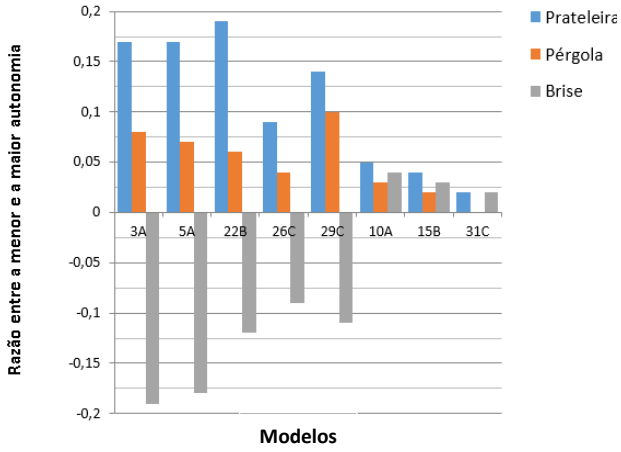
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMINOSO

Em geral, os três tipos de protetores comparados afetaram o desempenho dos casos base, em relação à razão entre a autonomia mínima e máxima da iluminação natural, com base em 300lx. Esse parâmetro é um indicador da uniformidade da iluminação e apresentou os efeitos mais notáveis. O gráfico da Figura 10 apresenta os dados. Entre os tipos de protetores, a Prateleira de Luz foi a que causou maiores incrementos na uniformidade dos casos base, chegando a um aumento de 0,17. A Pérgola foi a segunda melhor opção para uniformidade, apresentando valores positivos, com exceção apenas da sala 31C. O Brise causou as maiores reduções no desempenho, chegando a um decréscimo de 0,19. Isso significa que a geometria dos elementos de proteção impacta na uniformidade da iluminação natural proporcionalmente à sua complexidade geométrica.

Figura 10: Gráfico com o resultado da comparação entre os modelos propostos e os Casos Base. Considerando a razão entre a menor e maior autonomia da iluminação natural, com base em 300lx.



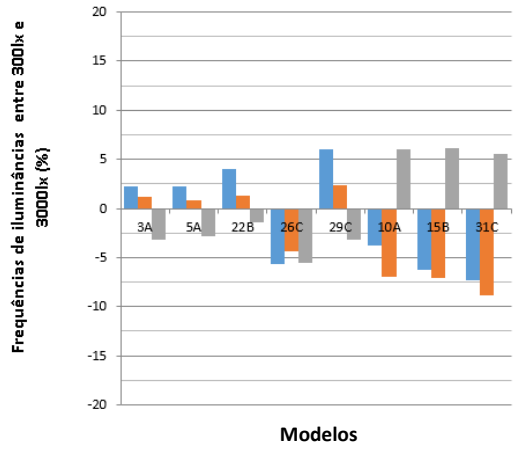
Azimute	Sala	Prateleira	Pérgola	Brise
-25°	3A	0,17	0,08	-0,19
	5A	0,17	0,07	-0,18
	22B	0,19	0,06	-0,12
	26C	0,09	0,04	-0,09
15°	29C	0,14	0,1	-0,11
155°	10A	0,05	0,03	0,04
	15B	0,04	0,02	0,03
	31C	0,02	0	0,02

Fonte: Autor

O gráfico da figura 11 se refere à frequência de iluminâncias entre 300lx e 3000lx. Esse parâmetro está mais relacionado à iluminância média. Observa-se que os efeitos dos três tipos de protetor ficaram abaixo de dez pontos percentuais e que todas as salas apresentaram acréscimo e decréscimo, que variam de acordo com o tipo de protetor. Nota-se também que o desempenho também está relacionado com a orientação e que um conjunto de fatores influenciam no mesmo.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8526

Figura 11: Gráfico com o resultado da comparação entre os modelos propostos e os modelos do Caso Base. Considerando a frequência de iluminâncias no intervalo entre 300lx e 3000lx.

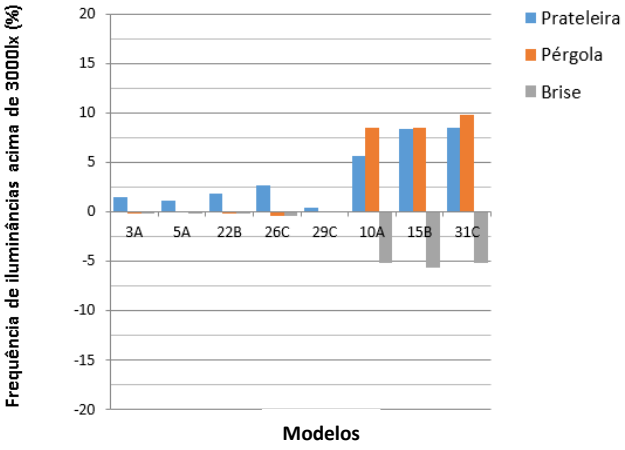


Azimute	Sala	Prateleira	Pérgola	Brise
-25°	3A	2,3	1,2	-3,2
	5A	2,3	0,8	-2,8
	22B	4	1,3	-1,4
	26C	-5,6	-4,4	-5,5
15°	29C	6	2,4	-3,2
155°	10A	-3,8	-7	6
	15B	-6,3	-7,1	6,2
	31C	-7,3	-8,9	5,6

Fonte: Autor

O brise foi a única opção a causar redução significativa na frequência de iluminâncias acima de 3000lx, chegando a uma redução de 5,6 pontos percentuais, conforme gráfico da Figura 12. Enquanto que na Prateleira, a frequência de iluminância acima de 3000lx foi superior em todas as salas. Por outro lado, as salas que continham a Pérgola como protetor, apresentaram maiores variações, além do maior aumento (9,8%).

Figura 12: Gráfico com o resultado da comparação entre os modelos propostos e os modelos do Caso Base. Considerando a frequência de iluminâncias no intervalo acima de 3000lx.



Azimute	Sala	Prateleira	Pérgola	Brise
-25°	3A	1,5	-0,1	-0,1
	5A	1,1	0	-0,09
	22B	1,8	-0,1	-0,1
	26C	2,7	-0,4	-0,4
15°	29C	0,4	0	0
155°	10A	5,7	8,5	-5,2
	15B	8,4	8,5	-5,6
	31C	8,5	9,8	-5,2

Fonte: Autor

Por meio dos resultados obtidos, conclui-se que os três tipos de protetor comparados afetaram o desempenho dos casos base. O efeito mais notável ocorreu na uniformidade da iluminação, onde a Prateleira causou os maiores incrementos. Em relação às frequências de iluminâncias acima de 3000lx, os efeitos dos três tipos de protetor ficaram abaixo de dez pontos percentuais. O Brise foi a única opção a causar redução nessa frequência. Isso pode ser útil na prevenção do ofuscamento.

CONCLUSÕES

O uso da iluminação natural e do sombreamento representa estratégia para minimizar o consumo de energia elétrica atualmente. Ademais, a conciliação deles é fundamental para a obtenção do conforto térmico e visual dos usuários. Essas estratégias devem ser promovidas desde a concepção do projeto arquitetônico, pois é nessa fase que as principais decisões são tomadas. Por isso, conhecer bem e saber usar os componentes de iluminação natural e sombreamento é importante para promovê-los. A partir dessa questão, o objetivo geral deste trabalho buscou comparar diferentes tipos de proteções solares, com sombreamento equivalente.

Por meio dos resultados obtidos, confirma-se a hipótese de que diferentes tipos de proteções solares afetam diferentemente a iluminação natural, mesmo que possuam sombreamento equivalente. Eles permitiram ainda a formação de recomendações de projeto para arquitetos, quanto ao uso das proteções solares:

- A prateleira deve ser usada para alcançar melhor uniformidade, ficando a pérgola como segunda melhor opção, sem provocar redução significativa na iluminância média;
- O Brise deve ser usado para prevenir ofuscamento, quando a iluminância média puder ser notadamente reduzida.

A tipologia usada nesse estudo foi sala de aula, mas as recomendações podem ser utilizadas em espaços com proporções e características semelhantes. Além disso, esse estudo ainda pode ser ampliado pelo estudo de novas variáveis.

AGRADECIMENTOS

A todos os envolvidos neste trabalho.

INFORME O EIXO TEMÁTICO DESTA SUBMISSÃO

[X] EIXO 5 – Conforto Ambiental e Eficiência Energética (GT Conforto Ambiental e Eficiência Energética)

REFERÊNCIAS

[1] VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros, 2001.

[2] KOWALTOWSKI, D. **Arquitetura escolar**: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

[3] ARAUJO, I. **Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios no trópico úmido**. 2006. Dissertação (Mestrado – Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

[4] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de

condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.

[5] SOUZA, A. **Avaliação do desempenho luminoso de salas de aula**: estudo de caso da sede do campus Arapiraca. Defesa de TCC – UFAL, Arapiraca, 2017.

[6] BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4. ed. Maceió: Edufal, 2004.

[7] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4:** Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2004.

[8] PROJETEEE. **Glossário.** Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/glossario/> Acesso em: 10 fev. 2018.

[9] ARAÚJO, I. Á. L.; BITTENCOURT, L. S. **Relação entre dimensões de janela e piso para iluminação natural e eficiência energética em edificações no trópico úmido**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 22, n. 4, p. 121-135, out./dez. 2022.

[10] REINHART, C.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **Leukos**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2006.

[11] REINHART, C. F.; WEISSMAN, D. A. The daylit area: correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. **Building and Environment**, v. 50, 2012.

[12] MARDALJEVIC, J. et al. Daylighting metrics for residential buildings. In: SESSION OF THE CIE. **Proceedings...** Sun City - South Africa: CIE, 2011.

[13] LAMBERTS, R.; MACIEL, A.; ONO, E. **Analysis Sol-Ar, Versão 6.2**. Florianópolis: LabEEE UFSC, 2009. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/softwares/Analysis_SolAr_6_2.zip>Acesso em: 14 nov. 2017.

[14] L. B. NAT. LABORATORY. **Daysim, versão 3.0 beta: 2010**. Disponível em: <http://radsite.lbl.gov/radiance/>

[15] AUTODESK, INC. **Autodesk Ecotect Analysis, versão 2011**. Autodesk Inc., 2010.

[16] LABEEE. **Arquivos climáticos INMET 2016**. 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016> Acesso em 23 nov. 2017.