DESEMPENHO LUMINOSO DE DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO SOLAR TIPO BRISE PARA AMBIENTE ESCOLAR

Luana Emiliano Ferreira (1); Andréa Coelho Laranja (2) Cristina Engel de Alvarez (3)
(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, luana.e.ferreira@edu.ufes.br, Universidade Federal do Espírito Santo
(2) Doutora, Professora associada do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, andrea.laranja@ufes.br
(3) Doutora, Diretora Presidente da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES, Professora titular do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, cristina.engel@ufes.br Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP), Tel.: (27) 4009-2581.

RESUMO
A pesquisa teve por objetivo avaliar a iluminação natural no interior de edificação escolar no que se refere ao desempenho luminoso obtido com a adoção de duas tipologias de dispositivos de proteção solar do tipo brise. A metodologia foi estruturada considerando a realização de simulações em um ambiente escolar típico localizado na cidade de Vitória-ES (LAT 20° 19' S), adotando os tipos de céus padrões da CIE (Commission Internationale L´aclairage) para as avaliações. A definição da geometria dos brises horizontais foi realizada por intermédio do uso da Carta Solar de Vitória - ES (Brasil), sendo adotados para a orientação Norte, sete brises de maior profundidade (54 cm), e quinze brises de menor profundidade (25cm). Após, foram realizadas simulações computacionais através do software TropLux. Os valores de iluminação natural analisados foram comparados às UDI (Useful Daylight Illuminances), obtidos através da análise de vinte pontos inseridos em uma malha ortogonal no ambiente interno. Os percentuais das UDI foram avaliados para o intervalo entre 8h e 16h para todo o ano e as isocurvas foram analisadas em horários e dias do ano preestabelecidos. A partir da análise dos resultados, foi possível concluir que para a orientação Norte, para todos os tipos de céus analisados, os brises de maior profundidade apresentaram um melhor desempenho em relação aos percentuais das UDI, além de proporcionarem uma maior visão para o ambiente externo, em função da redução na quantidade de placas horizontais.

Palavras-chave: Iluminação natural, dispositivos de proteção solar, brises.

ABSTRACT
The research aimed to evaluate natural lighting inside a school building with regard to luminous performance due to the adoption of sun protection devices of the brise type. The methodology was structured considering the realization of simulations in a typical school environment located in the city of Vitória-ES (LAT 20 ° 19 'S), adopting the standard sky types of the CIE (Commission Internationale L'aclairage) for the assessments. The definition of the geometry of the horizontal brises was carried out using the Solar Charter of Vitória - ES (Brazil), with seven brises of greater depth (54 cm) and fifteen brises of less depth (25 cm) being adopted for the North orientation. Afterwards, computational simulations were performed through TropLux software. The analyzed natural lighting values were compared with UDI (Useful Daylight Illuminances), displayed through the analysis of twenty points inserted in an orthogonal mesh in the internal environment. The percentages of the UDI were specified for intervals between 8 am and 4 pm for the whole year and as isocurves were analyzed at predefined times and days of the year From the analysis of the results, it was possible to conclude that for the North orientation, for all the analyzed skies, the brises of greater depth presented a better performance in relation to the percentages of the UDIs, besides providing a greater vision for the external environment, based on the reduction in the quantity of horizontal plates.

Keywords: Natural lighting, sun protection devices, brises.

1. INTRODUÇÃO

A luz natural adequada proporciona inúmeros benefícios para o ser humano, dentre eles, melhoria da saúde, bem-estar e melhor desempenho das atividades. Toledo e Cárdenas (2015) citam que, em ambientes escolares, por exemplo, a luz do dia aumenta o estado de alerta e a performance dos estudantes. Acrescenta-se também a importância da iluminação natural como elemento contribuidor para a melhoria do desempenho energético das edificações ao proporcionar redução do gasto de energia com iluminação artificial. Já há muito tempo se estuda o potencial de redução do gasto energético com o adequado uso da iluminação natural (LARANJA, 2010; LEDER, 2007).

Por outro lado, há quase meio século Hopkinson (1975) já alertava que as janelas, além de conceder ao ambiente interno a luz difusa do céu e a luz refletida do entorno, também proporcionam grande ganho de luz direta proveniente do Sol, eventualmente excessiva, visto que os efeitos da radiação solar direta por estas aberturas podem ocasionar excessos na iluminação natural, com consequências para o conforto luminoso do ambiente.

O fato é que as pesquisas mostram que a iluminação natural no ambiente interno depende, além das características do ambiente interno da edificação – como sua geometria e refletância das superfícies –, das características externas ao ambiente, como exemplo, os dispositivos de proteção solar das aberturas laterais. Hopkinson (1975) também já destacava a importância destes dispositivos no controle da iluminação natural, auxiliando na obtenção do conforto visual dentro dos ambientes. Após quase quarenta anos ainda se encontram trabalhos que evidenciam a capacidade destes dispositivos em aumentar o desempenho das edificações.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a iluminação natural no interior de edificação escolar no que se refere ao desempenho luminoso em função da adoção de duas tipologias de dispositivos de proteção solar do tipo brise.

3. MÉTODO

A metodologia, baseada em simulações computacionais, foi estruturada em duas etapas, sendo (1) a caracterização do ambiente interno e a definição da geometria dos brises; e (2), a simulação computacional e a análise dos resultados.

3.1. Caracterização do ambiente interno e definição da geometria dos brises

Embora o ambiente adotado como estudo de caso possua em seu entorno elementos sombreadores, considerando o objetivo de avaliar o efetivo resultado do uso de brises em um ambiente genérico, as condições do entorno foram desconsideradas. Desta forma, o modelo padrão de sala de aula possui 11,5 m x 5,9 m x 3,0 m, sendo respectivamente comprimento, largura e pé direito. Trata-se de sala de aula da edificação denominada Cemuni III, no Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória-ES de latitude 20° 19' S, Figura 1.

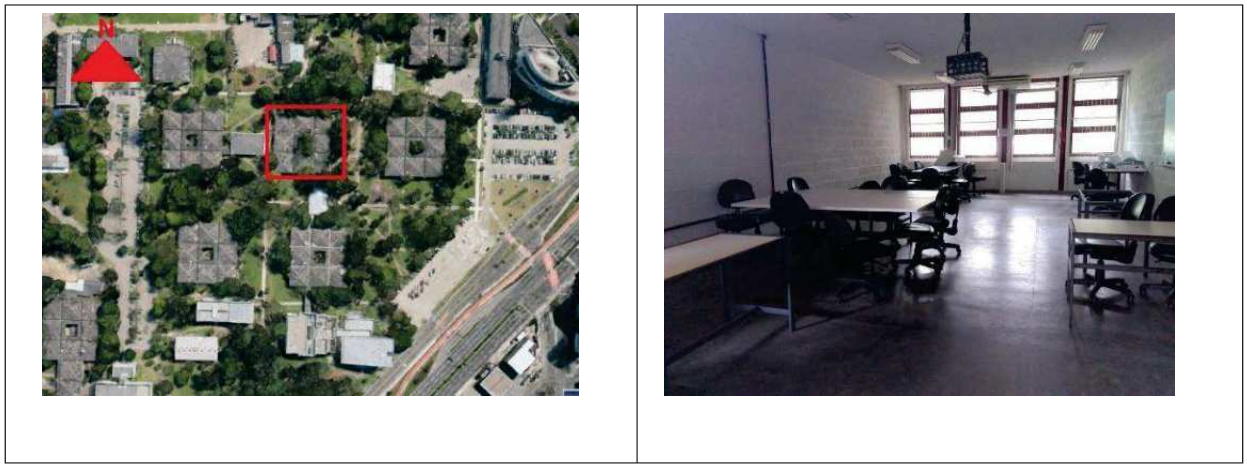


Figura 1 – À esquerda, recorte urbano com a localização do Cemuni III, no Centro de Artes da Ufes e à direita, interior da sala de aula

O número de pontos de medição da iluminância no ambiente interno foi calculado baseado na NBR 15215-4 (ABNT, 2005). O resultado apontou a necessidade de utilização de 16 pontos de medição numa malha ortogonal, sendo, porém, adotados 20 pontos com a intenção de ampliar a confiabilidade da análise. A Figura 2 apresenta a distribuição esquemática dos pontos no ambiente.

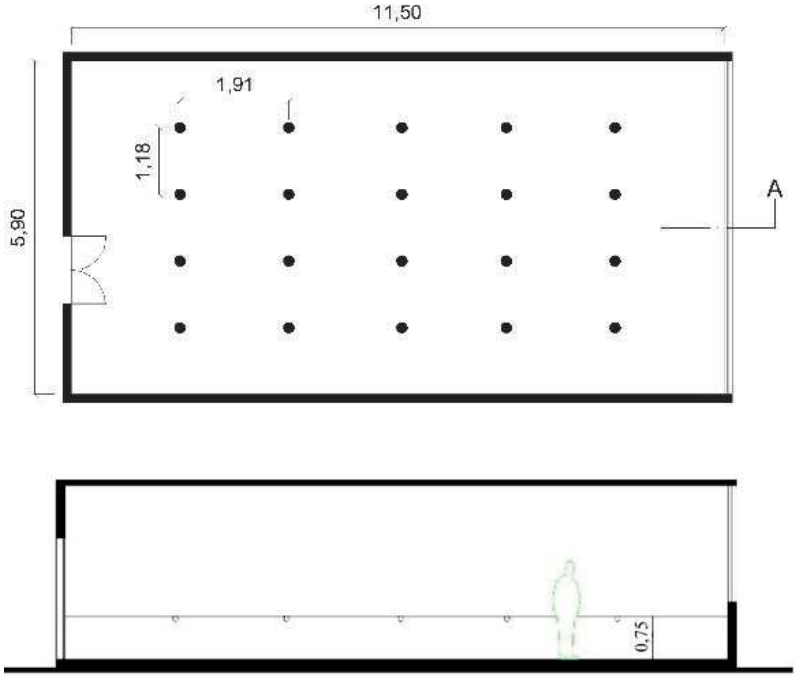


Figura 2 – Planta baixa e Corte esquemáticos do ambiente analisado, com a localização dos pontos de medição.

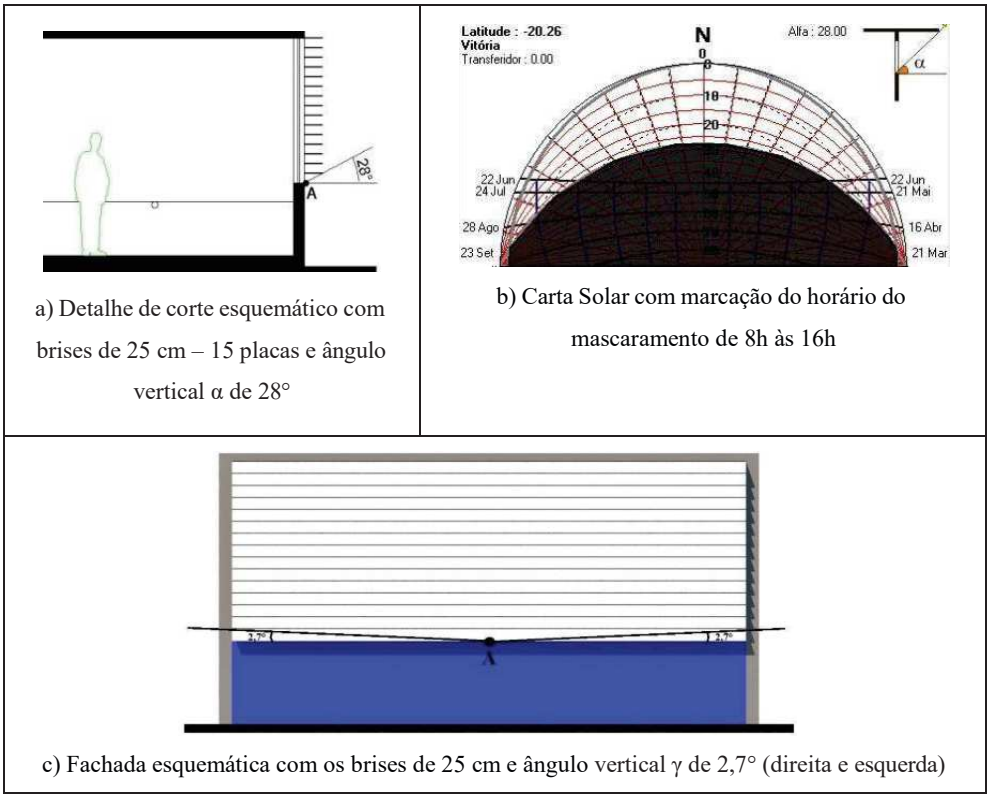
Para o dimensionamento dos brises, os ângulos considerados (α, γ direita e o γ da esquerda) foram definidos a partir de um ponto A localizado no centro da abertura. A definição do ângulo vertical (α) visou a proteção da sala da incidência solar, para todos os meses do ano entre 8h00 e 16h00, período no qual ocorre a maior parte das atividades escolares, considerando a abertura voltada para Norte.

No que se refere aos ângulos verticais (γ direita e o γ da esquerda), há uma variação na máscara de sombra, ocasionando um pequeno aumento ou redução da radiação solar direta nos horários do início da manhã e final da tarde.

Desta forma, apresentam-se a seguir de acordo com a orientação as características dos brises horizontais (profundidade, número de placas horizontais e ângulos verticais):

a) orientação Norte: brises menores horizontais com 25 cm de profundidade sendo 15 placas, com ângulo vertical (α) de 28° e ângulo vertical (γ direita e o γ da esquerda) de 2,7° (Figura 3).

b) orientação Norte: brises maiores horizontais com 54 cm de profundidade sendo 7 placas, com ângulo vertical (α) de 28° e ângulo vertical (γ direita e o γ da esquerda) de 5,7° (Figura 4).

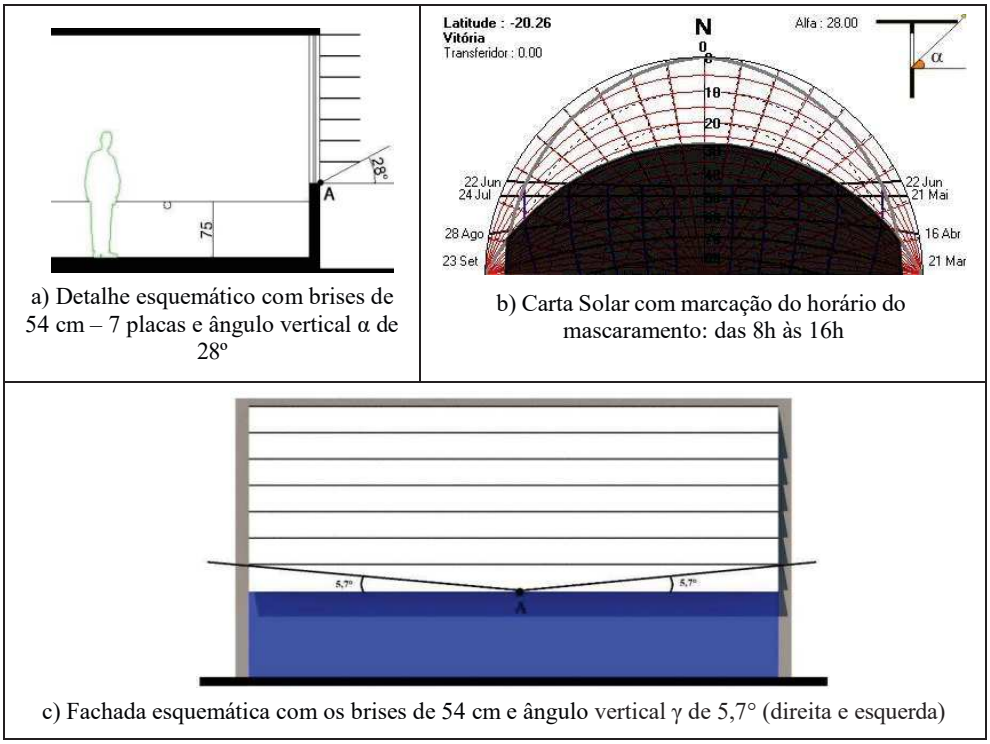


a) Detalhe de corte esquemático com brises de 25 cm – 15 placas e ângulo vertical α de 28°

b) Carta Solar com marcação do horário do mascaramento de 8h às 16h

c) Fachada esquemática com os brises de 25 cm e ângulo vertical γ de 2,7° (direita e esquerda)

Figura 3 – a) Corte esquemático demonstrativo dos brises de 25 cm na orientação Norte; b) Gráfico Solar de Vitória (Brasil) com identificação dos horários de mascaramento para a orientação Norte; e c) Fachada esquemática.



a) Detalhe esquemático com brises de 54 cm – 7 placas e ângulo vertical α de 28º

b) Carta Solar com marcação do horário do mascaramento: das 8h às 16h

c) Fachada esquemática com os brises de 54 cm e ângulo vertical γ de 5,7° (direita e esquerda)

Figura 4 – a) Corte esquemático demonstrativo dos brises de 54 cm na orientação Norte; b) Gráfico Solar de Vitória (Brasil) com identificação dos horários de mascaramento para a orientação Norte; e c) Fachada esquemática.

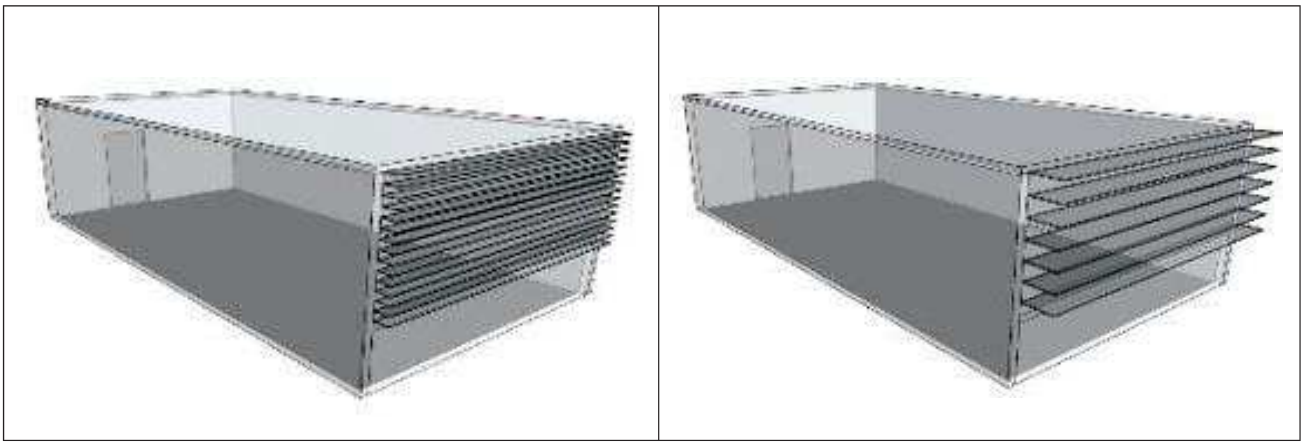


Figura 5 – Perspectivas esquemáticas do ambiente analisado com os brises de 25cm e 15 placas (a esquerda) e os brises de 54 cm e 7 placas (a direita).

3.2. Simulação Computacional

Na etapa de simulação utilizou-se o *software* TropLux. As simulações foram feitas para a condição de céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) da CIE (*Commission Internationale L´aclairage)*. De acordo com Laranja (2010), estes céus representam, respectivamente, os valores intermediário e máximo da média anual dos valores de iluminância interna. Adotou-se como coeficientes de reflexão os seguintes valores: 0,1 para o piso; 0,9 para o teto; 0,5 para as paredes; 0,6 para os brises horizontais; e vidro transparente comum. Tais valores representam condições usuais para ambientes escolares. Não foram considerados o mobiliário escolar e suas contribuições na reflexão da luz.

Como parâmetro de análise os resultados foram comparados aos intervalos das UDI (Useful Daylight Illuminances), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006): a) até 100lx - insuficiente; b) entre 100lx e 500lx - suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar; e c) entre 500lx e 2000lx - suficiente; d) acima de 2000lx - excessivo. Os resultados obtidos tratam-se dos percentuais das UDI analisados entre 8h e 16h em todos os dias do ano;

Também foram analisadas as isocurvas em dois períodos do ano letivo, correspondente ao equinócio de outono e primavera, respectivamente 21 de março e 21 de setembro, no horário de 10h00. Nesta análise das isocurvas foram observados os percentuais de áreas da sala que eram contempladas dentro dos intervalos das UDI, utilizando-se valores aproximados considerando: 25% (¼ da área da sala), 50% (½ da área da sala), 75% (¾ da área da sala) e 100% de área de sala.

4. RESULTADOS

Os resultados da pesquisa seguem apresentados em relação às Isocurvas e aos Percentuais das UDI para cada tipo de Céu.

De acordo com as Figuras 6 e 7, em 21 de março/setembro, no período da manhã (10h), para a condição de céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro), abertura para Norte, observa-se que o aumento do tamanho do brise e a consequente redução do número de placas não altera a proporção das áreas da sala contempladas nos intervalos das UDI. Apenas os valores de iluminância se elevam em cerca de 10% nas áreas próximas da abertura no caso dos brises maiores (54 cm).

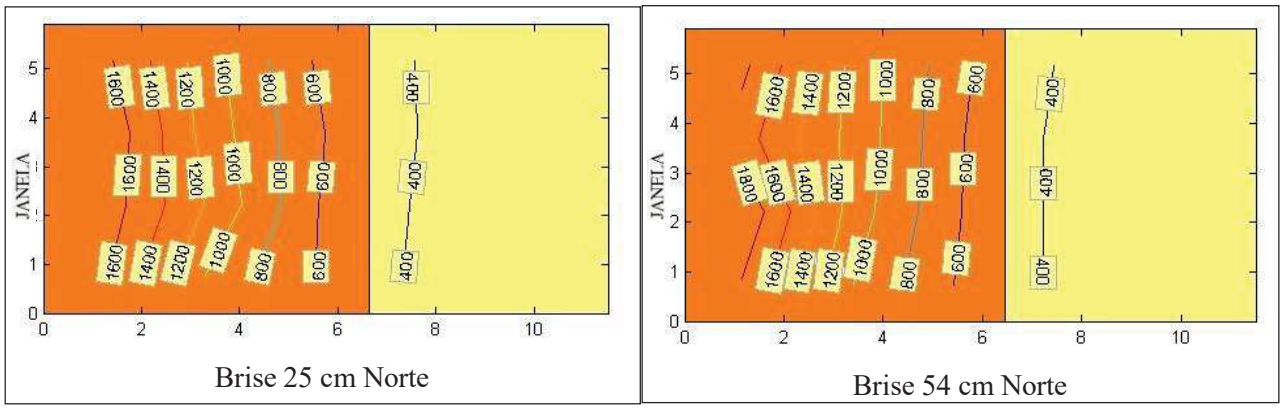


Figura 6 – Planta baixa esquemática com representação das isocurvas para a condição de céu 7 (parcialmente nublado), orientação Norte, com destaque para a cor laranja que mostra a área da sala contemplada com iluminação no intervalo suficiente (500 lx<E<200lx).

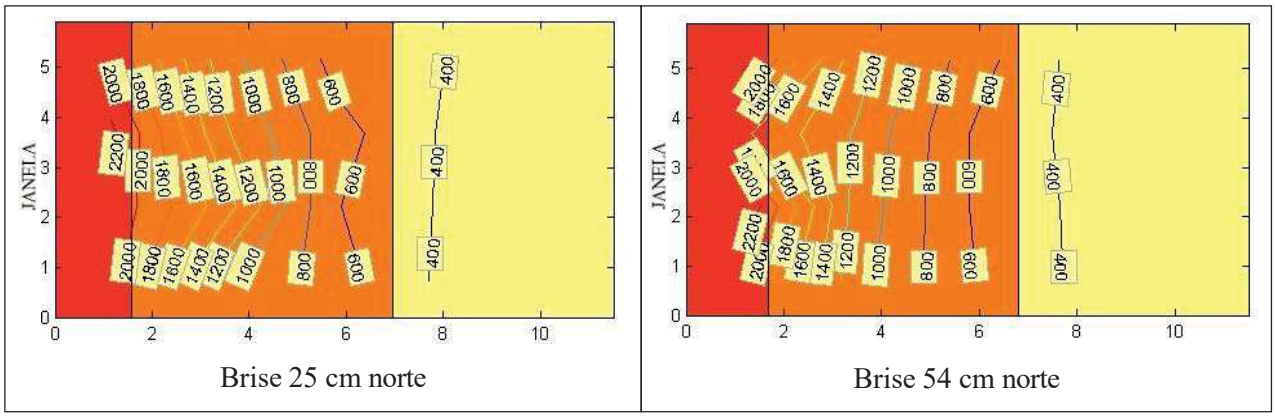


Figura 7 – Planta baixa esquemática com representação das isocurvas para a condição de céu 12 (claro), orientação Norte, com destaque para a cor laranja que mostra a área da sala contemplada com iluminação no intervalo suficiente (500 lx<E<200lx).

Analisando-se a Figura 8, para a condição de céu 7 (parcialmente nublado), abertura para Norte, observa-se que o aumento do tamanho do brise e a redução na quantidade de placas (15 para 7 placas) acarretam em uma baixa redução dos percentuais de iluminância no intervalo suficiente (500 lx<E<2000 lx), principalmente nos meses de menor altura solar. Desta forma, nestes ambientes com brises menores haverá uma iluminação um pouco mais adequada para a realização das atividades.

No que se refere ao intervalo excessivo (E>2000 lx), os ambientes com brises maiores também apontaram um ínfimo aumento nos percentuais deste intervalo, com possibilidades de ocorrência de ofuscamento em função do excesso de luz, nos meses de menor altura solar. Porém, em função de ocorrer apenas um ínfimo aumento de iluminação excessiva, bem como um sucinto aumento do percentual no intervalo suficiente, conclui-se que para ambientes em localidades de céu 7 (parcialmente nublado) com aberturas para Norte, é recomendado o uso de brises maiores (54 cm), por proporcionarem maior visão para o exterior, devido ao maior espaçamento entre as placas dos brises em função da maior quantidade de placas.

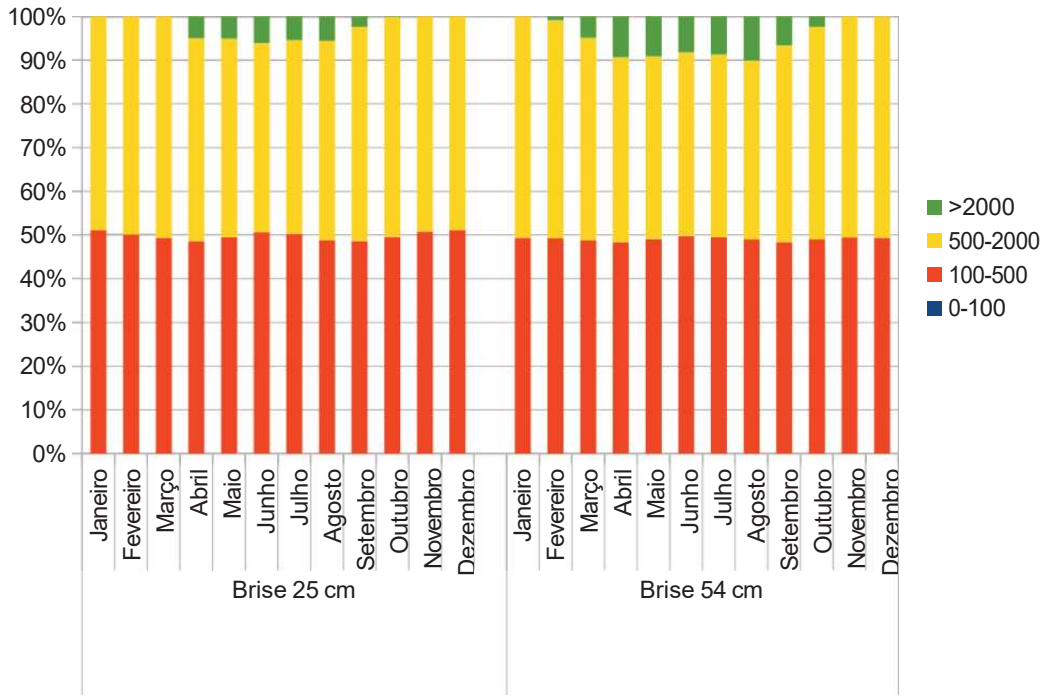


Figura 8 – Gráfico de Iluminâncias para a condição de céu 7 (parcialmente nublado), orientação Norte.

Analisando a Figura 9, para a condição de céu 12 (claro), abertura para Norte, observou-se que as alterações aconteceram nos percentuais do intervalo suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar (100 lx<E<500 lx) principalmente nos meses de menor altura solar. Assim, pelo fato desta melhora ser muito pequena, pode-se afirmar que, para ambientes em localidades de céu 12 (claro) com aberturas para Norte, é recomendado o uso de brises maiores (54 cm), por proporcionarem maior visão para o exterior, devido ao maior espaçamento entre os brises e a menor quantidade de placas.

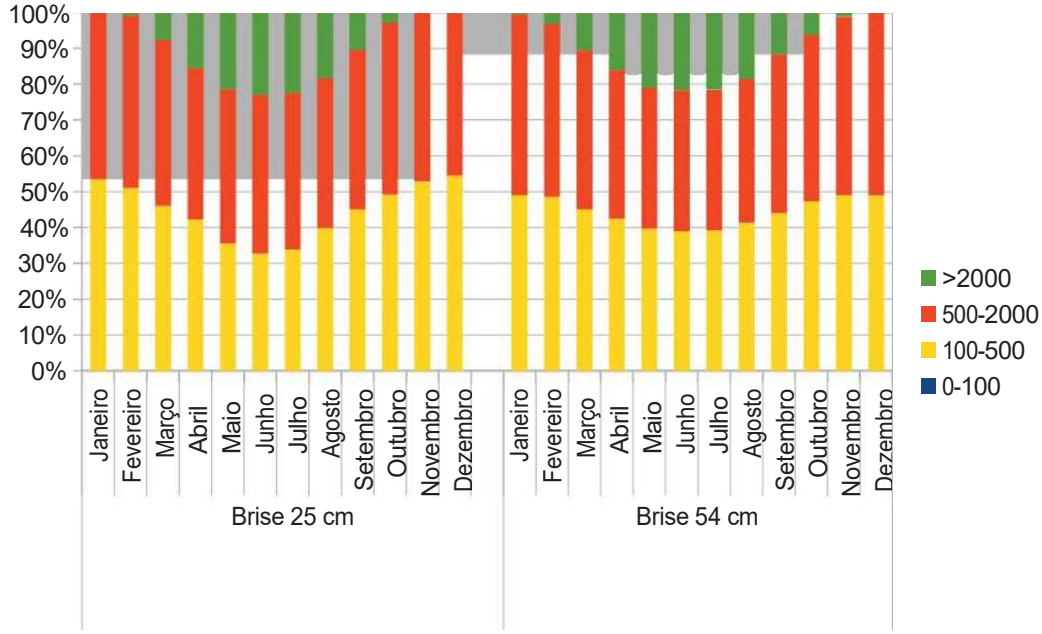


Figura 9 – Gráfico de Iluminâncias para a condição de céu 12 (claro), orientação norte.

A Figura 10 apresenta-se a síntese das análises dos resultados com o uso dos brises horizontais para as situações simuladas.

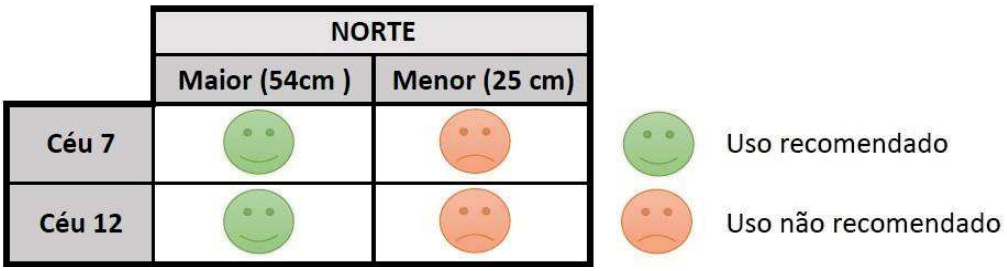


Figura 10 – Síntese dos resultados referente à performance dos brises quanto à iluminação natural no ambiente interno em função da comparação entre os brises com dimensões maiores e menores para cada condição de céu na orientação norte.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa parte de uma investigação da performance lumínica de um ambiente interno escolar, a partir da variação das dimensões de dispositivos sombreadores do tipo brises horizontais. Os resultados apresentam variação de performance para os brises menores e maiores em função da orientação da abertura e da característica de céu da localidade.

Nos dias simulados em todas as condições de céus na orientação Norte, as isocurvas demonstram que o aumento no tamanho dos brises, mantendo-se a mesma angulação, não acarretam na redução da iluminância nos espaços mais profundos do ambiente, distantes da janela.

Desta forma, conclui-se que para as aberturas na orientação Norte em localidades de céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro), é recomendável o uso de brises maiores. Estes brises apresentam praticamente o mesmo desempenho lumínico que os brises menores, porém proporcionam uma visão para o exterior menos obstruída devido ao maior espaçamento entre as placas.

A metodologia deste trabalho foi aplicada para um ambiente específico, podendo ser replicada em condições semelhantes, observando-se as características da localização do ambiente a ser analisado, bem como o tipo de céu predominante, a orientação das aberturas, a refletâncias das superfícies dos brises, além das tarefas a serem realizadas no ambiente em estudo. Futuras pesquisas podem considerar o coeficiente de reflexão das superfícies do mobiliário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. (NBR 15215-4).

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.

LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LEDER, S. L. **Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural.** 2007. 240 f. Tese (Doutorado em Construção Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TOLEDO, G. E, CÁRDENAS, O. F. **Análise dos efeitos visuais e não visuais da iluminação natural: benefícios e estratégias.** Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. P.113- 119, 2015. Mackenzie.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela viabilização desta pesquisa. Agradecem também a Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) pela bolsa-auxílio disponibilizada durante o andamento da pesquisa.