DESEMPENHO DE BRISES SOB DIFERENTES COEFICIENTES DE REFLEXÃO

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
Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a performance lumínica de brises horizontais sob diferentes valores de coeficientes de reflexão. A metodologia foi estabelecida a partir de simulações no Software Troplux, considerando um ambiente escolar, com duas alternativas de tipologias de brises horizontais, com 25 cm e 54 cm de profundidade, e coeficientes de reflexão de cor escura (0,9), mediana (0,6) e clara (0,2). A definição da geometria dos brises horizontais foi realizada por intermédio da Carta Solar de Vitória - ES, na orientação Norte. Foram adotados vinte pontos de medição no ambiente interno em uma malha ortogonal, sendo simulados para o Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro). Os valores de iluminação natural foram comparados aos intervalos das UDI (Useful Daylight Illuminances) entre 8h e 16h para todo o ano, que permitiram caracterizar a ocorrência de iluminâncias que se conservam dentro de determinados intervalos de iluminação, insuficiente; suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar; suficiente; excessivo. Para ambos os céus analisados, as melhores performances dos brises horizontais foram obtidas a partir da associação entre os brises de 54 cm com coeficientes de reflexão de cor escura, bem como dos brises de 25 cm com coeficientes de reflexão de cor clara.

Palavras-chave: Coeficientes de reflexão, iluminação natural, brises, dispositivos de proteção solar.

ABSTRACT
This research aimed to evaluate a horizontal luminous performance adjusted under different coefficients reflection values. The methodology was established from simulations in the Troplux Software, considering a school environment, with two alternatives of horizontal brises typologies, 25 cm and 54 cm deep, and reflection coefficients of dark (0,9), médium (0,6) and light color (0,2). The definition of the geometry of the horizontal brises was carried out using the Solar Charter of Vitória - ES, in the North orientation. Twenty measurement points were adopted in the internal environment in an orthogonal mesh, being simulated for Sky 7 (partly cloudy) and Sky 12 (clear). The analyzed natural lighting values were compared with UDI (Useful Daylight Illuminances) between 8 am and 4 pm for the whole year, which allowed to characterize the occurrence of illuminances that remain within certain lighting intervals, insufficient; sufficient, but in need of additional lighting; enough; excessive. For both skys analyzed, the best performances of the horizontal brises were obtained from the association between the 54 cm brises with dark reflection coefficients, as well as the 25 cm brises with light reflection coefficients.

Keywords: Reflection coefficients, natural lighting, brises, sun protection devices.

1. INTRODUÇÃO

A luz natural adequada aos ambientes arquitetônicos e seus respectivos uso possibilita diversos benefícios para o ser humano, como a melhoria da saúde, o bem-estar e o aumento da produtividade. Webb (2006) relata acerca da relação entre a iluminação natural e o controle do ritmo circadiano, secreções hormonais, temperatura corporal além de benefícios para o sono. EMMANUEL (2020) acrescenta os benefícios da iluminação natural que penetra as aberturas como forma de prevenção e controle de infecções. Toledo e Cárdenas (2015) relatam que em espaços escolares a iluminação natural é capaz de aumentar o estado de alerta e o desempenho dos estudantes. Acrescenta-se, também, a importância da iluminação natural como elemento contribuinte para a melhoria do desempenho energéticos das edificações ao proporcionar redução do gasto de energia com iluminação artificial.

As pesquisas, por sua vez, mostram que a iluminação natural no ambiente interno depende, dentre outros fatores, dos coeficientes de reflexão das superfícies externas e dos dispositivos controladores da iluminação natural contidos na envoltória das edificações. Segundo Castro (2003), quanto mais clara e brilhante é a superfície, menor a absorção da radiação solar, consequentemente, maior a reflexão. Figueiredo (2007), por sua vez, observa-se que é possível ter um controle relativo da iluminação no ambiente interno também por meio da escolha da cor da superfície dos materiais. No que se refere aos dispositivos sombreadores, Santos e Souza (2012) citam que, quando adequadamente projetados, auxiliam na obtenção do conforto visual dentro dos ambientes, aumentando o desempenho energético das edificações. Leal e Leder (2018); Souza, Soares e Alves, (2018) acrescentam que dispositivos sombreadores como brises são bastante adequados para edificações em cidades de clima tropical úmido, em função do aumento do aproveitamento da iluminação natural bem como da redução da incidência solar direta.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo avaliar a performance lumínica de brises horizontais sob diferentes valores de coeficiente de reflexão.

3. MÉTODO

A metodologia para a obtenção dos resultados foi estabelecida a partir de simulações computacionais, considerando três principais aspectos: a) caracterização do modelo arquitetônico; b) simulação computacional; e c) análise dos resultados.

3.1. Caracterização do modelo arquitetônico

O modelo arquitetônico previamente selecionado trata-se de um ambiente escolar com 11,5 m x 5,9 m x 3,0 m, respectivamente comprimento, largura e pé direito. Trata-se de sala de aula da edificação denominada Cemuni III (Celula Matricial Universitária), localizada no Centro de Artes da UFES (Universidade Federal do Espírito Santo), Campus de Vitória (ES) na latitude 20° 19' S, Figuras 1, 2 e 3.



Figura 1 – Recorte urbano com a localização do Cemuni III, no Centro de Artes (Ufes).



Figura 2 – Vista externa das aberturas do ambiente estudado.

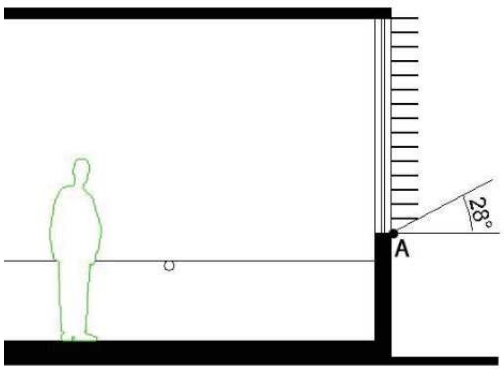


Figura 3 – Vista interna do interior da sala de aula.

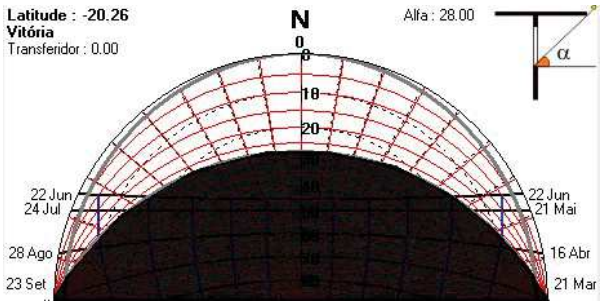
A escolha dessa edificação deu-se em função de ser representativa no âmbito do Campus Universitário e, também, por sua tipologia permitir a extrapolação dos resultados para outras situações semelhantes.

Os tamanhos dos brises foram definidos em função do ângulo vertical α a partir de um ponto localizado no centro da abertura, considerando ainda estes brises como infinitos, visto se tratar de um conjunto de salas de aula. Na construção do ângulo considerou-se a proteção da sala da incidência solar para todos os meses do ano entre 8h00 e 16h00, período da maior parte das atividades escolares.

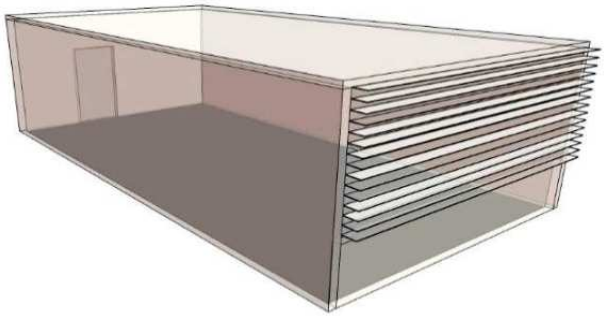
Desta forma, na orientação Norte os brises menores horizontais possuem 25 cm de profundidade, sendo 15 placas, com ângulo vertical α de 28°, Figura 4. Já os brises maiores horizontais possuem 54 cm de profundidade, sendo 7 placas, com ângulo vertical α de 28°, Figura 5.



a) Corte esquemático com detalhe dos brises de 25 cm – 15 placas e ângulo vertical α de 28

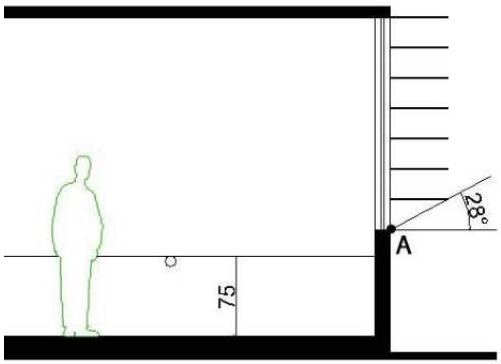


b) Carta Solar de Vitória com horário do mascaramento de 8h às 16h

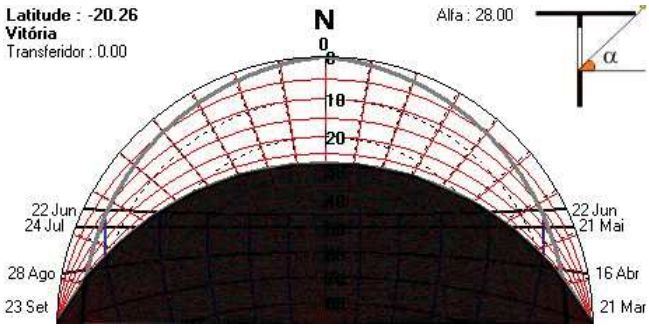


c) Perspectiva esquemática com demonstração dos brises de 25 cm

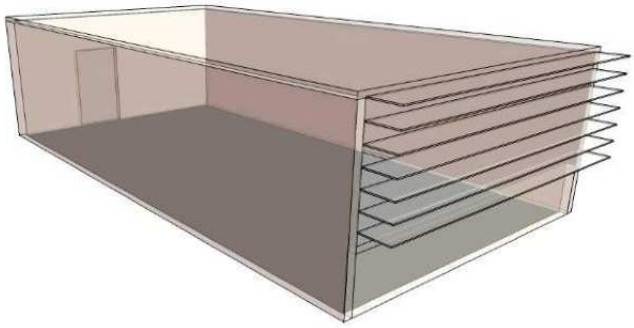
Figura 4 – a) Corte esquemático demonstrativo dos brises menores (25 cm); b) Gráfico Solar de Vitória (Brasil) com identificação dos horários de mascaramento para a orientação Norte e c) Perspectiva esquemática do ambiente analisado composta pelos brises menores (25 cm).



a) Corte esquemático com detalhe dos brises de 25 cm – 15 placas com ângulo vertical α de 28°.



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



c) Perspectiva esquemática com demonstração dos brises de 54 cm

Figura 5 – a) Corte esquemático demonstrativo dos brises maiores (54 cm); b) Gráfico Solar de Vitória (Brasil) com identificação dos horários de mascaramento para orientação Norte e c) Perspectiva esquemática do ambiente analisado composta pelos brises maiores (54 cm).

3.2. Simulação Computacional

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado como ferramenta de simulação o programa TropLux (CABÚS, 2012). Nas simulações foram adotados céus estáticos nas condições de Céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) caracterizados pela 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 para os brises: 0,2 (cor escura), 0,6 (cor mediana) e 0,9 (cor clara). As características adotadas para os demais materiais são 0,5, 0,1 e 0,9, respectivamente, para as paredes internas, piso e teto. O vidro considerado para a abertura foi o comum transparente com características de refletância e transmitância de acordo com a Figura 6.

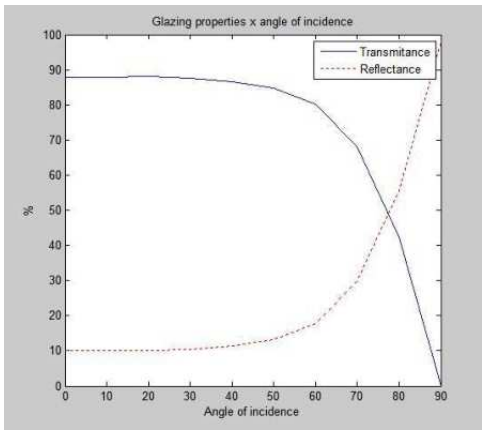


Figura 6 - Características de transmitância e refletância do vidro no ambiente (CABÚS, 2012).

Na simulação foi possível obter os valores das médias de iluminâcia em cada ponto e em cada horário do dia entre 8h e 16h para todos os dias do ano. O software TropLux permite analisar os percentuais destas iluminâncias que se enquadram dentro dos intervalos das UDI (Useful Daylight Illuminances), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006). A escolha da métrica UDI se deu por ela permitir caracterizar, dentro do período de um ano, a ocorrência de iluminâncias que se conservam dentro de determinados intervalos de iluminação, sendo possível desta forma analisar valores suficientes de iluminação, bem como valores excessivos. Assim, as análises foram feitas a partir dos intervalos das UDI, ou seja, até 100 lx – Insuficiente; entre 100 lx e 500 lx - suficiente, mas com necessidade iluminação complementar; 500 lx e 2000 lx – suficiente; e acima de 2000 lx - excessivo. Os pontos de medição totalizam 25, locados ortogonalmente dentro do ambiente e distantes entre si, num plano de trabalho horizontal localizado a 75 cm de altura, Figura 7.

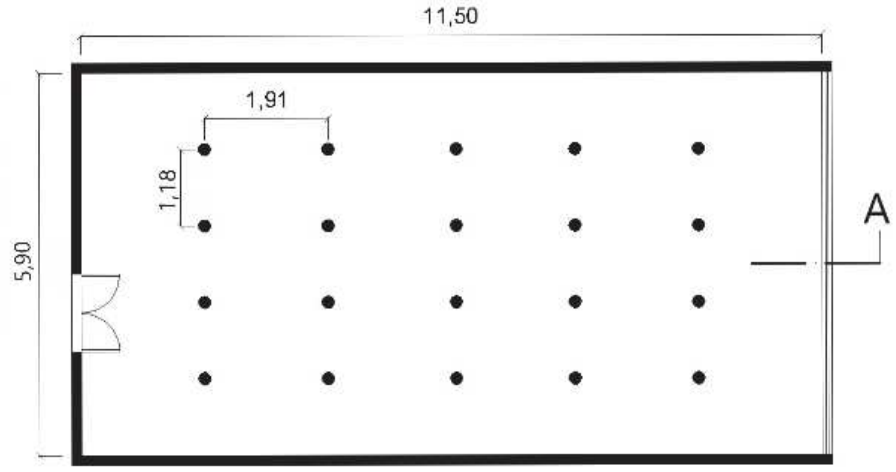


Figura 7 - Planta baixa esquemática do ambiente analisado com a localização dos pontos de medição.

3.3. Análises dos resultados

Nas análises dos resultados foram observadas as seguintes questões em função da variação dos valores de coeficientes de reflexão: a) as alterações nos percentuais de iluminação excessiva ao longo dos meses; b) as alterações no intervalo suficiente ao longo dos meses; c) a correlação entre a performance dos modelos e a capacidade de proporcionar visualização externa.

4. RESULTADOS

4.1 Análise dos brises com refletância 0,2

Para a orientação Norte, em situação de Céu 12 (claro) e Céu 7 (parcialmente nublado), ilustrado nos gráficos apresentados na Figura 8, em situação de refletância 0,2 (cor escura), os brises maiores (54 cm) apresentam um melhor desempenho lumínico ao reduzir os percentuais de iluminação excessiva (E>2000lx) em todos os meses do ano. A incorporação do brise menor (25 cm), para o Céu 12, acarreta um aumento neste percentual excessivo, o qual chega à cerca de 25% nos meses mais amenos (de menor altura solar), onde no caso do Céu 7 este percentual é apenas de 5%. Desta forma a aplicação dos brises maiores com coeficiente de reflexão 0,2 (cor escura) beneficia o ambiente interno ao reduzir possíveis contrastes lumínicos.

Para orientação Norte, em situação de Céu 12 (claro) e Céu 7 (parcialmente nublado), no que tange ao intervalo de iluminância suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar (100lx<E<500lx), os brises menores (25 cm) possibilitam maior desempenho lumínico em todos os meses do ano, com redução nos percentuais deste intervalo variando entre 5% (nos meses de maior altura solar) até 10% (nos meses de menor altura solar). Desta forma, o uso de brises menores com refletância 0,2 contribuirá no menor gasto de energia com iluminação artificial visto ter uma menor quantidade de pontos que necessitam de iluminação complementar. Não foram apresentados os resultados referentes ao intervalor E<100lx (insuficiente), visto que eles se mostraram em quantidade insignificante.

Para orientação Norte, em situação de Céu 12 (claro) e Céu 7 (parcialmente nublado), no que se refere ao intervalo suficiente (500lx<E<2000lx), observa-se que durante o ano a melhor performance divide-se entre os dois tipos de brises. Porém nota-se que, para o Céu 12, ao se avaliar a diferença percentual do intervalo suficiente (500lx<E<2000lx) entre os meses, o brise de 54 cm possui resultados melhores ao longo do ano, onde nos meses de menor altura solar este contribui com um aumento percentual em cerca de 10%;

já nos meses de maior altura solar, sua performance só reduz em cerca de 5%. No caso do Céu 7 o brise de 25 cm possui resultados melhores ao longo do ano, onde nos meses de maior altura solar este contribui com um aumento percentual em cerca de 10%.

Conclui-se, deste modo, que para a orientação Norte, em situação de Céu 12 (claro) e Céu 7 (parcialmente nublado), ao se adotar a refletância 0,2 obtém-se com os brises maiores (54 cm) um melhor desempenho lumínico, uma vez que possuem maior eficiência ao longo do ano ao não permitir a entrada de luz excessiva no ambiente interno, além de que há uma melhor performance no intervalo suficiente, garantindo iluminação suficiente para a realização das atividades internas no ambiente. Destaca-se, ainda, o fato de que estes brises permitirão a maior visualização do ambiente externo, visto serem em menor quantidade e com maior espaçamento entre si, ao longo da fachada.

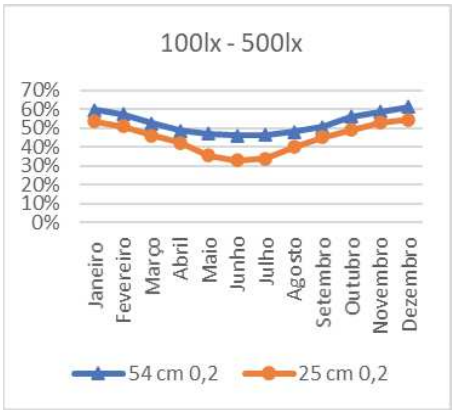
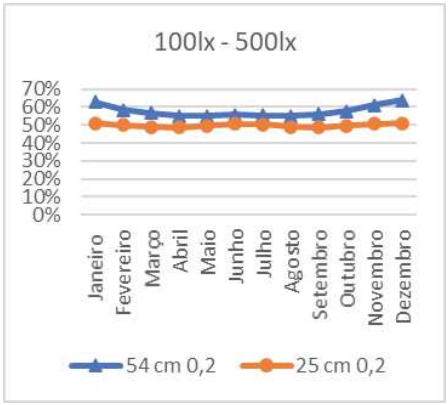
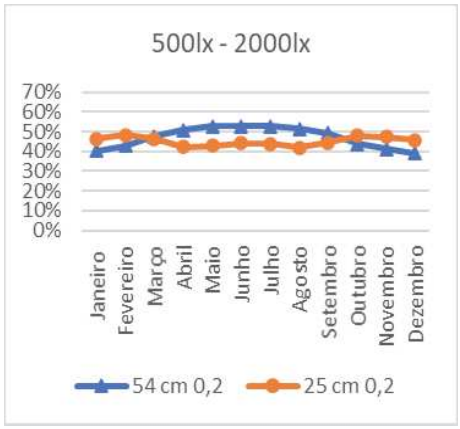
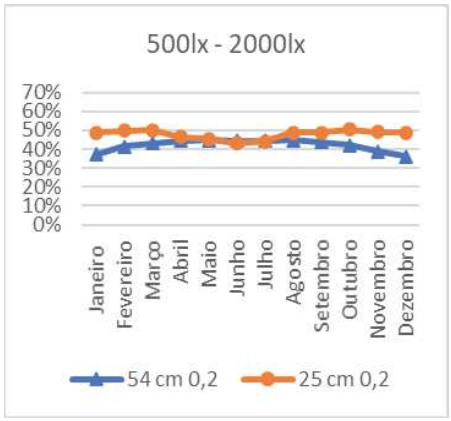
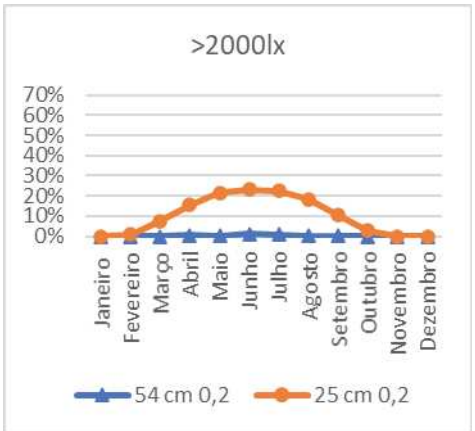
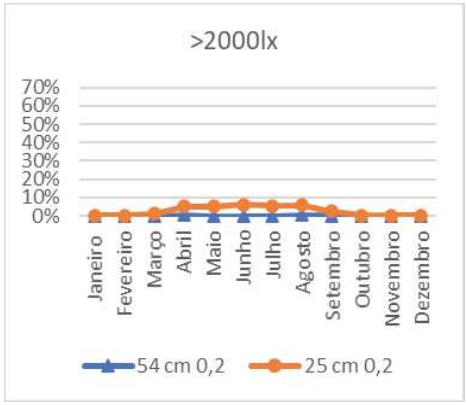
Céu 12	Céu 7
	
	
	

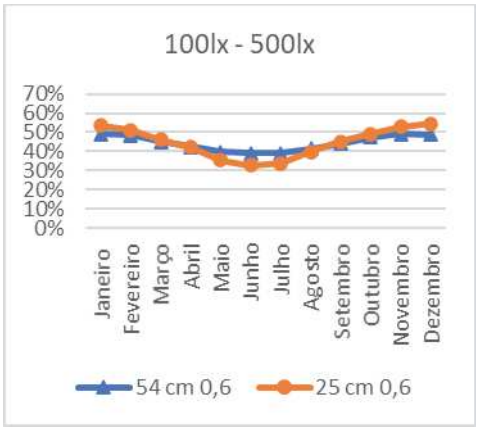
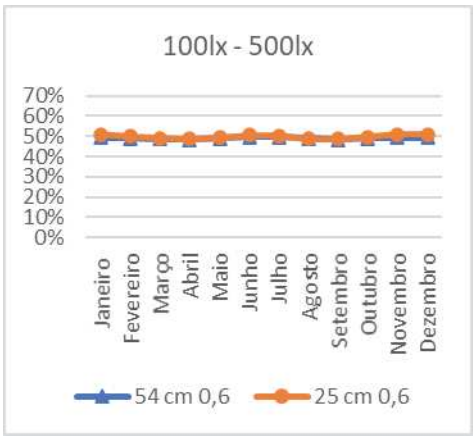
Figura 8 - Percentuais das UDI apresentados ao longo dos meses para os Céus 12 (claro) e 7 (parcialmente nublado), orientação Norte de acordo com Brise de 54 cm e de 25 cm, com coeficiente de refletância 0,2.

4.2 Análise dos brises com refletância 0,6

Para orientação Norte, em situação de Céu 12 (claro), conforme demonstrado nos gráficos da Figura 9, em situação de refletância 0,6 (cor mediana), o desempenho lumínico dos brises maiores (54 cm) e a dos brises menores (25 cm) é semelhante em relação aos percentuais de iluminação excessiva (E>2000lx), não apresentando uma diferença percentual significativa neste intervalo. Já em situação de Céu 7 os brises menores (25 cm) apresentam um melhor desempenho lumínico ao reduzir os percentuais de iluminação excessiva (E>2000lx) em 8 dos 12 meses do ano. A incorporação do brise maior (54 cm) acarreta um aumento no percentual excessivo, o qual chega a cerca de 5% nos meses de maior altura solar. Desta forma a aplicação dos brises menores beneficia o ambiente interno ao reduzir possíveis contrastes lumínicos.

No que se refere ao intervalo de iluminância suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar (100lx<E<500lx) em situação de Céu 12, nota-se que durante o ano a melhor performance divide-se entre os dois tipos de brises. Já no Céu 7 a performance dos dois brises é semelhante. No Céu 12, ao analisar as diferenças percentuais neste intervalo entre os meses, constata-se que ambos os brises possuem seus melhores desempenhos em menores alturas solares, tendo o brise menor uma performance superior quando ocorrem os meses de menor altura solar, e o brise maior uma performance maior no caso de maiores alturas solares. Desta forma, a opção pelo brises maiores com refletância 0,6 proporcionará maior visualização do ambiente externo. No Céu 12 e 7, no que se refere ao intervalo suficiente (500lx<E<2000lx), os brises menores (25 cm) apresentam um melhor desempenho lumínico ao aumentar os percentuais de iluminação suficiente (500lx<E<2000lx) na maior parte do ano. A incorporação do brise maior (54 cm) proporciona apenas um pequeno aumento na performance nos meses de maior altura solar no intervalo, (500lx<E<2000lx). Não foram apresentados os resultados referentes ao intervalor E<100lx (insuficiente), visto que eles se mostraram em quantidade insignificante.

Conclui-se, deste modo, que para a utilização de brises com refletâncias medianas (refletância 0,6), a opção em usar os brises maiores (54 cm) além de ter um desempenho lumínico semelhante aos brises menores (25 cm), estes proporcionarão uma maior visualização do ambiente externo, o que gera um ambiente mais confortável visualmente.

Céu 12	Céu 7
	

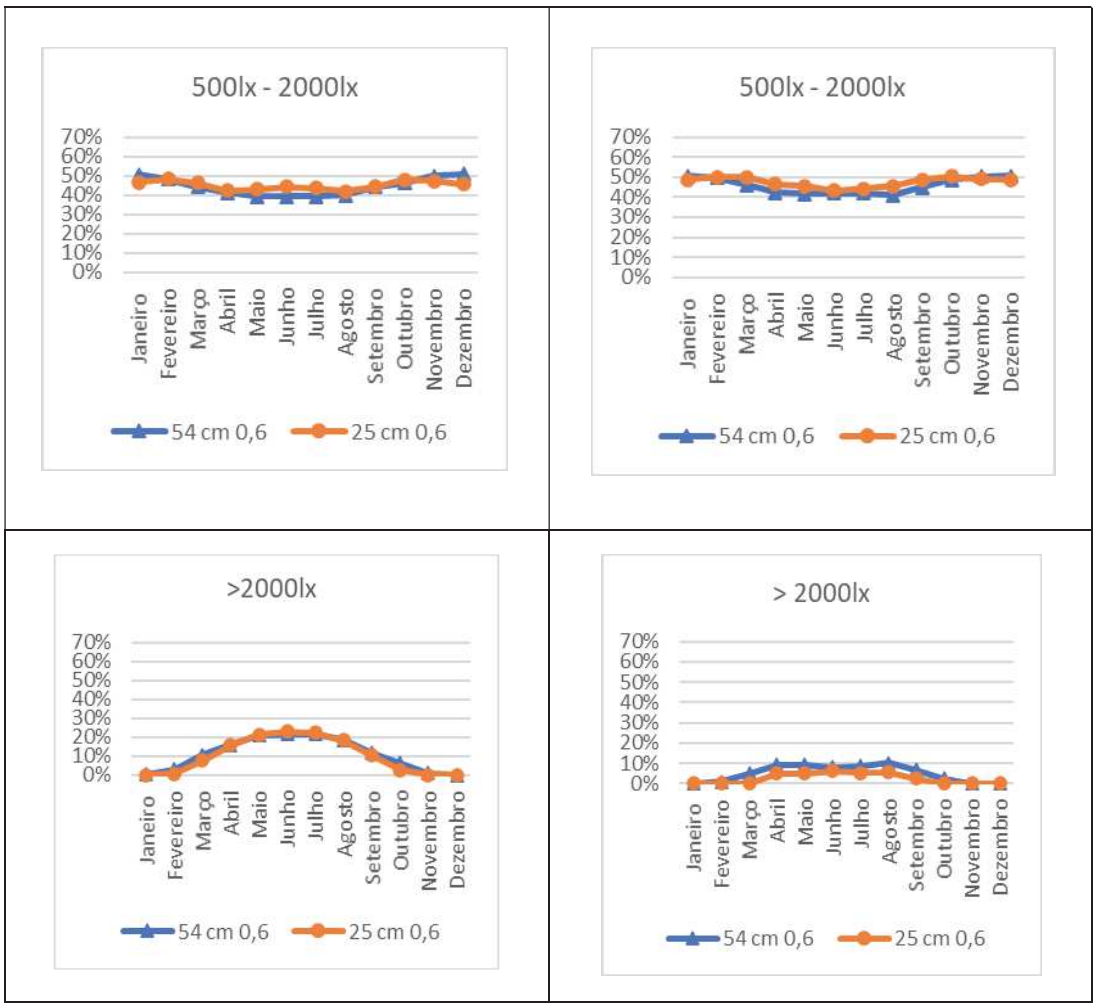


Figura 9 - Percentuais das UDI apresentados ao longo dos meses para os Céus 12 (claro) e 7 (parcialmente nublado), orientação Norte de acordo com Brise de 54 cm e de 25 cm, com coeficiente de refletância 0,6.

4.3 Análise dos brises com refletância 0,9

Para orientação Norte, em situação de Céu 12 (claro), segundo os gráficos da Figura 10, em situação de refletância 0,9 (cor clara), os brises menores (25 cm) apresentam um melhor desempenho lumínico ao reduzir os percentuais de iluminação excessiva (E>2000lx) ao longo do ano. A incorporação do brise maior (54 cm) acarreta um aumento no percentual excessivo, o qual chega a cerca de 15% a mais do que os brises menores em todos os meses. Desta forma a aplicação dos brises menores beneficia o ambiente interno ao reduzir possíveis contrastes lumínicos.

No que tange ao intervalo de iluminância suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar (100lx<E<500lx), os brises maiores (54 cm) possuem melhor desempenho lumínico em todos os meses do ano, com redução nos percentuais deste intervalo variando entre 5 % (nos meses de maior altura solar) até 10% (nos meses de menor altura solar) no Céu 12; no caso do Céu 7 este percentual permanece em torno de 5% ao longo do ano. Desta forma, o uso de brises maiores com refletância 0,9 contribuirá para o menor gasto de energia com iluminação artificial visto ter uma menor quantidade de pontos que necessita de iluminação complementar.

No que se refere ao intervalo suficiente (500lx<E<2000lx), observa-se que durante todo o ano a melhor performance ocorre com o uso de brises menores (25 cm). A inserção do brise maior (54 cm) acarreta uma redução no percentual ideal, o qual chega à cerca de 10% nos meses de maior altura solar, e a cerca de 5% nos meses de menor altura solar. Desta forma, a aplicação dos brises menores beneficia o ambiente interno ao reduzir o uso de iluminação artificial. Não foram apresentados os resultados referentes ao intervalor E<100lx (insuficiente), visto que eles se mostraram em quantidade insignificante.

Diante do exposto, conclui-se que para a utilização de brises mais claros (refletância 0,9), serão os brises menores (25 cm) apresentarão um melhor desempenho lumínico, uma vez que possuem melhor desempenho ao longo do ano ao reduzir a entrada de luz excessiva no ambiente interno em todos os meses do

ano, além de que há uma melhor performance no intervalo suficiente, garantindo iluminação natural para a realização das atividades internas no ambiente.

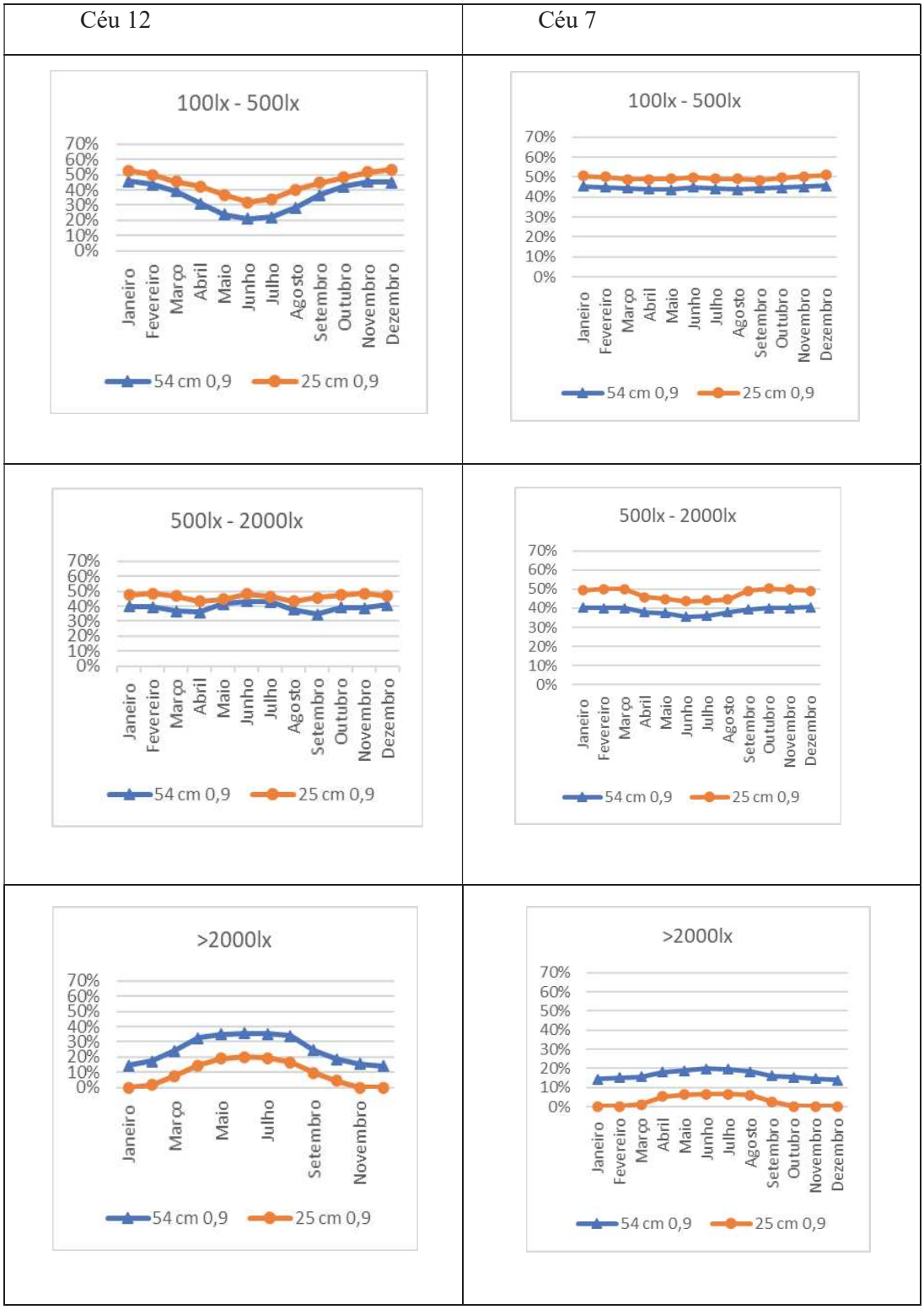


Figura 10 - Percentuais das UDI apresentados ao longo dos meses para os Céus 12 (claro) e 7 (parcialmente nublado), orientação Norte de acordo com Brise de 54 cm e de 25 cm, com coeficiente de refletância 0,9.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa parte de uma investigação da performance lumínica de um ambiente interno escolar, passível de replicação em outras situações semelhantes, a partir da variação dos dispositivos sombreadores do tipo brises horizontais, sob diferentes valores de coeficientes de reflexão. Nas simulações realizadas em

ambiente escolar na orientação Norte, para a cidade de Vitória – ES (Brasil), observou-se inicialmente a necessidade de dimensionar os brises através do Gráfico Solar de Vitória, o que conduziu à proposição de brises em tamanhos diferenciados considerando a orientação para Norte. Para tanto, considerou-se o resultado da análise com a máscara de sombra, elaborada de acordo com o período de permanência dos estudantes em sala de aula.

Considerando os critérios da análise, pode-se concluir que em localidades de Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro), ao se adotar protetores solar com coeficiente de refletância de 0,2 (cor escura) é recomendável o uso de brises maiores (54 cm), por ter maior capacidade em reduzir a entrada de iluminação excessiva, melhor performance no intervalo suficiente e maior capacidade de visualização externa, visto serem em menor quantidade ao longo da fachada.

Ao se adotar brises com coeficiente de refletância 0,6 (cor mediana) também é recomendável o uso de elementos maiores (54 cm) devido à maior capacidade de visualização externa, uma vez que sua performance é semelhante à dos brises menores (25 cm).

Já ao se adotar brises com coeficiente de refletância 0,9 (cor clara) é recomendável o uso de elementos menores (25 cm) por ter maior capacidade em reduzir a entrada de iluminação excessiva, chegando a percentuais de redução de até 15% da iluminação excessiva, bem como melhor performance no intervalo suficiente quando comparado com os brises maiores (54 cm).

Sendo assim, é possível concluir que, para manter a boa performance dos brises horizontais, ao utiliza-los com cores mais escuras, torna-se necessária uma combinação entre tamanho dos brises e coeficiente de reflexão das superfícies. A conciliação entre "brises maiores" com "menores coeficientes de reflexão das superfícies" apontam para um melhor desempenho lumínico do ambiente interno. Já os "brises menores" devem ser conciliados com "maiores coeficientes de reflexão" para que ocorra o aumento do desempenho lumínico do ambiente interno.

Outra possibilidade de aumento de performance lumínica do ambiente interno é a alteração das dimensões dos dispositivos sombreadores, o que deve ser feito também sempre em função da tipologia do céu onde se encontra a edificação.

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. Como trabalho futuro sugere-se a investigação dos valores do desempenho lumínico do ambiente interno em função também da ausência dos brises, possibilitando a comparação com os modelos com brises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABÚS, R. C. **TropLux, versão 7.0: Guia do Usuário**. Maceió: Grilu, 2012.

CASTRO, A. P. de A. S. et al. **Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral.** Ambiente Construído, v. 3, n. 2, p. 69-76, 2003.

FIGUEIREDO, E. S. et al. **Medidas de refletância de cores de tintas para pintura externa exposta ao tempo.** Campinas, 2007. (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Unicamp, 2007.

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.

LEAL, L. de Q.; LEDER, S. M. **Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 97-117, out. 2018.

SANTOS, I. G. dos; SOUZA, R. V. G. de. **Proteções solares no Regulamento brasileiro de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.** Ambiente Construído, 2012.

SOUZA, R. V. G. de; SOARES, C. P. S.; ALVES, T. P. **Avaliação de dispositivos de sombreamento no RTQ-R do ponto de vista térmico e luminoso**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 139-159, out. 2018.

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.

EMMANUEL, U.; OSONDU, E. D.; KALU, K. C. **Architectural design strategies for infection prevention and control (IPC) in health-care facilities: towards curbing the spread of Covid-19**. Journal of Environmental Health Science and Engineering, p. 1-9, 2020.

WEBB, A. R. **Considerations for lighting in the built environment: non-visual effects of light**. Energy Build., 38 (2006), pp. 721-727

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.