DESEMPENHO LUMÍNICO DE PRATELEIRAS DE LUZ EM ESCRITÓRIOS

Beatriz Vanderlei P. Pereira (1); Andréa C. Laranja (2); Edna Aparecida N. Rodrigues (3); Cristina E. Alvarez (4);
(1) Graduanda, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, beatrizpereira.vp@gmail.com
(2) Doutora em Arquitetura, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, andrea.laranja@ufes.br
(3) Doutora em Arquitetura, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, edna.rodrigues@ufes.br
(4) Doutora em Arquitetura, Secretária de Estado na SECTI (Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação Profissional), cristina.engel@ufes.br
Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Vitória – ES, 29075-910, Tel.: (27) 4009-2581

RESUMO
Edificações comerciais que utilizam grandes aberturas envidraçadas em clima tropical úmido acarretam um aumento na entrada de luz natural no ambiente, podendo causar interferência nos usuários, seja no que diz respeito ao conforto luminoso como, também, na produtividade. Nesse sentido, o aumento de luz natural, quando excessivo, pode gerar ofuscamento e prejudicar o desenvolvimento das atividades. Dispositivos sombreadores são considerados uma boa solução no controle do excesso e na melhor distribuição da iluminação natural. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho lumínico das prateleiras de luz em ambientes de escritórios com estudo de caso em Vitória-ES. Na metodologia utilizou-se o software Troplux adotando-se, segundo a CIE, os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) nas orientações Norte e Sul. Nas simulações foram avaliados três casos distintos: a) Caso A – 4 prateleiras; b) Caso B – 3 prateleiras; c) Caso C – 2 prateleiras. Concluiu-se que a quantidade de prateleiras adotadas não se mostrou como um fator relevante para a variação dos percentuais de iluminância em relação aos intervalos da UDI. Porém, as prateleiras de luz melhoram o desempenho lumínico do ambiente interno quando orientado para Norte, sendo capazes de reduzir consideravelmente a iluminação excessiva.

Palavras-chave: iluminação natural, prateleiras de luz, desempenho lumínico, dispositivo de proteção solar.

ABSTRACT
Commercial buildings that use large glazed openings in a humid tropical climate lead to an increase in the entry of natural light into the environment, which can cause interference to users, both in terms of luminous comfort and also in productivity. The increase in daylighting, when excessive, can cause glare and impair the development of activities. Shading devices are considered a good solution in controlling excess and in the best distribution of daylighting. The objective of this research was to evaluate the lighting performance of light shelves in office environments with a case study in Vitória-ES. The methodology used the Troplux software, adopting, according to the CIE, the skies 7 (partially cloudy) and 12 (clear) in the North and South orientations. In the simulations three different cases were evaluated: a) Case A - 4 shelves; b) Case B - 3 shelves; c) Case C - 2 shelves. The quantity of shelves adopted was not shown to be a relevant factor for the variation of the percentages of illuminance in relation to the UDI intervals. However, the light shelves improve the lighting performance of the indoor environment when oriented to the North, being able to considerably reduce excessive daylighting.

Keywords: Daylighting, light shelves, luminous performance, solar protection device.

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas demostram benefícios, tanto sob o aspecto psicológico como fisiológico, ocasionado nas pessoas que usufruem de um ambiente de trabalho iluminado naturalmente e conectados visualmente com o ambiente externo (TOLEDO E CÁRDENAS, 2015). Outras pesquisas acrescentam a redução no gasto de energia elétrica com iluminação artificial, a partir do bom aproveitamento da iluminação natural (LARANJA, 2010; PEREIRA, 2017;). Entretanto, é importante destacar que o uso de grandes aberturas envidraçadas, comum em edificações empresariais contemporâneas, pode resultar em uma distribuição de luminosidade inadequada para o ambiente. Com isso, os possíveis ganhos de radiação solar direta, através das aberturas laterais, podem gerar excesso de iluminação natural, dificultando o desenvolvimento das atividades, em função do ofuscamento.

Considerando o exposto, é notório que para que haja a redução do desconforto luminoso em um ambiente necessita-se, entre outros elementos construtivos, da associação entre as aberturas e os dispositivos de proteção solar. O uso de dispositivos de proteção solar de forma inadequada, pode ocasionar o aumento do desconforto visual por ofuscamento que, geralmente, são controlados com o uso de dispositivos de controle solar internos (persianas, cortinas, entre outros). Marcondes Cavaleri et al. (2018) e Pereira (2017) destacam que a inexistência de dispositivos de proteção solar externos, aliado a ocorrências de ofuscamento, conduzirão os usuários a fazerem uso de dispositivos de proteção solar internos, prejudicando desta forma o desempenho da luz natural no ambiente. Berardi e Anaraki (2015), porém alertam que, dispositivos de proteção solar, como as prateleiras de luz, colaboram na homogeneização da iluminação natural no ambiente, enfatizando que isto ocorre principalmente nos seis primeiros metros perpendiculares à abertura da janela.

Assim, considerando a importância do controle da incidência solar direta nos ambientes internos, bem como a capacidade das prateleiras de luz no controle do excesso de iluminação próximo à abertura e o potencial de uniformizar a distribuição da luz natural no ambiente interno, esta pesquisa investiga o desempenho de dispositivos tipo prateleiras de luz.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho luminoso de dispositivos tipo prateleiras de luz, considerando como estudo de caso um ambiente interno de escritório em Vitória – ES.

3. MÉTODO

A metodologia consistiu em duas etapas: a) definição do modelo utilizado como objeto de análise; b) simulações computacionais e análise dos resultados. O modelo arquitetônico caracterizou-se por um edifício representativo situado no bairro Enseada do Suá em Vitória – ES (latitude 20º 19’ 10’’ S) com vedação vertical envidraçada e prateleiras de luz. As visitas ao local permitiram a coleta de dados, criação de uma geometria simplificada do edifício e posterior inserção do *input* no *software* Troplux 7.3.2.

Na caracterização do modelo, considerou-se uma sala (escritório) com 13m x 20m x 3m, respectivamente largura, comprimento e pé direito, localizada no segundo andar. Adotou-se uma abertura envidraçada em toda a fachada principal da sala com 20m x 3m, respectivamente comprimento e altura. A malha ortogonal de medição da iluminação possui 36 pontos distribuídos no ambiente, de acordo com a NBR 15215-4 (ABNT, 2005), situados na altura do plano de trabalho a 75 cm do piso (Figura 1).



Figura 1 – Da esquerda para a direita, edificação visitada, sala de trabalho analisada e perspectiva esquemática, com demarcação das prateleiras de luz (assinaladas pela seta preta) e dos pontos de medição.

Para as simulações, foram adotadas as dimensões das prateleiras de luz externas existentes, ou seja, 0,50m x 13m x 0,05m, respectivamente largura, comprimento e espessura. Na carta solar de Vitória é possível observar o mascaramento que foi obtido, considerando um ponto localizado no peitoril da abertura, utilizando o ângulo de 63° a partir do modelo de prateleira de luz existente tanto para orientação Norte quanto Sul (Figura 2).

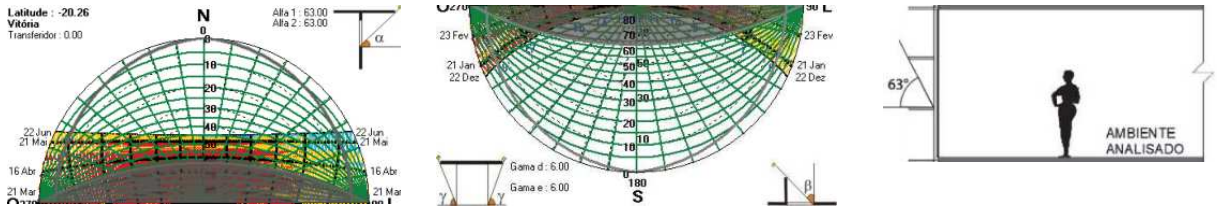
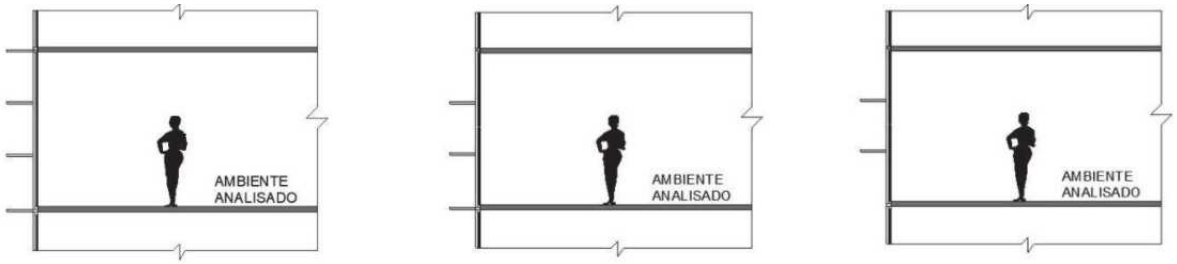


Figura 2 – Máscara de sombra na fachada Norte (esquerda) e Sul (direita) e corte esquemático com ângulo vertical (alfa).

As simulações foram feitas para todos os dias do ano, nas orientações Norte e Sul, nos horários de 8h00 às 17h00, período no qual ocorre a maior parte das atividades em escritórios comerciais no Brasil. Foram adotados três casos distintos: a) Caso A – 4 prateleiras; b) Caso B – 3 prateleiras; c) Caso C – 2 prateleiras (Figura 3).



Caso A – 4 prateleiras | Caso B – 3 prateleiras | Caso C – 2 prateleiras

Figura 3 – Corte esquemático dos casos A, B e C, destacando a quantidade de prateleiras de luz.

Para análise da iluminância no ambiente, adotou-se o conceito proposto pela CIE (*Commission Internationale L' aclairage*), sendo utilizadas as condições de céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) (Figura 4). Somado a isso, as simulações foram feitas para todos os dias do ano adotando os seguintes coeficientes de reflexão: 0,2 para o piso; 0,6 para as paredes; 0,9 para o teto; 0,9 para as prateleiras de luz e vidro transparente comum 0.08mm nas aberturas. Nas análises observou-se o comportamento dos percentuais das iluminâncias adotando-se como parâmetro de análise os intervalos da UDI (*Useful Daylight Illuminance*), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006), podendo ser definida como a ocorrência anual de uma gama de iluminâncias no plano de trabalho, pertencentes a uma faixa de valor considerada útil. Tais intervalos de iluminância são dados em lux (lx), sendo: até 100lx considerado insuficiente; entre 100lx e 500lx, considerado suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar; entre 500lx e 2000lx, considerado suficiente e acima de 2000lx considerado excessivo.

Observou-se o comportamento da iluminância média global em todos os meses. A iluminância média global corresponde à média das iluminâncias de todos os pontos de medição, em um horário do dia e em um dia específico. Assim analisou-se o dia 21 de cada mês, em intervalos de horário de duas em duas horas, de acordo com a NBR 15215-4 (ABNT, 2005), para as orientações Norte e Sul, resultando em um gráfico que demonstra a variação da iluminância no ambiente ao longo de determinado dia do mês, durante todo o ano. O parâmetro de análise foi a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que determina para as atividades de escritório a iluminância ideal de 500lx.

Também analisou-se a produção das curvas isolux para o dia 21/06 às 10h00 para o céu 12 (claro) e orientações anteriormente citadas. As curvas isolux são apresentadas em planta, sendo os eixos vertical e horizontal correspondentes a marcação da dimensão do ambiente em metros, e permitem analisar a distribuição da iluminância no espaço físico do ambiente. Esta data foi escolhida por corresponder a menor altura solar nessa época do ano, consequentemente, de maior vulnerabilidade a entrada de radiação solar direta pela abertura. Somado a isso, optou-se pela análise das curvas isolux na condição de céu 12 (claro), por caracterizar-se como uma condição de céu de maior radiação solar direta, gerando as situações mais graves, no que diz respeito ao excesso de iluminação.

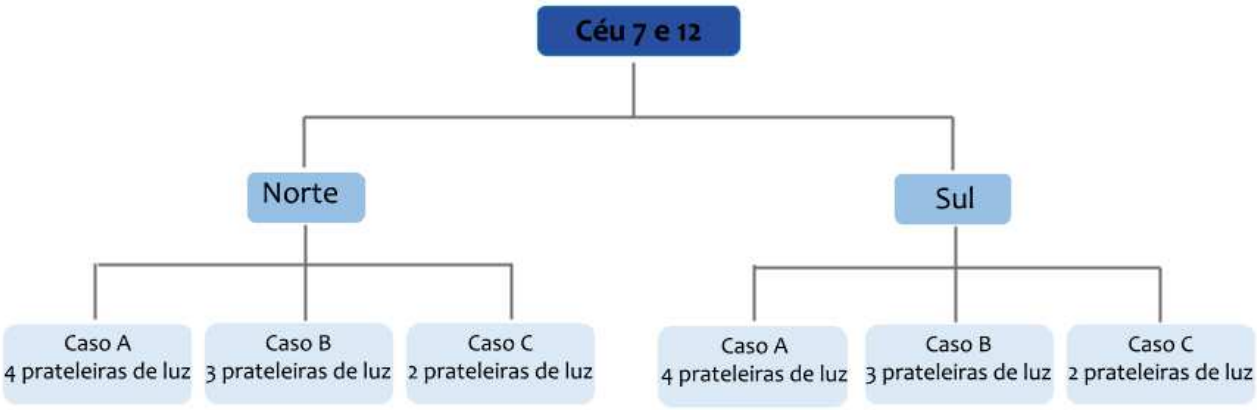


Figura 4 –Organograma com as condições de céu, orientações e casos analisados.

4. RESULTADOS

Na Figura 6, para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) existe uma pequena diferença nos percentuais de iluminância obtidos entre os casos A, B e C, porém os resultados não mostraram melhoras ou pioras substanciais a partir da modificação da quantidade de prateleiras, onde as maiores diferenças são notadas com a modificação das orientações. Para todos os casos apresentados, na situação de céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro), cerca de 50% das horas do dia serão garantidas com iluminação natural, tanto para Norte quanto para Sul, diminuindo a necessidade do uso de iluminação artificial. A eficácia da prateleira de luz, em ambos os tipos de céus, é maior para a orientação Norte do que para a Sul, porém a prateleira alcança sua maior eficiência quando orientada para Norte nas condições de céu 12 (claro). Isto é devido a capacidade da prateleira de luz de reduzir a radiação solar direta, comum na orientação Norte. Vale observar a necessidade de cuidados com relação ao aumento dos percentuais de iluminação insuficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, o qual irá acarretar maiores gastos com iluminação artificial, principalmente na condição de céu 12 (claro).

Em ambos os tipos de ceús e orientações, os menores percentuais de iluminação excessiva observados foram para a situação com 4 prateleiras (Caso A). Tais resultados são decorrentes, provavelmente, do sombreamento que as prateleiras de luz fazem umas sobre as outras nos horários de maior altura solar, reduzindo, desta forma, a quantidade de iluminação excessiva próxima à abertura, além de proporcionar luz refletida que colabora para a uniformização da iluminação no interior do ambiente, como mostra a Figura 5. Nota-se, porém, que esta diferença percentual é de cerca de 4% entre os casos A (4 prateleiras), B (3 prateleiras) e C (2 prateleiras), demonstrando que a quantidade de prateleiras não se apresentou como um fator relevante para o desempenho lumínico do ambiente, de acordo com os percentuais da UDI.

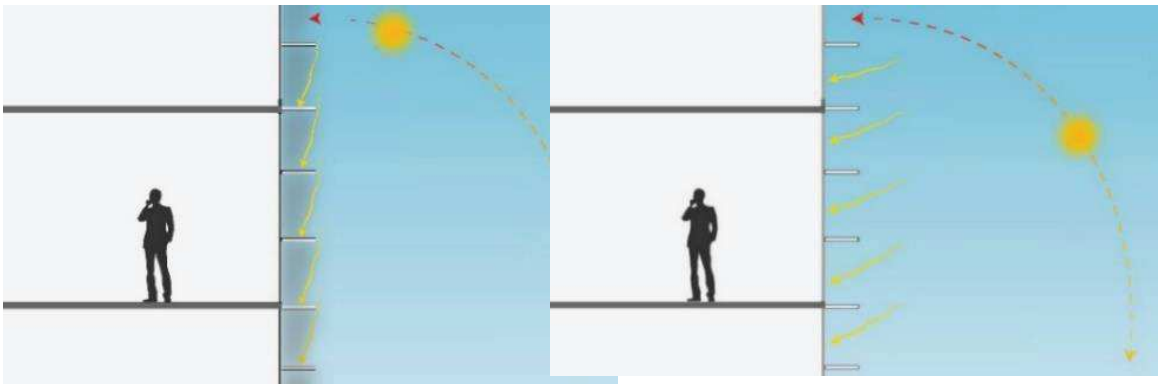


Figura 5 – Caso A (4 prateleiras) com sombreamento feito pelas prateleiras nos meses de menor altura solar (à direita) e maior altura solar (à esquerda).

Por outro lado, os casos orientados para Sul possuem iluminação proveniente da componente celeste, ou seja, iluminação vinda do céu que acaba acarretando uma quantidade expressiva de iluminação difusa. Assim a prateleira não apresenta seu melhor desempenho, ocasionando em um percentual considerável de iluminação excessiva, chegando a cerca de 10% a 20% maior do que na orientação Norte (Figura 6).

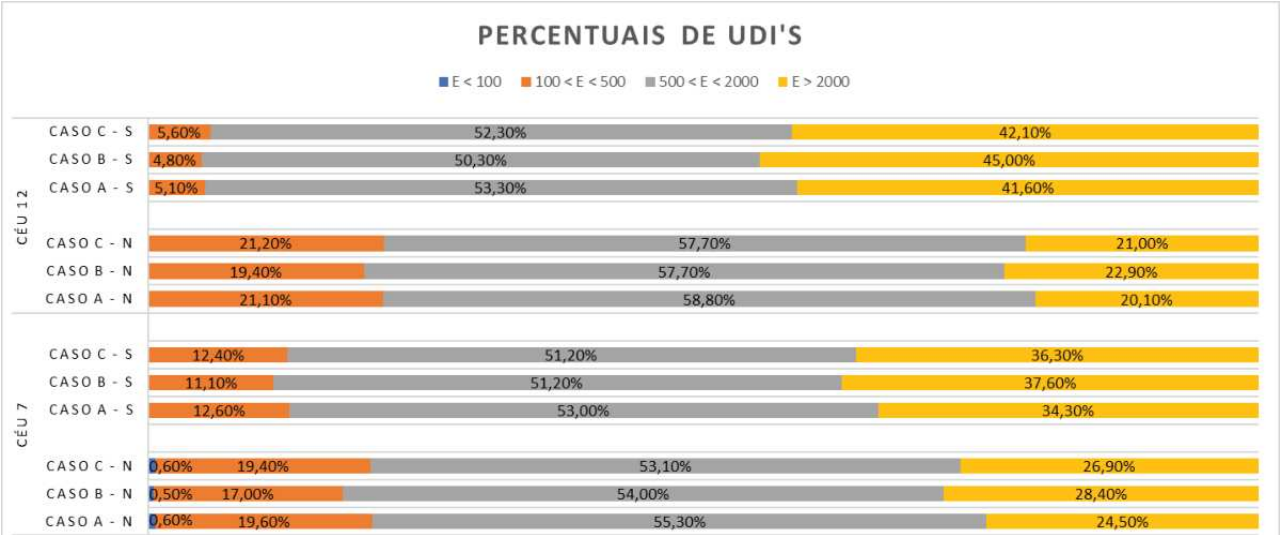


Figura 6 – Percentuais de iluminância de acordo com os intervalos da UDI, para as orientações Norte e Sul e para os dois tipos de céu.

Na Figura 7, para o céu 7 (parcialmente nublado), a análise da iluminação ao longo do dia, para a orientação Norte, mostra que todos os meses apresentaram resultados dentro da faixa de iluminância suficiente, bem como acima da iluminância de 500lx determinada pela NBR ISO/CIE 8995-1, porém observa-se uma amplitude de cerca de 600lx, a qual apresenta os maiores valores nos horários próximos das 12h.

Já para a orientação Sul, de maneira geral, os resultados de todos os casos encontram-se fora da faixa suficiente de iluminância (de 500lx a 2000lx), exceto no início da manhã e fim da tarde do primeiro (janeiro, fevereiro e março) e do último trimestre do ano (outubro, novembro e dezembro). Nos meses de menor altura solar, como abril, maio, junho, julho e agosto, é perceptível um aumento na iluminância chegando até 9000lx às 12h00, com amplitude de cerca de até 7000lx, que conduz à necessidade de adaptação por parte dos usuários ao longo do dia. Este fato é decorrente da incapacidade da prateleira de luz de bloquear a luz difusa proveniente do céu, visto que não há radiação solar direta na orientação Sul para estes meses do ano.

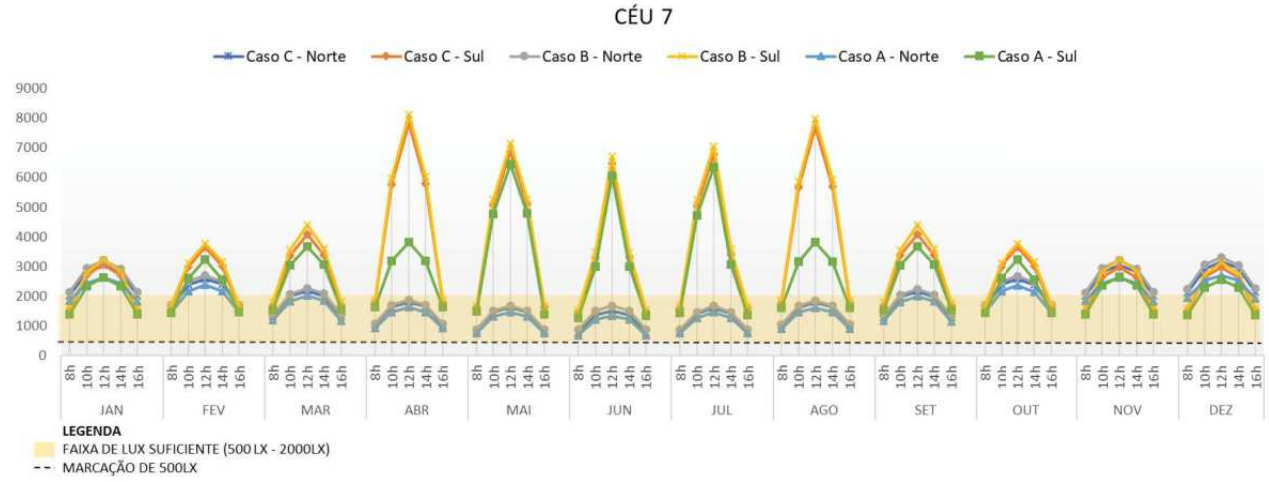


Figura 7 – Iluminância média global para a condição de céu 7 (parcialmente nublado) para Norte e Sul, utilizando todos os casos.

De acordo com a Figura 8, céu 12 (claro), para os casos orientados para Norte, em geral, todos os meses apresentam resultados dentro da faixa de iluminância suficiente, bem como acima da iluminância de 500lx determinada pela NBR ISO/CIE 8995-1. Nota-se uma amplitude de cerca de 150lx ao longo do dia, o que provavelmente não causará desconforto visual, proporcionando um ambiente adequado e agradável para o desenvolvimento das atividades de escritório. Porém, observa-se que, para todos os casos orientados para Sul, em épocas de menor altura solar, os resultados encontram-se fora da faixa de iluminância suficiente (de 500lx a 2000lx), chegando a cerca de 17000lx, o qual ocorre em função da luz difusa proveniente do céu.

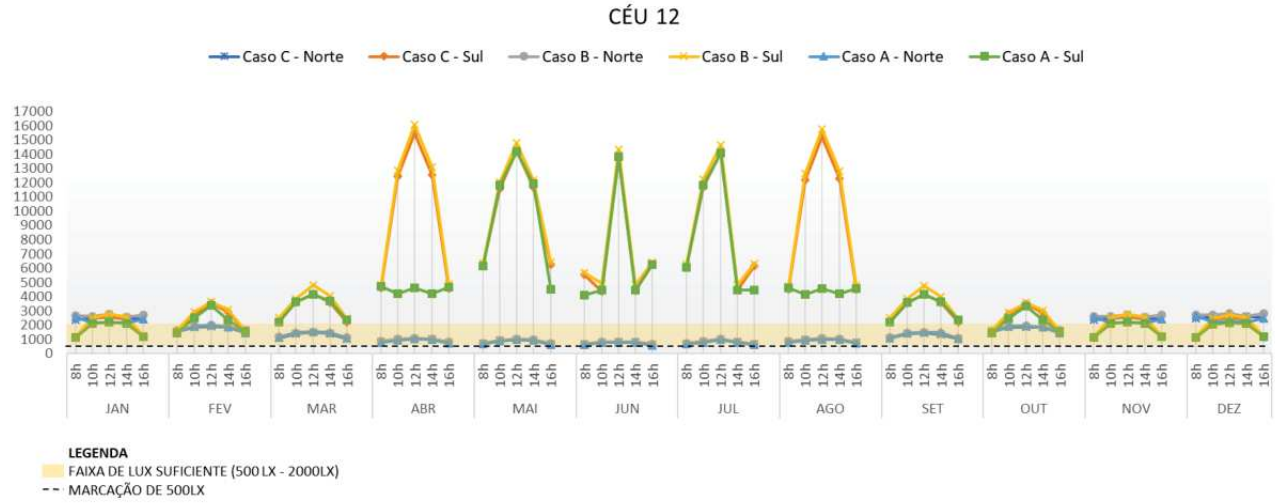
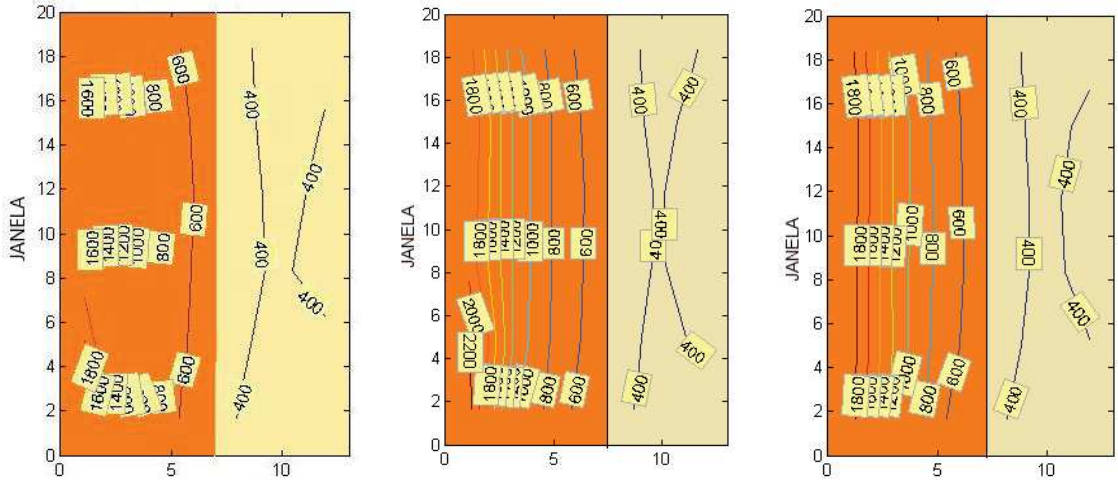


Figura 8– Iluminância média global para a condição de céu 12 (claro) para Norte e Sul, utilizando todos os casos.

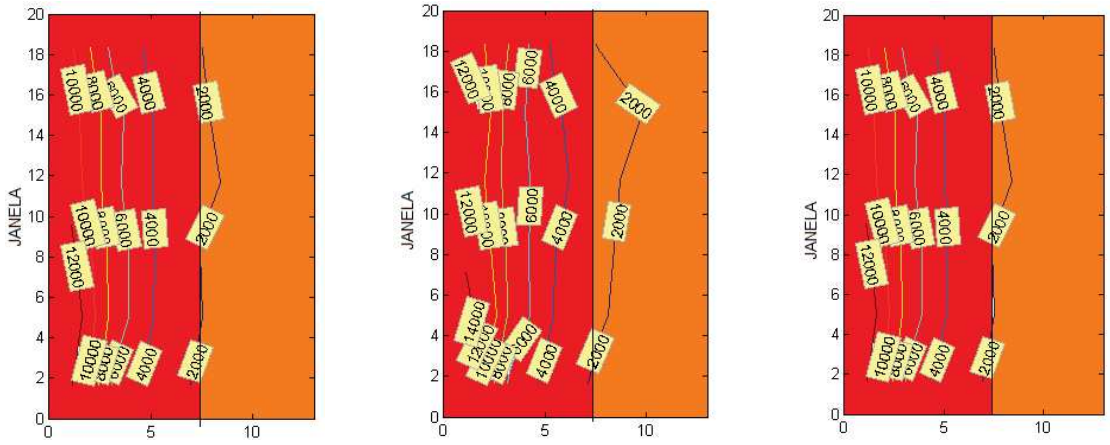
As curvas isolux, apresentadas na Figura 9, demonstram como se distribui a iluminância no ambiente no dia 21/06 às 10h00, quando a abertura está orientada para Norte e Sul, na condição de céu 12 (claro). Inicialmente, destaca-se que como a análise da máscara de sombra se deu a partir de um ponto localizado no peitoril da janela, pode-se afirmar que a dimensão da prateleira e, consequentemente, o ângulo vertical (alfa) de 63° não bloqueia o acesso da radiação solar direta na orientação Norte.

Nos casos orientados para Norte, há um reduzido contraste de iluminação entre os maiores e menores valores de iluminância, os quais variam cerca de 4,5 vezes entre o menor e maior valor (400lx e 1800 lx, respectivamente) nos casos A e C e cerca de 5,5 vezes (400 lx e 2200 lx) no caso B. Assim, destaca-se uma pequena variação entre os casos, sendo que o caso A apresenta uma performance um pouco melhor que os demais casos. Observa-se também que em todos os casos 50% da área da sala é mantida com iluminação suficiente, adequada para a realização das atividades em escritórios, o restante do ambiente necessitará de complementação de iluminação artificial.

Já para a orientação Sul, em todos os casos, observa-se um elevado contraste de iluminação entre os maiores e menores valores de iluminância, os quais variam em até cerca de 7 vezes entre o menor e o maior valor (2000lx e 14000 lx, respectivamente) no caso B e em cerca de 6 vezes (2000 lx e 12000 lx) nos casos A e C. Assim, destaca-se a presença de um elevado contraste lumínico em todos os casos, onde em cerca de 50% da área do ambiente há a ocorrência de iluminação excessiva, próximo da abertura, como já esperado. Tal situação conduzirá os usuários do ambiente, a utilizarem dispositivos de proteção interna, como cortinas e persianas, a fim de bloquear o excesso de iluminação, objetivando evitar o ofuscamento. Isto, contudo, acarretará a redução da iluminação nos espaços mais profundos do ambiente.



Caso A - Norte Caso B – Norte Caso C – Norte



Caso A - Sul Caso B – Sul Caso C – Sul

Figura 9 – Curvas isolux com as faixas de penetração da luz, determinadas como suficiente (laranja), excessiva (vermelho) ou insuficiente (amarelo) para a condição de céu 12 (claro) para Norte e Sul.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa parte de uma investigação do desempenho lumínico do ambiente interno de escritório em clima tropical úmido. O ambiente analisado possui aberturas com prateleiras de luz, como um conjunto de dispositivos horizontais, sendo adotados três casos distintos a partir da variação da quantidade de prateleiras de luz.

No que concerne aos percentuais da UDI, constatou-se que para os ambientes em localidades de céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro), não há diferenças significativas nestes percentuais da UDI quando altera-se a quantidade de prateleiras.

No que diz respeito à iluminância média global, nota-se que para as duas condições de céu analisadas, as situações orientadas para Norte se encontram dentro do intervalo suficiente de iluminação (500lx a 2000lx) determinado pela norma, destacando-se o melhor desempenho das prateleiras de luz na condição de céu 12 (claro), onde foi percebida a menor amplitude lumínica (cerca de 150lx), proporcionando melhores condições para o desenvolvimento adequado das atividades de escritório. Os casos estudados orientados para Sul, em ambos os céus, se encontram fora da faixa suficiente de iluminância (500lx a 2000lx), com maior destaque para os meses de menor altura solar, em que se atinge o pico de iluminância às 12h00 com cerca de 9000lx e 17000lx para os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), respectivamente. Isto é decorrente da incapacidade da prateleira de luz de bloquear a iluminação difusa, visto que nesses meses do ano não há radiação solar direta para esta orientação.

No que se refere às curvas isolux, em localidades de céu 12 (claro), constatou-se que o ambiente orientado para Norte, em todos os casos, garante 50% da área com iluminação suficiente. Entretanto, a parte mais profunda do ambiente, necessita de complementação de iluminação artificial, uma vez que a quantidade de luz não atinge o mínimo de 500lx estabelecido por norma, acarretando assim um maior gasto com energia elétrica nessa porção do ambiente. Já para a orientação Sul, constatou-se que as prateleiras não são tão eficientes em reduzir a iluminação excessiva, quando comparadas a orientação Norte, sendo isto devido à incapacidade das mesmas em bloquear a radiação proveniente do céu, característica da orientação Sul.

De uma forma geral, é possível concluir que o desempenho das prateleiras de luz, independentemente da quantidade de dispositivos horizontais, foi mais eficaz para a orientação Norte do que para a orientação Sul, em função do bloqueio da radiação solar direta. Recomenda-se para o desenvolvimento do projeto arquitetônico, primeiramente analisar a variação das dimensões dos dispositivos em função da orientação da abertura, de forma a ter um tratamento diferenciado para cada fachada. Outra recomendação é considerar a possibilidade de adoção de um coeficiente de reflexão menor para os dispositivos sombreadores. Estas ações colaborarão para a redução da iluminação excessiva nos espaços internos, principalmente próximo da abertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **ABNT ISO/ CIE 8995-1:2013: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013. (NBR ISO/CIE 8995-1).
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **ABNT NBR 15215-4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005. (NBR 15215-4).

BERARDI, U., ANARAKI, H. K. **The benefits of light shelves over the daylight illuminance in office buildings in Toronto.** Indoor and Built Environment 2018, Vol. 27(2) 244–262.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE (CIE). CIE DS 011.2/E:2002. **Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky.** Vienna, Austria: Commission Internacionale de L'Eclairage, 2002.

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.

MARCONDES CAVALERI, M. P.; CUNHA, G. R. M.; GONÇALVES, J. C. S.. **Iluminação natural em edifícios de escritórios: avaliação dinâmica de desempenho para São Paulo.** Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 9, n. 1, p.19-34, mar. 2018.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors**. Energy and Buildings, London: Elsevier, v.38, p. 1343-1348, 2006.

PEREIRA, D. C. L. **Iluminação natural em edifícios de escritórios: metodologia para avaliação do desempenho luminoso.** 2017. 263p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

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 a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela bolsa-auxílio durante o desenvolvimento da pesquisa. Agradecem também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela viabilização do desenvolvimento deste trabalho.