



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

DESEMPENHO LUMINOSO DE PRATELEIRAS DE LUZ SOB CONDIÇÕES DE DIFERENTES REFLETÂNCIAS¹

PEREIRA, Beatriz Vanderlei Pires (1); LARANJA, Andréa Coelho (2)

(1) Universidade Federal do Espírito Santo, beatrizpereira.vp@gmail.com

(2) Universidade Federal do Espírito Santo, andrea.laranja@ufes.br

RESUMO

Edificações localizadas em climas tropicais tendem a receber grande quantidade de radiação solar em suas fachadas, ocasionando geralmente, desconforto visual devido à alta luminosidade. Dispositivos sombreadores aliados às refletâncias de suas superfícies podem auxiliar no controle do excesso de iluminação natural. O objetivo deste trabalho é analisar a influência da refletância das superfícies de prateleiras de luz em ambiente de escritório em Vitória-ES. Na metodologia realizou-se simulação no software Troplux, em escritório, com aberturas compostas por vidro transparente comum e prateleiras de luz externas, adotando-se na simulação as refletâncias 0,90 e 0,20 nas orientações Norte e Sul. Os céus adotados foram o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), segundo a CIE. Os pontos de medição de iluminação permitiram obter valores de iluminância que foram comparados aos intervalos da UDI e a NBR ISO/CIE 8995-1. Conclui-se que a prateleira de luz com refletância 0,20 é mais eficiente na redução da iluminação excessiva, para ambos os céus e orientações. Para Norte, céu 7 (parcialmente nublado), as prateleiras de luz de refletância 0,20 possuem bom desempenho para o ambiente ao longo do dia e do ano. No céu 12 (claro), a refletância 0,20 possui melhor performance nos meses de maior altura solar.

Palavras-chave: Prateleiras de luz. Refletância. Escritório. Iluminação natural.

ABSTRACT

Buildings located in tropical climates tend to receive large amounts of solar radiation on their façades, generally causing visual discomfort due to the high light. Shading devices combined with the reflectance of their surfaces can help control excess daylighting. The objective of this work is to analyze the influence of the reflectance of light shelf surfaces in an office environment in Vitória-ES. In the methodology, a simulation was performed using the Troplux software, in an office with openings composed of common transparent glass and external light shelves, using the reflectances 0,90 and 0,20 in the North and South orientations in the simulation. The adopted skies were sky 7 (partly cloudy) and 12 (clear), according to CIE. The lighting measurement points allowed to obtain illuminance values that were compared to the UDI intervals and NBR ISO/CIE 8995-1. It is concluded that the light shelf with reflectance 0,20 is more efficient in reducing excessive lighting, for both skies and orientations. To the North, sky 7 (partially cloudy), the 0,20 reflectance light shelves perform well for the environment

¹ PEREIRA, Beatriz Vanderlei Pires; LARANJA, Andréa Coelho. Desempenho luminoso de prateleiras de luz sob condições de diferentes refletâncias. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

throughout the day and year. In sky 12 (clear), the reflectance 0,20 performs better in the months of greater solar height.

Keywords: Light shelves. Reflectance. Office. Daylighting.

1 INTRODUÇÃO

Alguns autores destacam que a disponibilidade de luz natural no ambiente interno tem grande capacidade de reduzir gastos com iluminação artificial melhorando o desempenho energético da edificação (PEREIRA, 2017; LARANJA, 2010). Por outro lado, edificações localizadas em regiões de clima tropical úmido requerem projetos que adotem estratégias de controle dos altos ganhos de iluminação natural, reduzindo o desconforto visual decorrente das altas iluminâncias. À vista disso, os dispositivos sombreadores são comumente utilizados no envoltório dos edifícios, como forma de solucionar os ganhos excessivos de luz natural, de forma a proporcionar conforto luminoso para os usuários do ambiente interno.

As prateleiras de luz são bons exemplos de dispositivos de proteção solar funcionando como elemento bloqueador da incidência solar direta e redirecionando o fluxo luminoso para dentro do ambiente. Através da sua superfície refletora as prateleiras de luz colaboram para o aumento da uniformização da iluminação no interior do ambiente, prevenindo o ofuscamento, possibilitando visão para o exterior, bem como contribuindo na economia de energia elétrica através do aproveitamento da iluminação natural (ARAÚJO et al., 2005; NETTO et al., 2015;).

Por outro lado, pesquisas indicam que a variação da refletância das superfícies refletoras dos dispositivos sombreadores, é a variável que mais influencia o índice de eficiência da luz solar refletida, colaborando para a ampliação da luz natural no ambiente interno (CARVALHO et al., 2020). Manhas (2016) adverte, porém, que apesar dos benefícios trazidos pelo aproveitamento da luz natural, superfícies refletoras muito claras podem gerar excesso de iluminação no ambiente interno, bem como redução da uniformidade da iluminação natural.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência da refletância de prateleiras de luz em ambiente de escritório em Vitória – ES.

2 METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em três etapas: a) visita a campo; b) definição do modelo utilizado como objeto de análise; c) realização das simulações computacionais. O modelo do ambiente e de prateleiras de luz foram planejados em função de visita a uma edificação empresarial localizada no bairro Enseada do Suá, em Vitória – ES, latitude 20° 19' 10" S, de clima tropical úmido. As fachadas da edificação são envidraçadas e fazem uso de prateleiras de luz (como um conjunto de dispositivos horizontais) em todo o seu perímetro, contabilizando 10 prateleiras de luz, divididas entre o segundo, terceiro e quarto andar (Figura 1). Todos os pavimentos da edificação possuem circulação vertical composta de elevadores e escada, com reduzido número de paredes internas, caracterizando-se, desta forma, como um ambiente amplo.

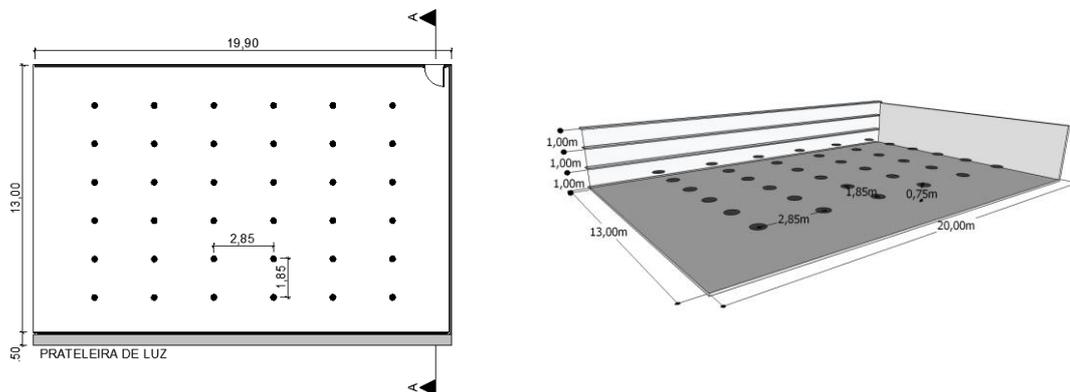
Figura 1 – Foto da edificação visitada (à esquerda) e ambiente (à direita)



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Assim, a partir da visita ao edifício foi elaborado um modelo simplificado para a simulação. O modelo constitui-se de um ambiente (escritório), inserido no segundo pavimento da edificação, com 13m x 20m x 3m, respectivamente largura, comprimento e pé direito. No envoltório do edifício, optou-se por manter as aberturas envidraçadas e as prateleiras de luz somente no comprimento da construção, aqui caracterizada como a fachada principal da edificação. Foi estabelecida uma malha ortogonal com 36 pontos de medição da iluminação natural no ambiente, na altura de 75 cm do piso, conforme a NBR 15215-4 (ABNT, 2005) (Figura 2).

Figura 2 – Planta baixa (sem escala) e perspectiva (sem escala) com demarcação das prateleiras de luz e pontos de medição internos

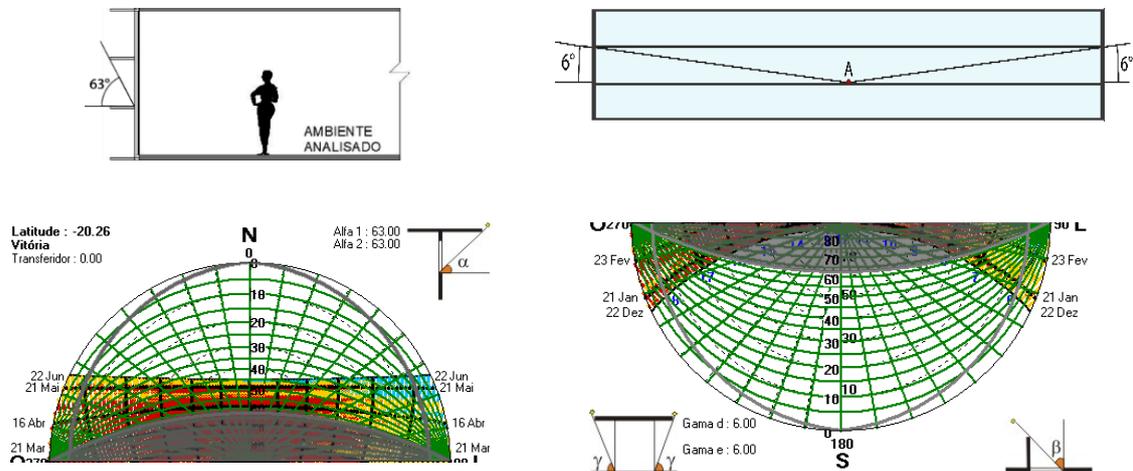


Fonte: Acervo pessoal (2020)

Destaca-se no gráfico solar a incidência do Sol na fachada orientada para Norte durante o dia inteiro nos meses de março, abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, bem como no início da manhã até às 8h00 e depois das 16h00, em fevereiro e outubro. Já na fachada orientada para Sul, a incidência solar é menor, sendo ela somente nos meses de dezembro, janeiro e novembro, e nos meses de fevereiro e outubro entre 8h00 e 16h00. Desta forma, as prateleiras de luz adotadas, por possuírem a mesma configuração (medidas e disposição) das prateleiras do edifício visitado, 0,50m (largura) e 5 cm (espessura), sombrearão de maneira diferenciada as fachadas Norte e Sul. Estas prateleiras de luz estão dispostas horizontalmente apenas no exterior da edificação, em um intervalo de 1 m de distância entre si, possuindo 20m de comprimento, em função das medidas adotadas para o modelo simulado. O posicionamento das prateleiras de luz configurou um ângulo vertical (alfa) de 63° em relação a um ponto (A) localizado de forma central na prateleira inferior. Assim, a máscara de sombra foi dimensionada conforme este ângulo vertical (alfa) com 63°,

como também do ângulo vertical (gama) da direita e ângulo vertical (gama) da esquerda, ambos com 6° (Figura 3).

Figura 3 – Corte (esquerda) e fachada (direita) esquemáticos (sem escala) com ângulos verticais alfa e gama (da direita e da esquerda) e máscaras de sombra na fachada Norte (esquerda) e Sul (direita)



Fonte: Acervo pessoal (2020)

Nas simulações foi utilizado o software Troplux 7.3.2. Foram adotados os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) da CIE (*Comission Internationale L'eclairage*) com aberturas orientadas para Norte e Sul. As simulações ocorreram para todos os dias do ano nos horários de 8h00 às 17h00, sendo este o horário de trabalho do escritório. Já para as superfícies internas do ambiente, adotaram-se as seguintes refletâncias: 0,20 para o piso; 0,90 para o teto; 0,60 para as paredes e para as aberturas utilizou-se vidro comum transparente de 0,08 mm. Para as prateleiras de luz foram determinadas duas refletâncias distintas para análise: prateleiras de luz com refletância 0,90 (cor clara, em função da refletância da prateleira existente) e prateleiras de luz com refletância 0,20 (cor mais escura).

Foram utilizados como parâmetros de análise os intervalos da UDI (*Useful Daylight Illuminances*), proposta por Nabil e Mardaljevic (2006), sendo eles: 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. Além disso, utilizou-se também o valor de iluminância indicado para as atividades em escritórios pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Os resultados das simulações permitiram uma análise anual dos intervalos da UDI, bem como uma análise do comportamento da média mensal da iluminância, ao longo dos horários do dia (de duas em duas horas), tendo sido selecionado o dia 21 de cada mês para a análise.

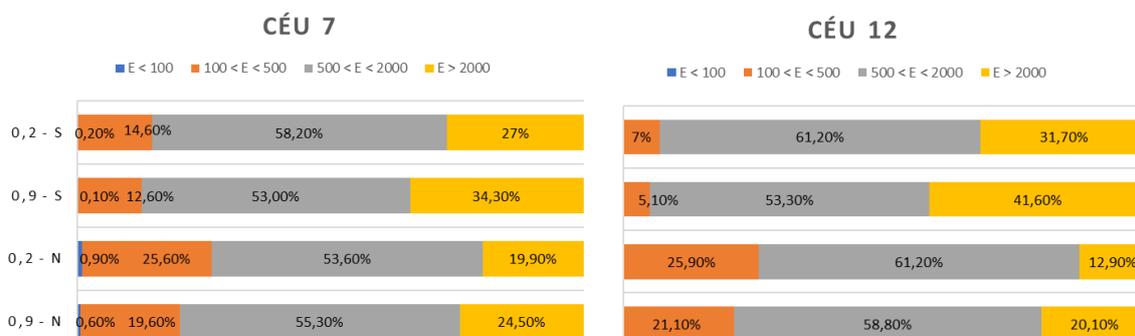
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No gráfico 1, tanto para localidades de céu 7 (parcialmente nublado) quanto para localidades de céu 12 (claro), observa-se que a minoração da refletância das prateleiras de luz de 0,90 para 0,20, colaborou em uma redução da iluminação excessiva tanto para Norte quanto para Sul. Em localidades de céu 7 (parcialmente nublado), a redução percentual para Sul foi de cerca de 27% e para Norte foi de aproximadamente 23%. Porém, para o céu 12 (claro) as variações percentuais foram

bem mais significativas, sendo de cerca de 31,5% para Sul, chegando a cerca de 56% para Norte. Isto equivale dizer que as superfícies refletoras de maior refletância (mais claras) possuem grande capacidade de aumentar o percentual de luz excessiva do ambiente interno. Destaca-se, desta forma, que a escolha das refletâncias das superfícies refletoras, em prateleiras de luz, deve ser feita com muita cautela para edificações localizadas em ambas as condições de céu analisados, mas principalmente para locais em condição de céu 12 (claro), de forma a não haver ofuscamento decorrente do aumento da iluminação excessiva. No que se refere ao intervalo da iluminação suficiente, para céu 7 (parcialmente nublado) na orientação Sul, a variação da refletância de 0,90 para 0,20 colaborou em um aumento percentual de iluminação suficiente de aproximadamente 9%, já para Norte houve uma redução percentual de cerca de 3%, onde tal redução pode ser caracterizada como insignificante. Já para o céu 12 (claro), foi possível constatar um aumento percentual de cerca de 13% para Sul e 4% para Norte. Desta forma, conclui-se que a minoração da refletância trouxe benefícios, mesmo que pequenos, para a iluminação suficiente do ambiente interno.

Observou-se também que, a redução da refletância para ambos os céus e orientações analisadas acarretou uma necessidade de iluminação complementar. Houve aumento percentual do intervalo suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, de aproximadamente 14% e 23% para Sul e Norte, respectivamente, em localidades de céu 7 (parcialmente nublado). Já em localidades de céu 12 (claro), o aumento percentual foi de cerca de 27% para Sul e 19% para Norte. Apesar de isto apontar para o aumento do uso da iluminação artificial, acredita-se que há grandes vantagens para o ambiente interno ao fazer uso de prateleiras de luz com refletância 0,20, visto que a redução da iluminação excessiva, irá conferir melhores condições de uso do ambiente para seus ocupantes, devido a redução do ofuscamento gerado no ambiente, apesar de que esta análise deve ser feita também em função da curva isolux, de forma a compreender a área do ambiente de ocorrência da iluminação excessiva. Somado a isso, destaca-se que apesar de haver aumento de horas do dia em que será necessária a complementação de iluminação artificial no ambiente interno e, conseqüentemente, um aumento do consumo de energia elétrica, o uso da iluminação artificial com a tecnologia do LED (*Light-emitting Diode*) promoverá a iluminação do ambiente sem aumentos muito expressivos no consumo de energia elétrica.

Gráfico 1 – Percentual dos intervalos da UDI em diferentes refletâncias, para Norte e Sul e para céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro)



Fonte: Acervo pessoal (2020)

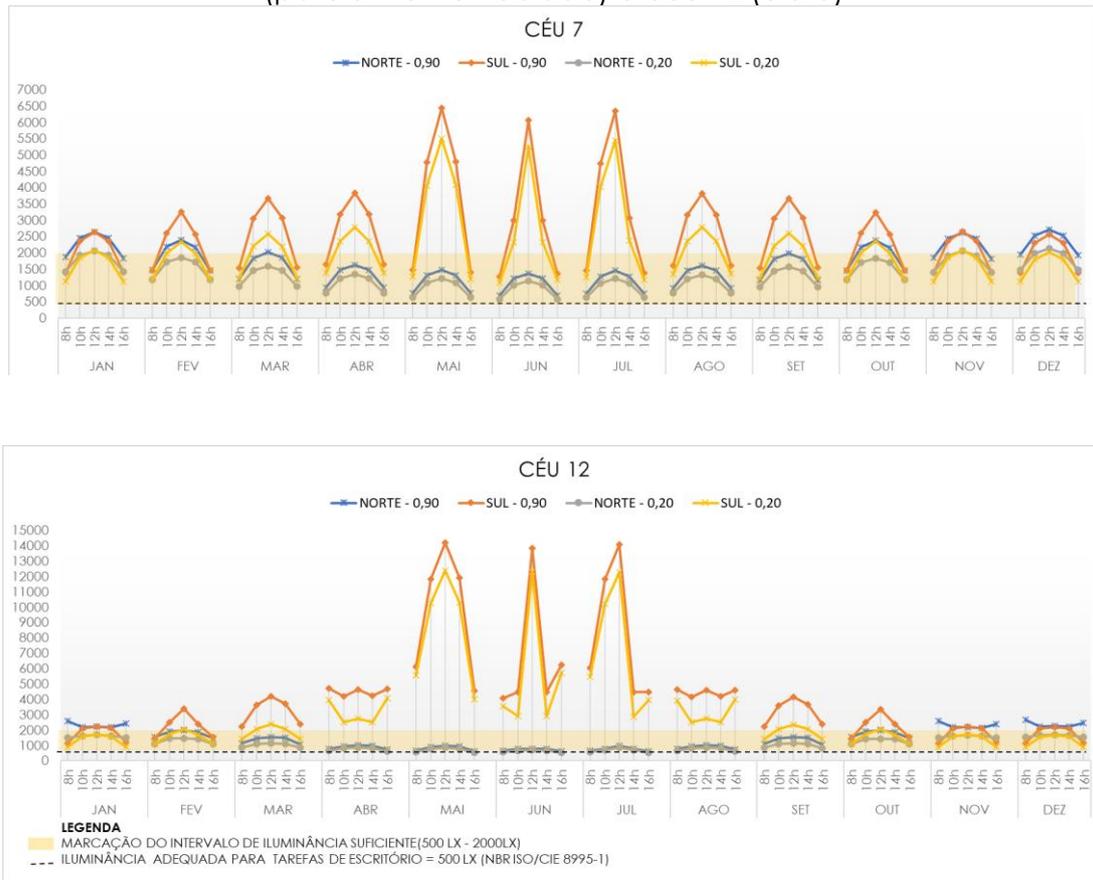
No gráfico 2, para céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) nota-se que as prateleiras orientadas para Norte, com refletância 0,20, se encontram dentro do intervalo de iluminância suficiente em todos os meses do ano e em todos os horários do dia. Por outro lado, as prateleiras de luz orientadas também para Norte e ambos os céus, porém com refletância 0,90, se apresentam fora da faixa do intervalo suficiente somente na época do verão. Observa-se também que, de maneira geral, para ambos céus, refletâncias e orientações (mas principalmente para a orientação Sul), ao longo do dia ocorre um aumento da iluminância que tem como pico o horário das 12h00. Nota-se que este pico de iluminação acarreta, para alguns meses, a ocorrência de uma grande amplitude lumínica ao longo do dia, fazendo com que os usuários necessitem de grande capacidade de adaptação à variação da iluminância no ambiente interno.

Para a orientação Norte, no céu 7 (parcialmente nublado) observa-se que ao longo do ano ocorre um leve aumento da amplitude de iluminância em função da variação da refletância, à medida que se aproxima o horário das 12h00. Nota-se também que a amplitude aumenta nos meses de maior altura solar (verão), com as maiores iluminâncias provenientes da refletância 0,90, alcançando amplitudes de cerca de 800lx ao longo do dia. A ocorrência da maior iluminância nos meses de maior altura solar é decorrente do fato de que, apesar da composição desta iluminação ser de "parcela de luz proveniente do céu" e de "parcela de luz proveniente do sol", constatou-se que na composição desta iluminação, principalmente no horário das 12h00, a "parcela de luz proveniente do céu" é muito maior do que a "parcela de luz proveniente do sol". Já nos meses entre abril e agosto, apesar da ocorrência da incidência solar direta, observa-se uma redução da contribuição da "parcela de luz proveniente do céu", causando, conseqüentemente, uma menor iluminância média no ambiente interno entre os meses de abril e agosto.

Já no céu 12 (claro), também para a orientação Norte, observa-se que não há um crescimento da iluminância até às 12h00 nos meses do verão, fato este provavelmente decorrente da falta de incidência de radiação solar direta nas prateleiras de luz em função da orientação da abertura. Nos demais meses do ano, para ambos os céus, a variação da refletância não resultou em amplitudes de iluminação significativas no ambiente interno. No céu 12 (claro), assim como ocorrido no céu 7 (parcialmente nublado), nos meses entre abril e agosto, apesar da ocorrência da incidência solar direta, observa-se uma redução da contribuição da "parcela de luz proveniente do céu", causando, conseqüentemente, uma menor iluminância média no ambiente interno entre os meses de abril e agosto.

Já para a orientação Sul, para ambos os céus, nota-se que nos meses de menor altura solar ambas as refletâncias ocasionam altas iluminâncias internas, com grande amplitude da iluminação ao longo do dia, o que pode acarretar grande necessidade de adaptação à iluminação por parte dos usuários. Já nos meses de maior altura solar, há uma redução da iluminância interna decorrente das duas refletâncias testadas, com menores amplitudes de iluminação, sendo isto, porém, mais evidente nas prateleiras com refletâncias 0,20. Evidencia-se que nesta época do ano (verão), há uma maior capacidade da prateleira de luz com menor refletância de controlar a iluminância interna, mantendo níveis mais adequados de iluminação. Desta forma, os cuidados na escolha das refletâncias da prateleira de luz devem ser maiores em edificações em localidades com características de céu 7 (parcialmente nublado), visto que ao longo do ano, foi onde percebeu-se maiores diferenças entre as iluminâncias decorrentes das refletâncias simuladas.

Gráfico 2 – Gráfico da iluminância média global durante o ano para céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro)



Fonte: Acervo pessoal (2020)

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta um questionamento acerca do desempenho luminoso em ambiente de escritório em clima tropical úmido, com aberturas com prateleiras de luz, como um conjunto de dispositivos horizontais, sob diferentes refletâncias das suas superfícies.

Para ambos os céus analisados, céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), nas orientações Norte e Sul, pode-se observar que a refletância 0,90 das prateleiras de luz acarretará o aumento de iluminação do intervalo excessivo no ambiente interno, sendo isto mais evidente no céu 12 (claro). Assim pode-se dizer que a escolha da refletância das prateleiras de luz, deve ser feita com muita prudência para evitar ganhos lumínicos excessivos.

No que se refere à análise ao longo do dia, feita para o dia 21 de cada mês do ano, observou-se que independente da refletância, a amplitude da iluminação para a orientação Sul é muito alta, de forma que os usuários necessitarão de grande capacidade de adaptação ocular frente à modificação da intensidade de iluminação durante o dia. Este fato pode acarretar a utilização de elementos sombreadores internos, como cortinas e persianas, com vistas a reduzir o ofuscamento causado pelo excesso de iluminação natural, o que poderá acarretar a redução da iluminação nos espaços mais profundos do ambiente. Somado a isso, na orientação Norte, céu 7 (parcialmente nublado), destaca-se que as prateleiras de luz de menor refletância são as mais adequadas ao longo do ano, porém para céu

12 (claro) ambas as refletâncias podem ser aplicadas, havendo porém uma melhor performance para a refletância 0,20 nos meses de maior altura solar.

A metodologia desta pesquisa foi desenvolvida para um ambiente específico. Como trabalho futuro, serão feitas análises da iluminância do ambiente por meio de curvas isolux correlacionando-as com os intervalos da UDI, de forma a compreender melhor a extensão das áreas do ambiente que se enquadram em cada intervalo da UDI. Evidencia-se também que não foram observadas as consequências térmicas para o ambiente interno geradas pela variação da refletância das prateleiras de luz.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da bolsa-auxílio durante o desenvolvimento da pesquisa. Os agradecimentos se estendem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela viabilização do desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I. A. L. de; CAVALCANTE, M. R. C.; CABÚS, Ricardo. **Influência de prateleira de luz sob marquise na uniformidade da iluminação natural em interiores**. ENCAC – ELACAC 2005, Maceió, v. 1, p. 83-91, out. 2005.
- 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).
- CARVALHO, M. L. S.; CABÚS, R. C. **Eficiência da luz solar refletida e desempenho de dispositivos de sombreamento**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 191-209, abr./jun. 2020.
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE (CIE). CIE DS 011.2/E:2002. **Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky**. Vienna, Austria: Commission Internationale 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.
- MANHAS, M. P. G. **Difusa ou especular? Estudando o desempenho da prateleira de luz segundo a refletância de sua superfície**. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2016.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors**. Energy and Buildings, London: Elsevier, v.38, p. 1343-1348, 2006.
- NETTO, A. R. A.; BARRETO, D.; AKUTSU, M.; DE BRITO, A. C. **Melhoria no desempenho lumínico de edifício com sistema não convencional de iluminação natural**. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2015.
- 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.