# DESEMPENHO LUMINOSO DE PRATELEIRAS DE LUZ ASSOCIADAS A BRISES

**Emanuele Sarria Rodrigues (1); Andréa Coelho Laranja (2)**
(1) Graduanda, Arquitetura e Urbanismo, emanuele.rodrigues@edu.ufes.br, Universidade Federal do Espírito Santo
(2) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, andrea.laranja@ufes.br, Universidade Federal do Espírito Santo

## RESUMO
Ambientes localizados em climas quentes úmidos recebem grande quantidade de radiação solar prejudicando o conforto luminoso do usuário do ambiente interno. Os dispositivos de proteção solar caracterizam-se como alternativas para conter a incidência solar direta nestes ambientes. Assim, este artigo se propõe a investigar o desempenho luminoso de prateleiras de luz associadas a brises em ambiente de escritório em Vitória-ES. Na metodologia, foram realizadas simulações no software TropLux, em seis modelos: (1) sala sem dispositivo; (2) sala com prateleira de luz; (3) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas; (4) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas; (5) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com duas lâminas e (6) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com duas lâminas. Foram adotadas refletâncias de 0,80 e 0,20 nas superfícies das prateleiras de luz e dos brises. As simulações ocorreram para céu dinâmico, nos horários das 8h00 às 17h00 em todos os dias do ano, nas orientações Norte e Sul. As métricas de análise foram os intervalos da IULN (Iluminância Útil de Luz Natural) e a ALN (Autonomia de Luz Natural). Os resultados mostraram que na orientação Norte a associação de prateleira de luz a brises horizontais ou inclinados com cinco lâminas mostrou-se mais eficiente sendo identificadas cerca de 87% das horas do dia no intervalo suficiente da IULN. De uma forma geral, a refletância de 0,20 apresentou melhor desempenho para Sul e para Norte, além de reduzir em até 100% a iluminação excessiva no ambiente interno na orientação Norte.

Palavras-chave: iluminação natural, prateleira de luz, brises.

## ABSTRACT
Environments located in hot humid climates receive a large amount of solar radiation impairing the luminous comfort of the user of the indoor environment. Sun protection devices are characterized as alternatives to contain direct sunlight in these environments. Thus, this article aims to investigate the luminous performance of light shelves associated with brises in an office environment in Vitória-ES. In the methodology, simulations were performed in the TropLux software, in six models: (1) room without device; (2) room with a light shelf; (3) room with a light shelf associated with horizontal brises with five blades; (4) room with a light shelf associated with inclined brises with five blades; (5) room with a light shelf associated with horizontal brises with two blades and (6) room with a light shelf associated with inclined brises with two blades. Reflections of 0,80 and 0,20 were applied on the surfaces of the light shelves and brises. The simulations took place for dynamic sky, from 8:00 am to 5:00 pm on all days of the year, in the North and South orientations. The analysis metrics were the UDI (useful daylight illuminances) intervals and the DA (Daylight Autonomy). The results showed that in the North orientation, the association of a light shelf with horizontal or inclined brises with five blades proved to be more efficient, being identified about 87% of the hours of the day in the sufficient UDI interval. In general, the reflectance of 0,20 performed better for South and North, in addition to reducing by up to 100% the excessive lighting in the internal environment in the North orientation.

Keywords: daylight, light shelf, brises.

## 1. INTRODUÇÃO

A grande incidência de raios solares em regiões de clima tropical úmido, caracterizado pela abundante disponibilidade de iluminação natural e radiação direta do sol, propicia o desconforto do usuário, reduzindo sua produtividade bem como o desempenho energético da construção. Nesta perspectiva, o uso de dispositivos sombreadores, como brises e prateleiras de luz é uma boa solução para o controle da iluminação natural e da radiação solar nos envoltórios das edificações. Leal e Leder (2018); Souza, Soares e Alves, (2018) destacam que o uso de brises e prateleiras de luz é bastante adequado para edifícios em cidades de clima tropical úmido, visto contribuírem para o melhor aproveitamento da iluminação natural e redução da incidência solar direta.

Neste sentido, a melhoria no desempenho energético de edificações é um tema que deve ser observado visto que edifícios juntamente ao setor da construção civil representam um terço do consumo energético global, conforme dados da Agência Internacional de Energia - IEA (2020). No Brasil, segundo nota técnica da Empresa de Pesquisa Energética (2020), o consumo de energia elétrica em edifícios residenciais, comerciais e do setor público atinge cerca de 50%, destacando a importância dessa temática no planejamento energético de médio e longo prazo. Desta forma, pesquisas têm sido realizadas em busca de propor soluções que melhorem o desempenho energético das edificações. Sendo assim, Dubois (2003) avaliou a performance de quatro tipos de dispositivos de sombreamento em um ambiente de escritório orientado para Sul na Dinamarca. Os resultados mostraram que os brises horizontais apresentaram melhor desempenho que marquises e toldos, fornecendo iluminância adequada no plano de trabalho. Santos e Souza (2012) realizaram estudo de caso em Belo Horizonte-MG com o intuito de comparar a eficiência energética de um edifício com dispositivos sombreadores e sem dispositivos sombreadores. Desta forma, observaram a redução de até 12,9% no consumo médio total de energia ao utilizarem brises e 7,8% de redução ao utilizarem prateleira de luz nas aberturas das fachadas.

Dado o bom desempenho de prateleiras de luz e de brises para a economia de energia em edificações, é possível variar os parâmetros de geometria e refletância desses dispositivos em busca de potencializar sua eficiência. Lima e Bittencourt (2012) se propuseram a investigar o efeito do espaçamento, inclinação e refletância de brises horizontais com mesma máscara de sombra na iluminação natural em um ambiente de escritório em Maceió-AL. Em suas análises, constataram que a variação do valor de refletância contribuiu para a melhoria no desempenho lumínico da sala enquanto a alteração no espaçamento das lâminas não promoveu mudanças significativas nos resultados. Cabús e Carvalho (2020) se propuseram a investigar o desempenho de dispositivos de sombreamento, com número diferenciado de lâminas e refletâncias, em um ambiente escolar na cidade de Maceió-AL. Os autores constataram resultados positivos em função da variação da refletância quando orientados para Oeste.

Portanto, confirmando que as prateleiras de luz são dispositivos de controle da iluminação natural garantindo conforto luminoso dos usuários do ambiente interno, analisando a possibilidade de associa-las a dispositivos sombreadores tipo brises e considerando ainda a importância do controle da radiação solar em ambientes internos com vistas à eficiência energética do edifício, este artigo abordará sobre a performance luminosa no ambiente interno por meio da análise de prateleiras de luz associadas a brises inclinados e brises horizontais atribuindo diferentes geometrias e refletâncias aos dispositivos e utilizando-se para isto de simulação computacional.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é investigar o desempenho luminoso de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises em localidade de clima tropical úmido.

## 3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos aplicados nesta pesquisa foram organizados nas seguintes etapas: (1) caracterização do ambiente trabalhado; (2) realização das simulações computacionais no TropLux e (3) construção de gráficos a partir dos resultados das simulações.

As simulações foram feitas para um ambiente de escritório localizado no primeiro pavimento tipo. A edificação tem dimensões de 30m de largura x 15m de profundidade e constitui-se de 10 pavimentos tipo mais o pavimento térreo, Figura 1.

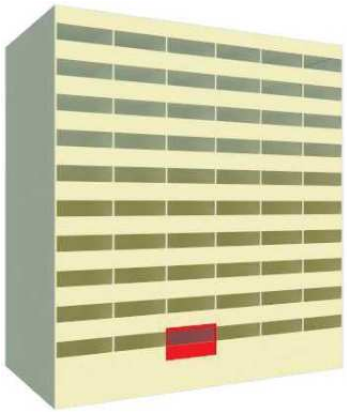

Figura 1 – Edificação composta por torre de 11 pavimentos, com destaque, em vermelho, para a sala estudada. Fonte: As autoras (2020).

O ambiente de escritório adotado possui dimensões comumente utilizadas na cidade de Vitória - ES, 5m x 6m x 2,70m, largura, profundidade e pé-direito, respectivamente, e 30m² de área, configuração semelhante às adotadas por Bernabé (2012), Casagrande (2013) e Maioli (2014). As dimensões da abertura (janela) são de 5m x 1,30m x 1,10m, largura, altura e peitoril, respectivamente, com área correspondente de 6,5m², equivalente a aproximadamente 21,67% da área do piso e 48,15% da área de WWR (Window Wall Ratio). Em seguida, elaborou-se a carta solar de Vitória - ES (latitude 20° 19' S) a qual localiza-se em clima tropical úmido que se caracteriza por temperaturas e umidades elevadas o ano todo, com máximas de temperatura em cerca de 33°C e umidades superiores a 75% (INMET, 2021). Com vistas a atender o período de funcionamento de escritório em situação real, foi definido o horário de sombreamento das 8h00 às 17h00. Entretanto, os ângulos obtidos na máscara de sombra para esse período resultaram em uma prateleira de luz com profundidade que inviabilizaria sua inserção em uma fachada. Sendo assim, a carta solar foi adotada com máscara de sombra compreendida das 8h00 às 16h00 para obtenção dos ângulos de construção dos modelos de prateleira de luz e brises infinitos utilizados nas simulações, Figura 2.

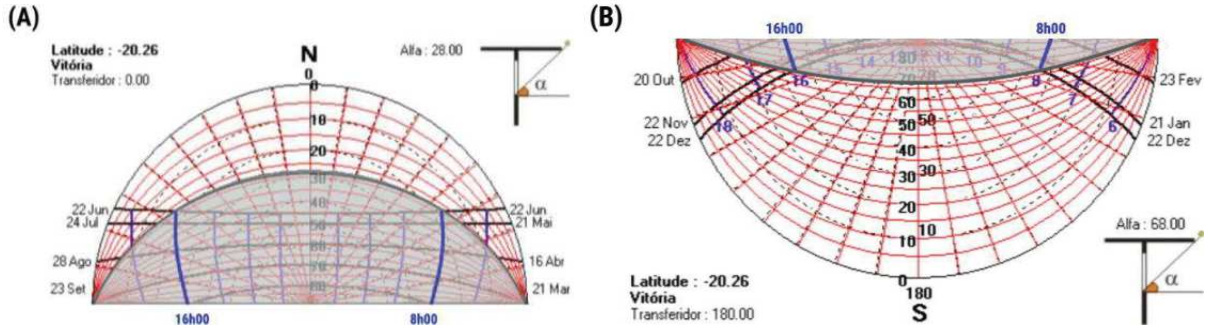


Figura 2 – Carta solar de Vitória: (A) Norte (ângulo alfa = 28°); (B) Sul (alfa = 68°). Fonte: SOL-Ar (2020).

Foram construídos seis modelos nesta pesquisa: (1) sala sem dispositivo; (2) sala com prateleira de luz; (3) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas; (4) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas; (5) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com duas lâminas e (6) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com duas lâminas. Em todos os casos, as simulações foram feitas com a abertura orientada para Norte e Sul. As simulações foram realizadas no software TropLux visto que sua utilização em análises de iluminação natural é recomendada pelo Manual para aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)(BRASIL,2012).

Para dimensionar as prateleiras de luz, foram utilizadas a carta solar de Vitória juntamente com o Gabarito de Ângulos Verticais, denominados alfa. Obteve-se, para Norte, o valor de alfa = 28° e para Sul = 68°. Esses ângulos, medidos a partir do peitoril externo da janela, delimitaram a profundidade das prateleiras de luz, a qual foi adotada com uma espessura de 0,05m e a uma altura de 2,10m do piso. A altura de instalação da prateleira acompanhou a altura de uma porta interna dividindo, desta forma, a janela em duas partes.

Em ambas as orientações simuladas, as prateleiras de luz foram simuladas associadas a brises compostos por lâminas, ora horizontal e ora inclinadas (com relação ao eixo horizontal). Estes brises foram dispostos sob a prateleira de luz e afastados da fachada. Foram adotados conjuntos com cinco lâminas e com duas lâminas na composição dos brises. As lâminas foram afastadas em 0,60m da fachada para realização de

manutenção. Na modelagem dos brises horizontais, respeitou-se o ângulo de 28°, para Norte, e 68°, para Sul, entre cada lâmina, de forma a satisfazer a máscara de sombra adotada. Para a modelagem dos brises inclinados, foi adotada uma inclinação de 20° (com relação ao eixo horizontal), Figuras 3 e 4.

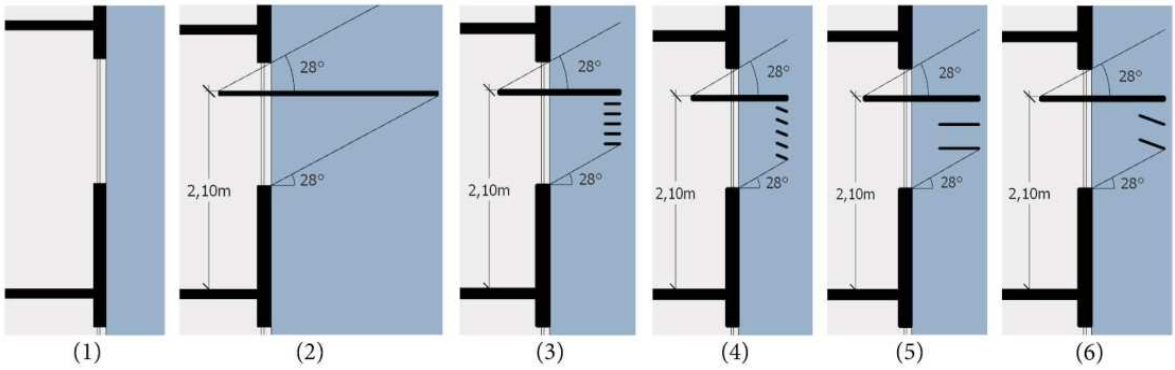


Figura 3 – (1) Sala sem dispositivo, (2) sala com prateleira de luz, (3) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, (4) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas, (5) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com duas lâminas e (6) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com duas lâminas na fachada Norte (ângulo alfa = 28°). Fonte: As autoras (2020).

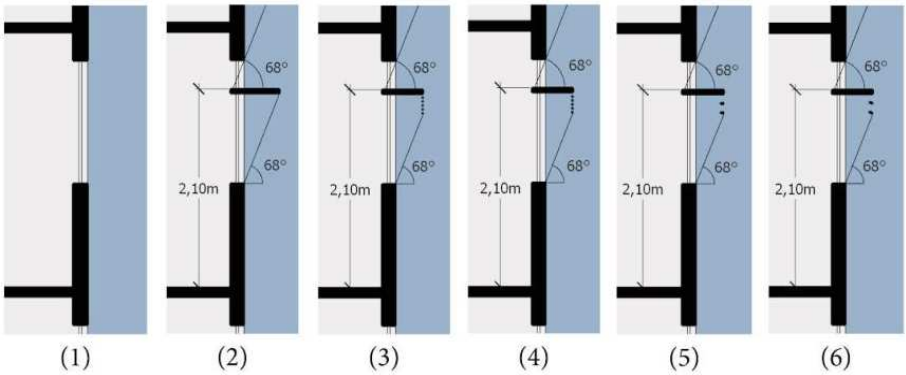


Figura 4 – (1) Sala sem dispositivo, (2) sala com prateleira de luz, (3) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, (4) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas, (5) sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com duas lâminas, (6) sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com duas lâminas na fachada Sul (ângulo alfa = 68°). Fonte: As autoras (2020).

Para medição da iluminância no ambiente interno, definiu-se os pontos de verificação conforme descrito na ABNT NBR 15215-4 (Brasil, 2005). Desta forma, foi obtido o índice K, que é o índice do local e representa o número mínimo de pontos de medição para verificação da iluminação natural em um plano de trabalho. Sendo assim, obteve-se o valor de K equivalente a 16, indicando a quantidade mínima de 16 pontos para a sala em análise. Entretanto, adotou-se 20 pontos na simulação, com vistas à redução de erros. Esses pontos foram distribuídos em uma malha ortogonal no plano de trabalho, locado a 0,75m de altura do piso, Figuras 5 e 6.

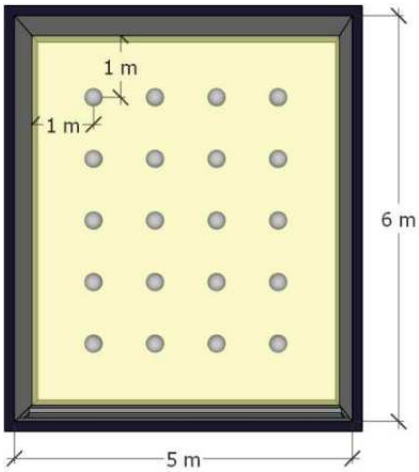


Figura 5 – Dimensões da sala analisada e locação dos pontos de medição da iluminância. Fonte: As autoras (2020).

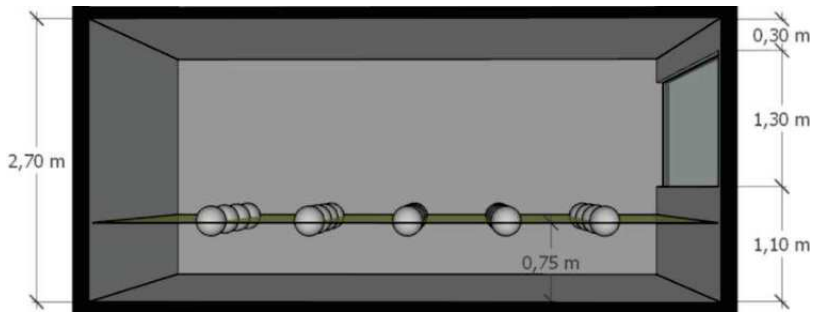

Figura 6 – Dimensões da sala analisada e locação dos pontos de medição da iluminância. Fonte: As autoras (2020).

Dando continuidade aos procedimentos, foram definidos os coeficientes de refletância adotados nas superfícies, de acordo com os intervalos estipulados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, Tabela 1. Em uma primeira etapa investigativa, o valor do coeficiente de refletância das superfícies dos brises e das prateleiras de luz foi de 0,80 e, com vistas à observação de novos resultados, em uma segunda etapa, o valor do coeficiente de refletância nesses dispositivos foi de 0,20. Nesta segunda etapa, os demais valores do coeficiente de refletância permaneceram inalterados.

Tabela 1 – Coeficientes de refletância adotados nas superfícies. Fonte: As autoras (2020).

| **Superfície** | **Coeficiente de refletância** | |
|---|---|---|
| | **Etapa 1** | **Etapa 2** |
| Teto | 0,80 | 0,80 |
| Piso | 0,20 | 0,20 |
| Paredes internas | 0,60 | 0,60 |
| Prateleiras de luz e brises | 0,80 | 0,20 |
| Superfícies externas | 0,60 | 0,60 |
| Piso externo | 0,20 | 0,20 |

No que se refere às condições de céu, Michel e Laranja (2020) apontam uma ocorrência significativa da condição de céu "Parcialmente encoberto" na maior parte do ano em Vitória. Sendo assim, adotou-se nas simulações o Céu Dinâmico (DDL) para a cidade de Vitória-ES o qual se baseia na variação do céu de Vitória ao longo do ano, de acordo com os dados meteorológicos da cidade. Os dados de entrada de Vitória-ES utilizados no software para determinação do Céu Dinâmico são os disponibilizados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2017) e pelo site Climate.OneBuilding (2018), como indicam Michel e Laranja, 2020. A verificação dos pontos de iluminação natural dentro da sala foi feita das 8h00 às 17h00, todos os dias do ano.

Em seguida, foram elaborados os gráficos com os resultados das simulações. Para isso, utilizou-se como parâmetro os intervalos da IULN (Iluminação Útil de Luz Natural) propostos por Mardaljevic et al. (2011), Tabela 2. Esse parâmetro quantifica, dentro do período de um ano, a iluminação natural que incide no ambiente interno dentro de determinados intervalos de iluminância. O intervalo de iluminância abaixo de 100 lx é caracterizado como inadequado, por ser insuficiente para a realização de tarefas visuais. O intervalo entre 100 lx e 300 lx é considerado eficiente ou passível de integração com a iluminação artificial. O intervalo entre 300 lx e 3000 lx é considerado suficiente, visto garantir a quantidade de iluminância necessária para realização de tarefas visuais apenas com iluminação natural. Valores acima de 3000 lx também são caracterizados como inadequados por gerarem desconforto térmico ou visual. Desta forma, caracteriza-se a IULN desejável no intervalo entre 100 lx e 3000 lx.

Também foram utilizados como parâmetro de análise os resultados da ALN (Autonomia de Luz Natural). O termo foi introduzido por Reinhart (2005) e refere-se ao nível de iluminância previsto para um ambiente interno, de maneira que tal ambiente seja mantido apenas por iluminação natural em uma quantidade de horas significativa do ano, durante sua utilização.

Tabela 2 – Intervalos de iluminância da IULN. Fonte: As autoras (2020).

| **Intervalos de iluminância adotados pela IULN** | |
|---|---|
| Até 100 lx | Insuficiente |
| Entre 100 lx e 300 lx | Suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar |
| Entre 300 lx e 3000 lx | Suficiente |
| Acima de 3000 lx | Excessivo |

## 4. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Os gráficos relacionam a orientação (Norte e Sul), os modelos (1 ao 6) e a refletância (0,80 e 0,20) aplicada nas prateleiras de luz e nos brises. A análise foi sequenciada primeiramente com os resultados observados nos gráficos dos modelos 1 ao 6 simulados para a orientação Norte e com refletâncias 0,80 e 0,20, respectivamente. Em seguida, repetiu-se o padrão de análise para a orientação Sul.

No que se refere aos resultados das simulações, apresenta-se a Figura 7, gráficos dos percentuais dos intervalos das IULN no ambiente interno com abertura orientada para Norte e coeficientes de refletância 0,80 e 0,20 nas superfícies dos dispositivos. Na análise do coeficiente de refletância 0,80, foi observado que o modelo 1, sala sem dispositivo, como já era esperado, apresentou um percentual de iluminação excessiva que chega a cerca de 23% nos meses de maior altura solar. Para os demais modelos que utilizaram prateleira de luz ou que utilizaram a prateleira de luz associada a brises, foi possível observar a redução de até 100% do percentual de iluminação excessiva nos meses de menor altura solar. As melhores performances foram apresentadas no modelo 2, sala com prateleira de luz, no modelo 3, sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, e no modelo 4, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas. Desta forma, observa-se a redução de contrastes luminosos próximos às aberturas em função da redução da iluminação excessiva.

No que se refere ao intervalo de iluminância útil, há uma redução destes percentuais quando ocorre a introdução da prateleira de luz e das prateleiras de luz associadas a brises na abertura do ambiente interno. Porém, no modelo 3, sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, e no modelo 4, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas, são observados elevados percentuais de iluminação útil, garantindo que o ambiente possa ser utilizado em quase cerca de 80% das horas do dia com iluminação natural. Desta forma, nota-se a capacidade dos modelos com prateleira de luz e com prateleira de luz associada a brises de aumentar a eficiência energética da edificação ao reduzir a demanda por iluminação artificial. Somente no modelo 5, sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com duas lâminas, e no modelo 6, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com duas lâminas, este percentual se reduz um pouco, ficando em torno de 60%.

Em relação ao intervalo de iluminância suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, os modelos que apresentaram o melhor desempenho foram: o modelo 3, sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, e o modelo 4, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas, visto que os percentuais deste intervalo ficaram compreendidos entre cerca de 10% a 25%, necessitando de uma menor quantidade de horas do dia com iluminação artificial.

Por fim, ao analisar o intervalo de iluminância insuficiente no ambiente interno, foi observado que o pior caso se deu com valor máximo de 7,5% (maio) no modelo 6, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com duas lâminas. Nas demais simulações, esse valor variou entre 0% e 4,82% ao longo dos meses do ano, demandando, assim, uma quantidade bem menor no consumo de energia com iluminação artificial.

Desta forma, na análise da refletância 0,80 pode-se concluir que os resultados mais significativos foram apresentados com os modelos 3 e 4 que associam prateleira de luz a brises horizontais e inclinados com cinco lâminas, respectivamente, visto que, além de reduzir em até 100% a iluminação excessiva, garantem iluminação útil por um período de até cerca de 80% das horas do dia, reduzindo, desta forma, a demanda por iluminação artificial no ambiente interno.

No que se refere à análise da refletância 0,20 foi observado que, em relação à iluminação excessiva, como já era esperado, o modelo 1, sala sem dispositivo, apresentou o pior desempenho, alcançando percentual que chega a 22% nos meses de maior altura solar. Nos demais modelos, os valores nesse intervalo mantiveram-se abaixo de 0,50%. Desta forma, observa-se a redução de até 100% da iluminação excessiva no ambiente interno a partir da introdução de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises na sala simulada.

Para o intervalo de iluminação suficiente, o modelo 3, sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, e o modelo 4, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas, apresentaram melhor desempenho, com valores entre cerca de 60% e 80% ao longo dos meses do ano, sendo assim, ocorre a diminuição da demanda por iluminação artificial no ambiente interno.

Com relação à iluminação suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, os modelos 3, sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, e 4, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas, apresentaram os melhores desempenhos, pois, apenas em cerca de 12% a 31% das horas do dia (durante todo o ano) demandam iluminação artificial como complementação da natural.

Para o intervalo de iluminância insuficiente, novamente o modelo 3, sala com prateleira de luz associada a brises horizontais com cinco lâminas, e o modelo 4, sala com prateleira de luz associada a brises inclinados com cinco lâminas, oferecem os melhores resultados, onde apenas cerca de 5% das horas do dia (durante o ano) terão como única alternativa a iluminação artificial.

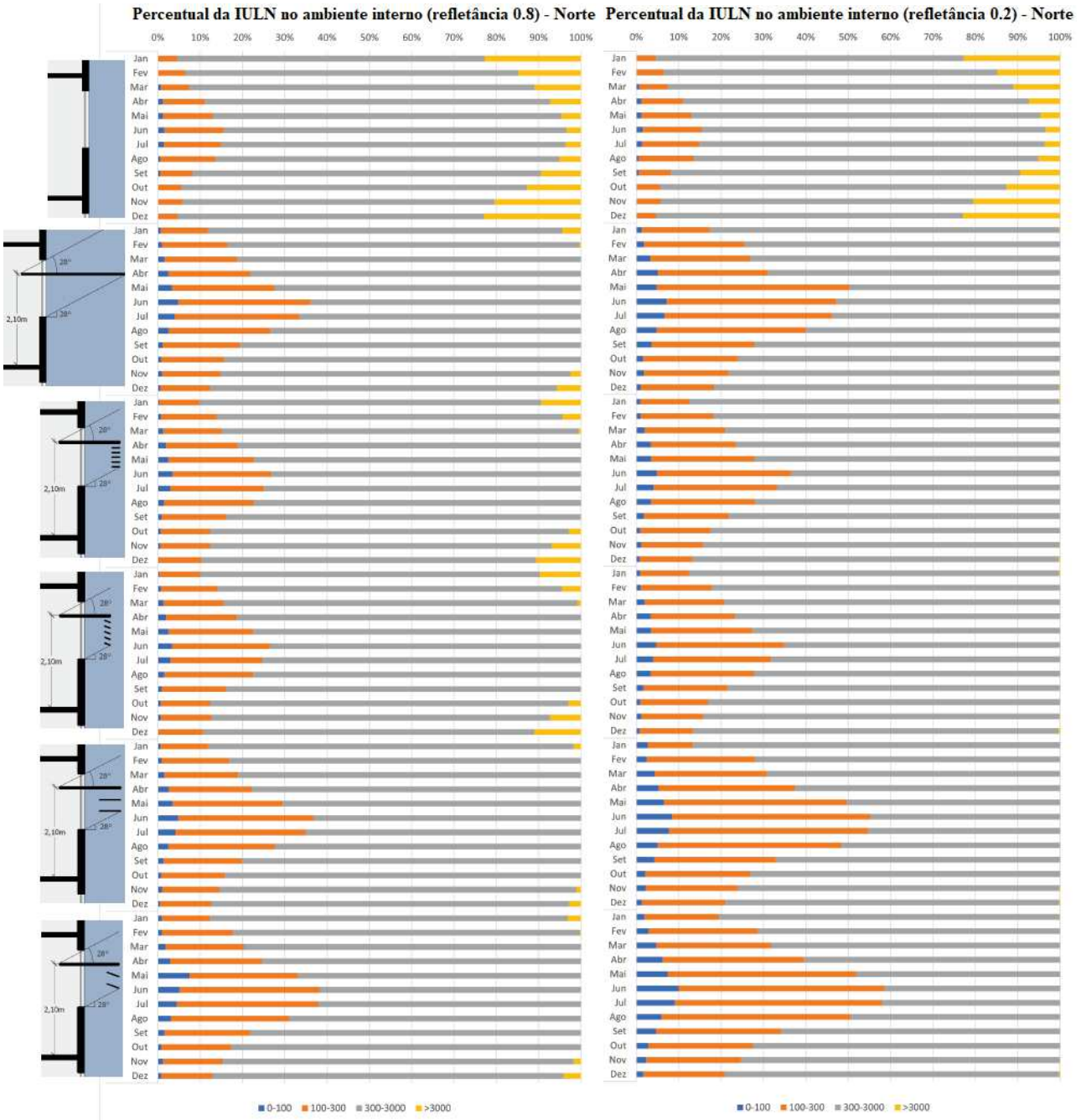


Figura 7 – Percentuais dos intervalos da IULN no ambiente interno com abertura orientada para Norte e coeficientes de refletância 0,80 e 0,20 nas superfícies das prateleiras de luz e dos brises. Fonte: As autoras (2020).

Em relação à Figura 8, na análise dos percentuais dos intervalos da IULN no ambiente interno com abertura orientada para Sul e coeficiente de refletância 0,80 nas superfícies dos dispositivos, foi observado que o modelo 1, sala sem dispositivo, como já era esperado, apresentou o maior percentual de iluminação excessiva no ambiente interno com cerca de 28% das horas do dia compreendidas nesse intervalo. Entretanto, a partir da análise do resultado de todos os modelos simulados para Sul e com coeficiente de refletância 0,80, ficou evidente que a introdução de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises contribuiu para a redução da iluminância excessiva no ambiente interno em cerca de 7% nos meses de maior altura solar, ao contrário da orientação Norte onde chega-se a atingir 100%. Esse resultado provavelmente ocorreu devido a parcela de iluminação difusa que chega a esta abertura e que a prateleira de luz não consegue conter, ao contrário da abertura orientada para Norte a qual possui a parcela maior de iluminação natural composta de iluminação direta.

No que se refere à iluminância útil, os resultados apresentados para os modelos com prateleiras de luz e para os modelos com prateleiras de luz associadas a brises foram similares, atingindo cerca de 80% nos meses de maior altura solar. Esses resultados são apenas 5% superiores ao modelo 1. Desta forma, conclui-se que a inserção de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises trouxe pouco benefício para a iluminação útil do ambiente interno orientado para Sul se comparado aos resultados obtidos para Norte.

Com relação à iluminância suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, observa-se que a inserção de prateleira de luz e prateleira de luz associada a brises demonstrou um acréscimo de apenas 2% quando comparado ao modelo 1. Para o intervalo de iluminância insuficiente a inserção de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises na abertura não apresentou prejuízos expressivos para o desempenho da iluminação natural no ambiente interno, visto que foi insignificante a variação percentual neste intervalo.

Sendo assim, para a orientação Sul e coeficiente de refletância 0,80 constatou-se que a inserção dos dispositivos refletores e sombreadores da luz, prateleiras de luz e brises, não apresentou resultados significativos na redução dos percentuais de iluminância excessiva. Esse intervalo é responsável pelo ofuscamento no ambiente interno gerando desconforto ao usuário que, por sua vez, pode recorrer a elementos sombreadores internos como cortinas e persianas para reduzir o incômodo. Entretanto, estes elementos, além de limitarem o acesso da iluminação excessiva ao ambiente também bloqueiam o potencial de iluminância útil que poderia ser aproveitado com vistas à redução da utilização da iluminação artificial.

No que se refere à análise da refletância 0,20 e orientação Sul, foi observado que a introdução de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises reduziu em cerca de 10% os percentuais de iluminação excessiva ao longo do ano e acresceu em até 6% os percentuais de iluminância útil para o mesmo período. Desta forma, é possível observar a melhoria na performance da iluminação natural com a presença dos dispositivos sombreadores e refletores na abertura, visto que reduzem o ofuscamento e diminuem a necessidade de complementação com iluminação artificial no ambiente interno.

Com relação à iluminância suficiente, a inserção de prateleira de luz e prateleira de luz associada a brises demonstrou um acréscimo de apenas 3% nesse intervalo. Para o intervalo de iluminância insuficiente a inserção dos dispositivos sombreadores e refletores não interferiu no desempenho luminoso. Soma-se que para todos os modelos simulados com prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises, refletância 0,20 e orientação Sul, foi observado um padrão de repetição nos resultados obtidos em cada intervalo de iluminância de forma que, não existe uma diferença relevante no desempenho luminoso entre eles.

Desta forma, conclui-se que, para este caso, a geometria dos dispositivos não demonstrou influência nos resultados e a escolha do modelo a ser utilizado em uma edificação fica a critério do projetista. Pode-se inferir também que é a refletância para os modelos com prateleiras de luz e prateleiras de luz associada a brises a característica que determina a ocorrência de maior ou menor quantidade dos percentuais de iluminação excessiva. Destaca-se por fim que a refletância 0,20 apresentou melhores resultado que a refletância 0,80, visto apresentar maior redução da iluminação excessiva.

Além da análise da IULN também foi verificada a Autonomia de Luz Natural no ambiente interno que foi constatada em 100% das horas simuladas, de acordo com o mínimo estabelecido por Mardaljevic et al. (2011) de 300lux, indicando desta forma, que é dispensável a iluminação artificial complementar.

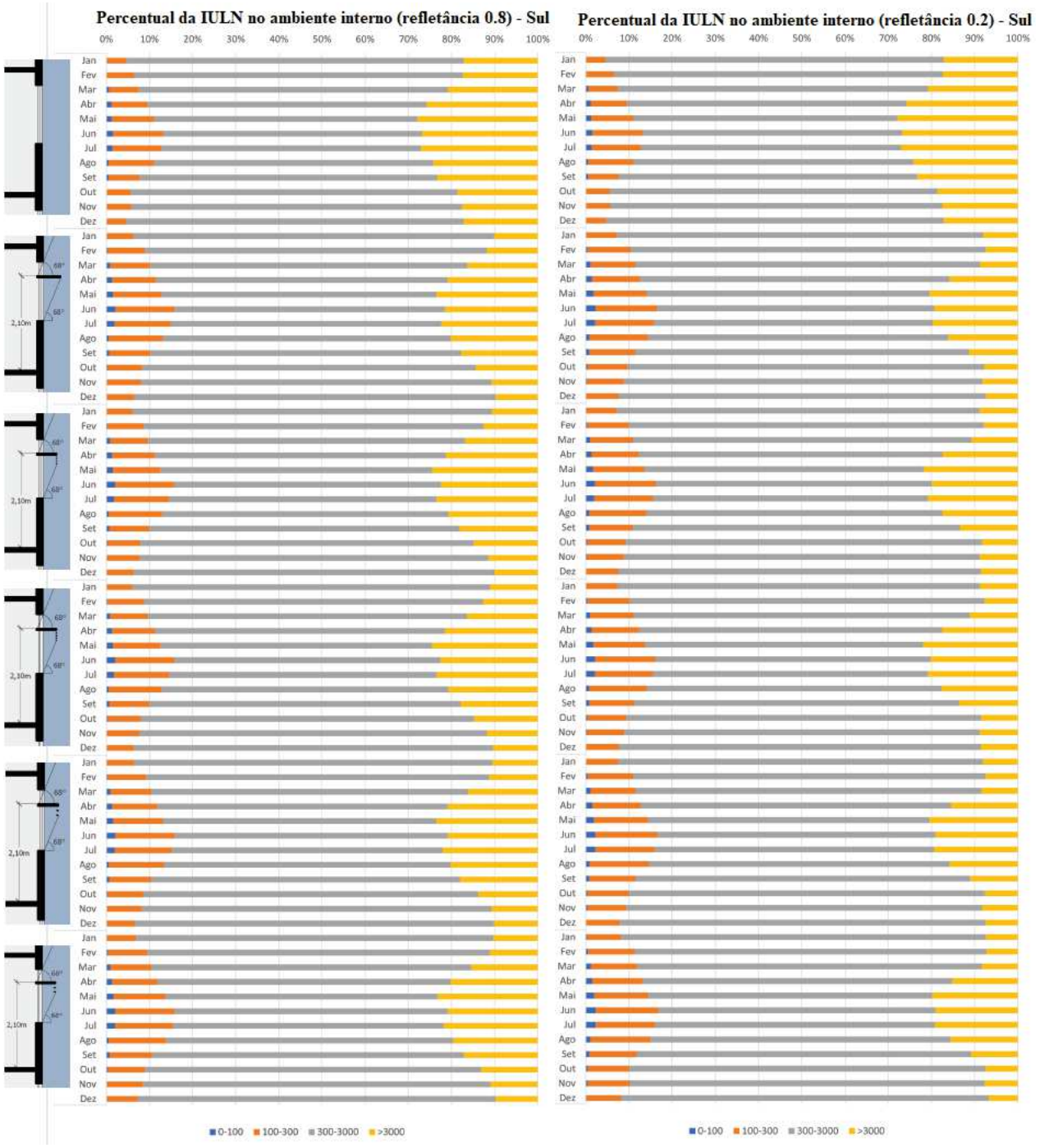


Figura 8 – Percentuais dos intervalos da IULN no ambiente interno com abertura orientada para Sul e coeficientes de refletância 0,80 e 0,20 nas superfícies das prateleiras de luz e dos brises. Fonte: As autoras (2020).

## 5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi investigar o desempenho luminoso de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises em clima tropical úmido. Os modelos foram simulados para Norte e para Sul em duas etapas: na primeira, com refletância 0,80 nas superfícies dos dispositivos e, na segunda, com refletância 0,20.

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar que dentre os modelos com abertura orientada para Norte e coeficiente de refletância 0,80, o melhor desempenho foi demonstrado pelos modelos 4 e 5 por garantirem que o ambiente possa ser utilizado em até 80% das horas do dia com iluminação natural reduzindo, desta forma, a demanda por iluminação artificial. Entretanto, esses modelos apresentaram maiores índices de iluminação excessiva se comparados aos mesmos modelos com refletância 0,20, o que ocasionará a ocorrência de ofuscamento. Ainda para Norte, mas observando a refletância 0,20, os modelos 4 e 5 permaneceram com os melhores desempenhos, pois garantiram cerca de 87% das horas do dia com iluminação natural no intervalo suficiente, reduzindo o consumo energético do edifício com o acionamento

de iluminação artificial. Além disso, esses modelos garantiram redução de até 100% no intervalo de iluminação excessiva, responsável pelo ofuscamento próximo a abertura, em comparação aos modelos de refletância 0,80, o que contribuirá no conforto lumínico do usuário. Desta forma, no que se refere à orientação Norte, o coeficiente de refletância 0,20 demonstrou-se a melhor opção de uso.

Para a orientação Sul, conclui-se que a redução do percentual de iluminação excessiva foi de apenas 7% para ambas as refletâncias. Sendo assim, a inserção de prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises foi mais eficiente para Norte, com redução desse percentual em até 100%. Isto deve-se à maior ocorrência de radiação solar direta na orientação Norte e da capacidade da prateleira de luz em controle desta radiação solar. Na orientação Sul constatou-se que se deve ter atenção na escolha da refletância para os modelos com prateleiras de luz e prateleiras de luz associadas a brises visto que esta característica é a determinante para a ocorrência de maior ou menor quantidade dos percentuais de iluminação excessiva. Destaca-se desta forma que todos os modelos com refletância 0,20, com exceção do modelo 1, sala sem dispositivo, tiveram performance semelhante, sendo esta superior aos modelos com refletância 0,80.

O estudo se limita ao clima tropical úmido de Vitória ao qual, em função da característica da geometria solar da localidade, destaca os modelos com prateleiras de luz e uma quantidade maior de lâminas, horizontais ou verticais, associados à refletâncias menores, como os de maior capacidade de controle da luminosidade do ambiente. Demais estudos devem avaliar a real capacidade dos modelos no controle da radiação solar sempre em função das características climáticas da localidade.

## 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.

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).

BERNABÉ, A. A. **A influência da envoltória no consumo de energia em edifícios comerciais artificialmente climatizados na cidade de Vitória-ES**. 130p. Dissertação de Mestrado. UFES. Vitória, 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Portarian.18,de2012. Manual para Aplicação do RTQ-R, Brasília, DF, v.1, 202p., jan.2012.

CARVALHO, M. L. S.; CABÚS, R. C. Eficiência da luz solar refletida e desempenho de dispositivos de sombreamento. **Ambient. constr.**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 191-209, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext &pid=S1678-86212020000200191&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 09 nov. 2020.

CASAGRANDE, B. G. **Cenários climáticos futuros: diagnóstico prospectivo do desempenho termoenergético de edifícios comerciais no Brasil para o século XXI**. 135p. Dissertação de Mestrado. UFES. Vitória. 2013.

DUBOIS, M. (2003). Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators. Lighting Research & Technology - LIGHTING RES TECHNOL. 35. 61-76. 10.1191/1477153503li062oa.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras: no caminho da transição energética**. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT%20DEA-SEE-007-2020.pdf. Acesso em: 30 mar. 2021.

IEA. International Energy Agency. **A source of enormous untapped efficiency potential**. Disponível em: https://www.iea.org/topics/buildings. Acesso em: 30 mar. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráficos Climatológicos**. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377. Acesso em: 22 jun. 2021.

LEAL, L. de Q.; LEDER, S. M. Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos. **Ambient. constr.**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 97-117, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script= sci_ arttext&pid=S1678-86212018000400097&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 08 dez. 2020.

LIMA, K. de; BITTENCOURT, L. (2012). Efeito do espaçamento, inclinação e refletância de brises horizontais com mesma máscara de sombra na iluminação natural e ganhos térmicos em escritórios em Maceió-AL. ENTAC.

MAIOLI, R. N. **Avaliação da influência do dispositivo prateleira de luz no conforto visual em edificação comercial com entorno obstruído**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

MARDALJEVIC, J. *et al*. **Daylighting Metrics for Residential Buildings**. In: SESSION OF THE CIE, 27., 2011, Sun City. **Proceedings...** Sun City: CIE, 2011.

MICHEL, M. V.; LARANJA, A. C. Condições e tipos de céu para simulações de iluminação natural com céu estático. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 11, p. e020001, 2020. DOI: 10.20396/parc.v11i0.8652766. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652766. Acesso em: 30 nov. 2020.

REINHART, C. F. A simulation-based review of the ubiquitous window-head-height to daylit zone depth rule-of-thumb. In: INTERNATIONAL BUILDING SIMULATIONS CONFERENCE, 9., Montreal, Canada, 2005. Proceedings… Montreal: IBPSA, 2005.

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,** Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 227-241, jan./mar. 2012. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/23624. Acesso em: 4 nov. 2020.

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. **Ambient. constr.**, Porto Alegre , v. 18, n. 4, p. 139-159, Oct. 2018. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212018000400139&lng=en&nrm=iso>. Access on 08 Dec. 2020. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400298.