

ANDRÉA GOELHO LARANJA E MARIA CLARA FRIEDRICH DADALTO

## Desempenho luminoso de refletores inclinados em clima quente e úmido

*Luminous performance of inclined reflectors in hot and humid weather*

*Desempenho luminoso de refletores inclinados em clima quente e úmido*

### Andréa Coelho Laranja

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo (1995), Mestrado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2000), Doutorado em Ciências em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010), com experiência acadêmica em docência desde 2000. Atualmente é Professora Associado III da Universidade Federal do Espírito Santo no Curso de Arquitetura e Urbanismo. Na pós-graduação em arquitetura e urbanismo do PPGAU- UFES (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura) está vinculado à área de PATRIMÔNIO, SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA, onde leciona a disciplina Iluminação Natural no Ambiente Construído. É pesquisadora do LPP (Laboratório de Planejamento e Projetos – UFES) e também integrante do GRILU (Grupo de Pesquisa em Iluminação) da UFAL. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Conforto Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: eficiência energética, Arquitetura Bioclimática, iluminação natural, ergonomia e qualidade da vista.

*Graduated in Architecture and Urbanism at Universidade Federal do Espírito Santo (1995), master's degree in Architecture (2000) and doctor's degree in Architecture Sciences (2010) at Universidade Federal do Rio de Janeiro, with teaching experience since 2000. Currently, an Associated Professor III at Universidade Federal do Espírito Santo for the Architecture and Urbanism course. Is attached with the area of LANDMARK, SUSTAINABILITY, AND TECHNOLOGY, where teaches the class of Natural Light in the Built Environment at the Architecture and Urbanism post-graduation program of the PPGAU-UFES (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura). Researcher at LPP (Laboratório de Planejamento de Projetos - UFES) and also is part of GRILU (Grupo de Pesquisa em Iluminação) of UFAL. Experience in Architecture and Urbanism with an emphasis in Environmental Confort, working mainly with the themes: energy efficiency, Bioclimatic Architecture, daylighting, ergonomics and quality of view.*

*Se licenció en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Espírito Santo (1995), tiene un Máster en Arquitectura por la Universidad Federal de Río de Janeiro (2000) y un Doctorado en Ciencias de la Arquitectura por la Universidad Federal de Río de Janeiro (2010), con experiencia docente académica*

desde 2000. Actualmente es Profesora Asociada III en la Universidad Federal de Espírito Santo en el programa de Arquitectura y Urbanismo. En el programa de posgrado en Arquitectura y Urbanismo del PPGAU-UFES (Programa de Posgrado en Arquitectura), está vinculada al área de PATRIMONIO, SOSTENIBILIDAD Y TECNOLOGÍA, donde imparte la asignatura Iluminación Natural en el Ambiente Construido. Es investigadora del LPP (Laboratorio de Planificación y Proyectos - UFES) y miembro del GRILU (Grupo de Investigación en Iluminación) de la UFAL. Tiene experiencia en Arquitectura y Urbanismo, con énfasis en Confort Ambiental, trabajando principalmente en los siguientes temas: eficiencia energética, Arquitectura Bioclimática, iluminación natural, ergonomía y calidad de vista.

falta email

#### **Maria Clara Friedrich Dadalto**

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo (Vitória - ES, Brasil). Fez dois semestres de mobilidade acadêmica durante a Graduação na Universidade Federal do Paraná (Curitiba - PR, Brasil). Orientanda de Iniciação Científica. Estagiária na área de Planejamento Urbano na URBTEC TM Engenharia, Planejamento e Consultoria (Curitiba - PR, Brasil).

*Undergraduate student in Architecture and Urbanism at the Federal University of Espírito Santo (Vitória - ES, Brazil). She did two semesters of academic mobility during her undergraduate studies at the Federal University of Paraná (Curitiba - PR, Brazil). Scientific Initiation student. Urban Planning intern at URBTEC TM Engenharia, Planejamento e Consultoria (Curitiba - PR, Brazil).*

Estudiante de licenciatura en Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Federal de Espírito Santo (Vitória - ES, Brasil). Realizó dos semestres de movilidad académica durante su licenciatura en la Universidad Federal de Paraná (Curitiba - PR, Brasil). Estudiante de Iniciación Científica. Becaria de Planificación Urbana en URBTEC TM Engenharia, Planejamento e Consultoria (Curitiba - PR, Brasil).

falta email

## Resumo

Em clima quente e úmido, as envoltórias das edificações são inúmeras vezes expostas à radiação solar direta, especialmente as aberturas laterais, acarretando um significativo contraste luminoso com desconforto para os ocupantes dos espaços internos. A composição da envoltória da edificação com dispositivos de redirecionamento e controle da iluminação pode melhorar o desempenho luminoso dos ambientes internos, reduzindo contrastes lumínicos. Desta forma este artigo se propõe a investigar o desempenho luminoso de refletores inclinados com diferentes inclinações em Vitória - ES. A metodologia abrange o uso da Geometria Solar bem como simulação computacional em ambiente interno. Foram testados refletores inclinados sob refletância de 0,9. O refletor inclinado abaixo da janela foi investigado com superfície inclinada ora a 15°, ora a 45°, voltado para dentro e para fora do ambiente. Adotou-se o refletor inclinado acima da janela com inclinação de 45° voltado para fora do ambiente. Os modelos também foram comparados a um modelo de ambiente sem refletor. As simulações empregaram o software TropLux o qual gerou os dados de iluminância em 20 pontos de uma malha ortogonal locada a 75 cm do piso no ambiente. Os horários simulados foram das 8h00 às 16h00 para todos os dias do ano com abertura orientada para Norte e Sul, em ambiente de escritório, em condições de Céu Dinâmico de Vitória-ES, localidade de clima quente e úmido. Para Norte, frente à distribuição da iluminação no ambiente interno a partir da curva isolux, nota-se que o modelo "M1-SR" (sem refletor inclinado) e o modelo "M5-45-ID" (modelo com refletor inclinado a 45° voltado para dentro) apresentaram os piores resultados visto que a iluminação excessiva compromete cerca de 1/6 da área do ambiente. Os modelos com refletores inclinados com a face voltada para o exterior apresentaram menores valores de iluminância. No entanto, a partir da investigação dos intervalos de IULN constatou-se que o modelo "M3-45-IF" (modelo com refletor inclinado a 45° voltado para fora) apresentou a melhor performance pela capacidade de reduzir em cerca de 11% os percentuais de iluminação excessiva. Este mesmo modelo sob investigação da curva isolux, apresentou maior uniformidade, e conseqüentemente menor contraste luminoso. Para Sul, no que se refere aos intervalos anuais de IULN, os modelos com a face refletora voltada para dentro, "M4-15-ID" e "M5-45-ID", apresentaram os maiores percentuais de iluminação excessiva, superiores até mesmo aos valores do modelo "M1-SR" (sem refletor). Já nos modelos com a face refletora voltada para fora, "M2-15-IF" e "M3-45-IF", observa-se uma redução de cerca de até 7,5% no percentual de iluminação excessiva, no qual a melhor performance foi observada no modelo "M3-45-IF" (modelo com refletor inclinado a 45° voltado para fora).

**Palavras-chave:** Iluminação natural. Refletores inclinados. Superfícies refletoras.

### Abstract

In a hot and humid climate, the envelopes of buildings are often exposed to direct solar radiation, especially the side openings, causing a significant luminous contrast with discomfort for the occupants of the internal spaces. The composition of the building envelope with redirection and lighting control devices can improve the lighting performance of two internal environments, reducing lighting contrasts. In this way, this article aims to investigate the luminous performance of inclined reflectors with different inclinations in Vitória - ES. The open methodology or use of Solar Geometry is as a computational simulation in the internal environment. For that, were tested inclined reflectors with a reflectance of 0.9. The inclined reflector below the window was investigated with a surface inclined either at 15° or at 45°, turned inwards and outwards in the environment. Attach the inclined reflector above the door with a 45° inclination turned away from the environment. The models are also compared to a non-reflective environment model. The simulations use the TropLux software to set the lighting dice in 20 points of an orthogonal angle located 75 cm from the non-ambient floor. The simulated schedules are from 8:00 a.m. to 4:00 p.m. for every day of the year with openings oriented towards North and South, in a desk environment, in Céu Dinâmico conditions of Vitória-ES, a town with a hot and humid climate. For North, facing the distribution of lighting in the internal environment from the isolux curve, note that the model "M1-SR" (without inclined reflector) and the model "M5-45-ID" (model with reflector inclined at 45° turned inwards) will present the best results since excessive lighting compromises about 1/6 of the area of the room. Models with inclined reflectors with a face turned towards the exterior present lower illuminance values. However, from the investigation of two IULN intervals it was confirmed that the "M3-45-IF" model (model with reflector inclined at 45° turned outwards) presents better performance with the capacity to reduce about 11% The percentages of excessive lighting. This same model under investigation of the isolux curve, presents greater uniformity, and consequently lower luminous contrast. For Sul, not referring to the annual intervals of IULN, the models with a reflective face turned inwards, "M4-15-ID" and "M5-45-ID", present the highest percentages of excessive illumination, higher same as the values of the "M1-SR" model (without reflector). In our models with a reflective face turned outwards, "M2-15-IF" and "M3-45-IF", a reduction of about 7.5% non-percentage excess illumination is observed, not equal. The best performance was observed in the "M3-45-IF" model (model with reflector inclined at 45° turned outwards).

**Keywords:** Daylighting. Inclined reflectors. Reflective surfaces.

### Resumen

Em clima quente e úmido, as envoltórias das edificações são inúmeras vezes expostas à radiação solar directa, especialmente as aberturas laterais, acarretando um significativo contraste luminoso com desconforto para os ocupantes dos espaços internos. La composición de la iluminación de la edificación con dispositivos de redirección y control de iluminación puede mejorar la iluminación de los ambientes internos, reduciendo los contrastes luminosos. Desta forma este artículo se propone investigar o desempenho luminoso de refletores inclinados con diferentes inclinaciones en Vitória - ES. La metodología abarca el uso de Geometria Solar como simulación computacional en el ambiente interno. Foram testados refletores inclinados sob refletância de 0,9. O refletor inclinado abaixo da janela foi investigado com superfície inclinada ora a 15°, ora a 45°, voltados para dentro y para fora do ambiente. Adotou-se o refletor inclinado acima da janela com inclinação de 45° voltado para fora do ambiente. Los modelos también se comparan con un modelo de ambiente sin reflector. Como simulações empregaram o software TropLux o qual grou os dados de iluminación em 20 pontos de uma malha ortogonal locacada a 75 cm de piso no ambiente. Los horarios simulados desde las 8h00 hasta las 16h00 para todos los días del año con abertura orientada para Norte e Sul, en ambiente de escritura, en condiciones de Céu Dinâmico de Vitória-ES, localidade de clima quente e úmido. Para Norte, frente a la distribución de iluminación no ambiente interno a partir de la curva isolux, tenga en cuenta que el modelo "M1-SR" (sin reflector inclinado) y el modelo "M5-45-ID" (modelo con reflector inclinado a 45° voltado para dentro) muestre los primeros resultados vistos que una iluminación excesiva compromete cerca de 1/6 del área del ambiente. Los modelos con refletores inclinados con una cara voltada para el exterior presentan menores valores de iluminación. Sin embargo, según la investigación de dos intervalos de IULN, se constató que el modelo "M3-45-IF" (modelo con reflector inclinado a 45° voltado para foros) presenta un mejor rendimiento en la capacidad de reducción en cerca del 11%. Los porcentajes de iluminación excesivos. Este mesmo modelo solloza investigação da curva isolux, apresentou mayor uniformidade, y consecuentemente menor contraste luminoso. Para Sul, no que se refiere a los intervalos anuales de IULN, los modelos con una cara reflectora voltada para dentro, "M4-15-ID" y "M5-45-ID", presentan los mayores porcentajes de iluminación excesiva, superiores até mesmo aos valores do modelo "M1-SR" (sin reflector). Já nos modelos com a face refletora voltada para fora, "M2-15-IF" e "M3-45-IF", observa-se uma redução de cerca de até 7,5% no percentual de iluminação excesiva, no qual un mejor rendimiento foi observada no modelo "M3-45-IF" (modelo con reflector inclinado a 45° voltado para foros).

**Palabras clave:** falta palavras chave em espanhol

## Introdução

Inúmeras pesquisas ressaltam o potencial da iluminação natural em proporcionar benefícios psicológicos e fisiológicos às pessoas. Mardaljevic (2012) e Park et al (2021) citam que o contato com a luz natural influencia significativamente o sistema circadiano humano, além de contribuir para o bem-estar e produtividade.

Nesse sentido, para potencializar o ganho de iluminação natural nos ambientes internos, Araújo e Cabús (2007) e Zambonato et. al (2020) destacam a capacidade das superfícies do entorno construído em refletir uma notável quantidade de luz para o interior dos ambientes. Zhao e Gou (2023) também exploram a relação entre a radiação solar e a morfologia urbana e ressaltam o potencial solar das fachadas das edificações. Porém, em clima quente e úmido, as envoltórias das edificações são inúmeras vezes expostas à radiação solar direta, especialmente as aberturas laterais, acarretando um significativo contraste luminoso com desconforto para os ocupantes dos espaços internos.

Nesse contexto, a composição da envoltória da edificação com dispositivos de redirecionamento e controle da iluminação pode melhorar o desempenho luminoso dos ambientes internos, reduzindo contrastes lumínicos. Alves Netto (2015), Da Silva (2007) e Venâncio (2020) afirmam que dispositivos na envoltória das edificações podem filtrar, redirecionar e/ou difundir a radiação solar, propiciando uma distribuição mais homogênea da iluminação e conseqüentemente reduzindo ofuscamentos e contrastes no ambiente interno. Laranja e Fassina (2016) constataram que superfícies refletoras inclinadas no envoltório da edificação, proporcionam benefícios lumínicos ao ambiente interno, com melhoras na distribuição da iluminância e conseqüente redução do contraste luminoso. Dadalto e Laranja (2023) também apontam a eficácia dos refletores inclinados, especialmente orientados para norte e sob elevado coeficiente de reflexão. As autoras complementam citando a capacidade destes refletores inclinados, na condução da parcela refletida, mitigação da iluminação excessiva e do ofuscamento, além do maior aproveitamento da vista externa, ao contrário de dispositivos de envoltória como brises que restringem a vista exterior.

No entanto, Felipe (2016) ressalta a ausência de uma fórmula universal para projetar a geometria dos dispositivos visando um melhor desempenho luminoso nos espaços, uma vez que cada dispositivo é construído levando em consideração fatores como a orientação, a configuração da abertura e a profundidade do modelo em estudo.

Assim, considerando que as superfícies exteriores às aberturas desempenham um papel crucial no controle da iluminação natural, com o potencial de melhorar o conforto luminoso dos ocupantes do espaço e reforçando a importância de reduzir a incidência solar em clima quente-úmido, este artigo abordará o desempenho luminoso de Refletores Inclinados com diferentes inclinações em Vitória—ES.

## Metodologia

A metodologia incorpora o uso da Carta Solar em conjunto com o software Troplux. A carta solar possibilita determinar o dimensionamento do Refletor Inclinado enquanto o Troplux permite extrair dados de iluminância do ambiente. O modelo se insere em edifício de serviço com características usuais dos escritórios de Vitória—ES. O ambiente interno simulado possui 5,0 m de largura, 6,0 m de profundidade e 2,7 m de pé direito, totalizando 30 m<sup>2</sup>. Considerando o ambiente com apenas uma face externa, adotou-se uma janela com 5,0 m de largura, 1,3 m de altura e peitoril de 1,1 m, correspondente a cerca de 1/5 de área de piso, sendo o WWR (Window to Wall Ratio) de 48,14%.

As simulações ocorreram com a abertura para Norte e Sul. Inicialmente, a proposta de sombreamento da fachada para ambas as orientações compreendia os horários das 8h00 às 16h00 para todos os meses do ano. Porém, a geometria do refletor inclinado acima da janela, para satisfazer este sombreamento na orientação Norte, acarretaria uma redução do contato visual do usuário com o ambiente externo (em função de sua grande dimensão), dificultando a sua aplicação na prática. Diante disso, somente para Norte o tempo de sombreamento foi reconfigurado para sete meses do ano, possibilitando uma redução nas dimensões do Refletor Inclinado. Assim, os meses de abril a agosto (meses de menor altura solar) não foram contemplados com proteção solar, o que indica uma necessidade futura de dispositivos de controle da iluminação internos (persianas e/ou cortinas).

Nestas condições, o ponto de análise da abertura foi locado centralizado no peitoril da janela (50% de proteção) sendo possível identificar o ângulo alfa ( $\alpha$ ) de  $60^\circ$  de mascaramento para norte, extraído do corte. Na planta-baixa foram extraídos os ângulos  $\beta_d$  (beta-direita) e  $\beta_e$  (beta-esquerda), ambos de  $78,8^\circ$ . Da mesma forma para Sul foram extraídos o ângulo  $\alpha$  de  $70^\circ$  de mascaramento (corte) bem como os ângulos  $\beta_d$  e  $\beta_e$ , ambos iguais a  $82^\circ$  (planta-baixa). Na simulação utilizou-se uma malha ortogonal com 20 pontos de medição a 0,75m do piso, conforme a NBR 15215-4 (2005) [FIGURA 1].

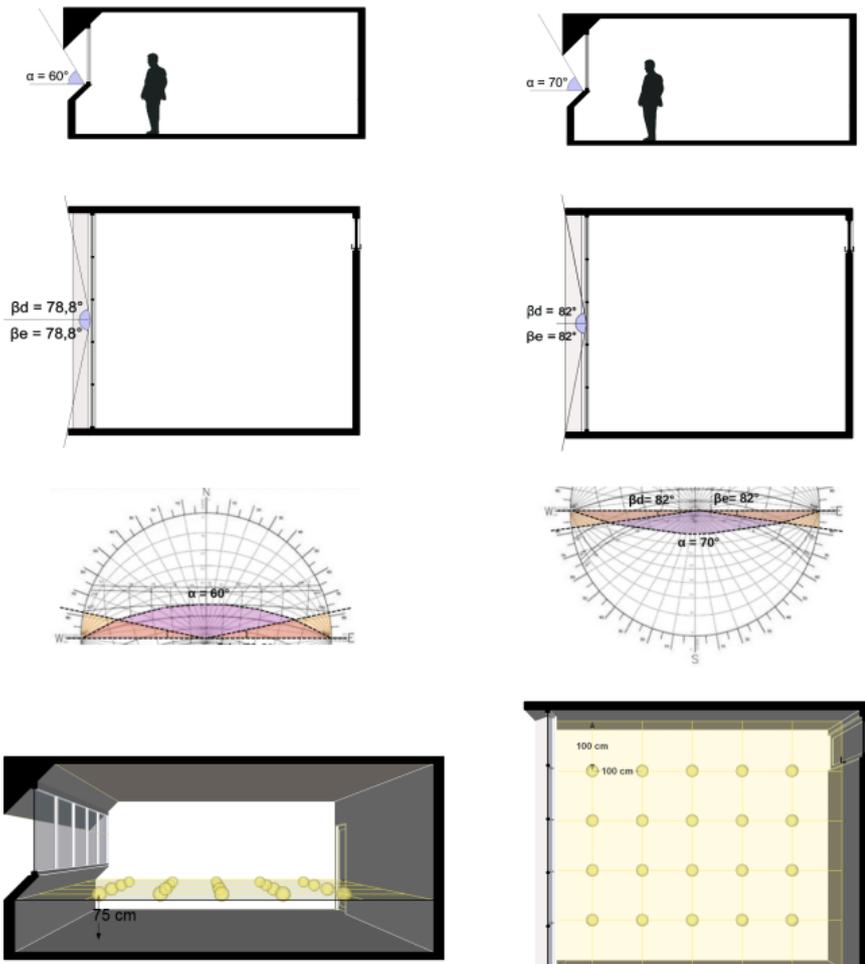


FIGURA 1 - (a) Estudo dos ângulos alfa e beta em corte e planta (à esquerda para Norte e à direita para Sul), (b) Gráfico solar de Vitória - ES com determinação da máscara de sombra (à esquerda para Norte e à direita para Sul). (c) Planta baixa e corte fugados, com os pontos de medição.

Fonte: Autoras, 2023

Os valores de refletância adotados durante as simulações foram baseados na NBR ISO - CIE 8995 (2013). O Refletor Inclinado acima da janela possui inclinação fixa de 45° e refletância de 0,9. O Refletor Inclinado abaixo da janela será investigado nas inclinações de 15° e 45°, ora com a face voltada para dentro, ora para fora, na refletância de 0,9 [FIGURA 2]. Foi mantido o ponto de análise da abertura no peitoril da janela, bem como as dimensões e área da janela.

Refletância	Superfície Interna do Ambiente			Superfície Externa ao Ambiente		Refletor Inclinado
	Teto	Parede	Piso	Parede	Piso	
	0,9	0,6	0,2	0,6	0,2	0,9
Ambiente			Geometria do Refletor Inclinado			Modelo
Sem Refletor Inclinado						M1—SR
Refletor Inclinado à 15° abaixo da janela com a face voltada para fora						M2—15°-IF
Refletor Inclinado à 45° abaixo da janela com a face voltada para fora						M3—45°-IF
Refletor Inclinado à 15° abaixo da janela com a face voltada para dentro						M4—15°-ID
Refletor Inclinado à 45° abaixo da janela com a face voltada para dentro						M5—45°-ID

FIGURA 2 – (a) Refletâncias adotadas nas superfícies do Ambiente e Refletor Inclinado. (b) Modelos de análise.

Fonte: Autoras, 2023

Nas simulações adotou-se o Céu Dinâmico de Vitória—ES (LAT 20° 19' S), o qual fornece informações meteorológicas da localidade. A Figura [3] apresenta um organograma sintetizando as simulações.

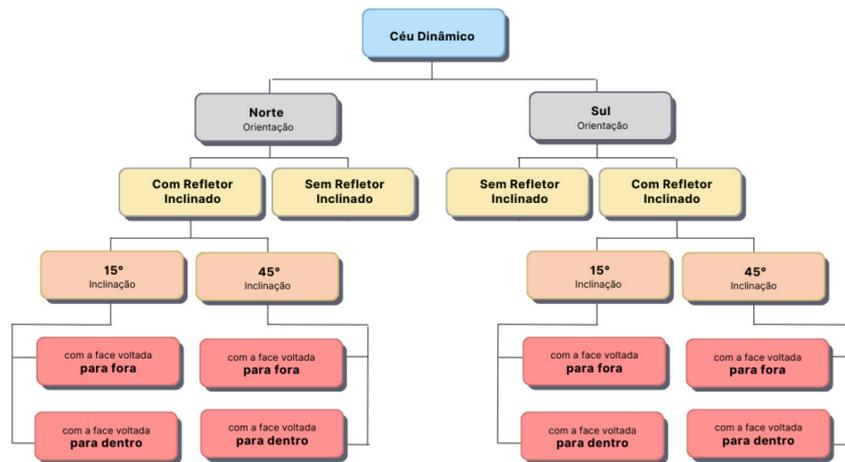


FIGURA 3 – Organograma.

Fonte: Autoras, 2023

Os dados são analisados mediante aos intervalos da IULN (em inglês UDI — Useful Daylight Illuminances) (Mardaljevic et al, 2012), Curvas Isolux e iluminância média. Os intervalos da IULN são categorizados da seguinte forma: (i) iluminância insuficiente ( $\leq 100$  lux); (ii) iluminância suficiente com necessidade de iluminação complementar (100-300 lux); (iii) iluminância suficiente (300-3000 lux); e, (iv) iluminância excessiva ( $> 3000$  lux). Também foi utilizado como referência o valor de 500lx definido para ambientes de escritório pela NBR ISO 8995 (2013).

## Resultados

Para Norte, nota-se na Figura [4] que para todos os modelos analisados nas duas épocas do ano (solstício de verão e equinócios), ao longo do dia observa-se que as iluminâncias permaneceram superiores a 300 lux (valor mínimo referente a faixa útil da IULN) além de que há uma amplitude significativa da iluminância média. Como já era esperado, no equinócio de outono (março), mês que recebe radiação direta na orientação Norte, a amplitude é maior, chegando a cerca de 96% de aumento com o modelo “M3-45°-IF”. No solstício de verão (dezembro), o modelo que apresentou maior amplitude foi o modelo “M1-SR” (Sem Refletor Inclinado), já os modelos com as faces inclinadas voltadas para fora (exterior), “M2-15°-IF” e “M3-45°-IF”, foram os que apresentaram as menores amplitudes. Isto provavelmente é decorrente do fato de que na orientação norte, nos solstícios de verão, não há incidência solar direta na superfície refletora, o que possibilita a reflexão desta luz para o ambiente interno aumentando consequentemente a iluminância. Além disso, é importante ressaltar que todos os modelos, com exceção dos modelos “M2-15°-IF” e “M3-45°-IF”, atendem, em todos os horários do dia simulados, ao requisito estabelecido pela ABNT de 500 lux.



FIGURA 4 – Gráfico de iluminância média ao longo do dia para Norte.

Fonte: Autoras, 2023

Na Figura [5] é possível observar o comportamento da radiação solar frente aos diversos modelos no equinócio de outono, onde em amarelo é representada a luz que passa diretamente pela abertura e em laranja a luz refletida pela face refletora. Dentre os modelos com refletores, os modelos com a face refletora inclinada para dentro (interior do ambiente), “M4-15°-ID” e “M5-45°-ID”, foram os que permitiram os maiores valores de iluminância no ambiente interno. Isto provavelmente foi em função da colaboração da superfície refletora em conduzir a iluminação refletida para o ambiente interno. Já os modelos com a face refletora inclinada voltada para fora (exterior), “M2-15°-IF” e “M3-45°-IF”, apresentaram os menores valores de iluminância em função desta superfície refletora funcionar como barreira para radiação solar direta em algumas horas do dia, não havendo desta forma condução da componente refletida para o ambiente interno.

A Figura [6] apresenta os modelos com a pior e melhor resposta frente à distribuição da iluminação no ambiente interno a partir da curva isolux. Nota-se que o modelo “M1-SR” (Sem Refletor Inclinado) e o modelo “M5-45°-ID” apresentaram os piores resultados, visto que a iluminação excessiva compromete cerca de 1/6 da área do ambiente levando o usuário a utilizar cortinas e persianas com objetivo de controlar a iluminação excessiva e consequentemente fazendo uso de iluminação artificial. Os modelos “M2-15°-IF”, “M3 -45°-IF” e “M4-15°-ID” por não apresentarem iluminação excessiva foram considerados os de melhor resultado, ainda que o modelo “M4-15°-ID” apresente menor uniformidade e consequentemente maior contraste luminoso. O

resultado positivo referente aos modelos com a face inclinada para fora (exterior) é decorrente do fato de que na orientação norte, no equinócio de verão, há incidência solar direta na superfície refletora a qual é refletida para o ambiente interno, contribuindo na composição da iluminação natural.

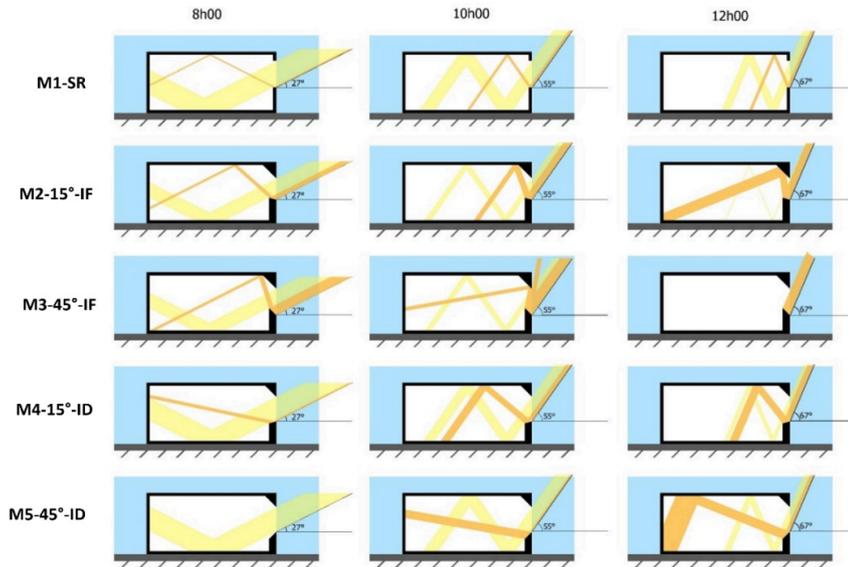


FIGURA 5 – Comportamento da radiação solar nos modelos simulados.

Fonte: Autoras, 2023

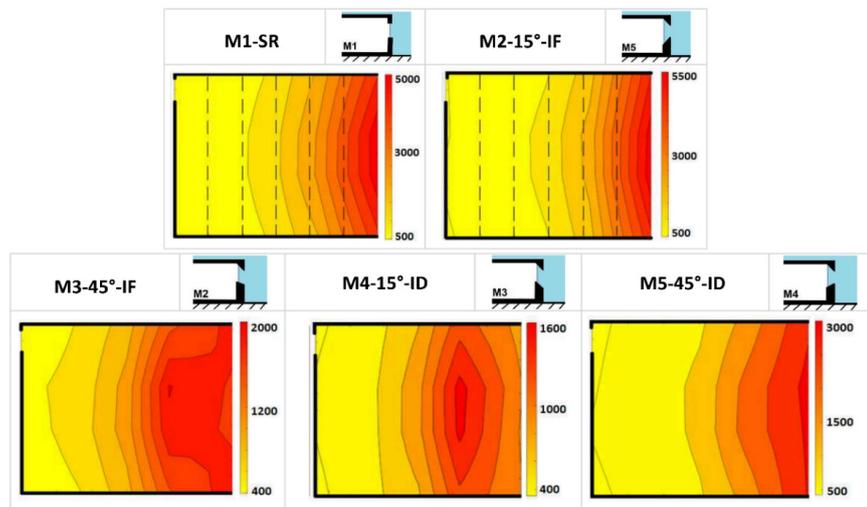


FIGURA 6 – (a) Curva Isolux para todos os modelos, às 12h no mês de março.

Fonte: Autoras, 2023

Na Figura [7], é possível observar no que se refere os intervalos de IULN para Norte, que o modelo "M1 - SR" (Sem Refletor) e os modelos com a face refletora voltada para dentro (interior do ambiente), "M4-15°-ID" e "M5-45°-ID", demonstraram, conforme previsto, percentuais significativos de iluminação excessiva. Isso leva os usuários a recorrerem às cortinas e persianas, resultando no uso mais frequente da iluminação artificial além do não aproveitamento da vista externa. Já os modelos "M2-15°-IF" e "M3-45°-IF", com a face refletora voltada para fora (exterior), apresentaram os menores valores de iluminação excessiva, com a melhor performance para o modelo "M3-45°-IF" que reduziu cerca de 11% os percentuais de iluminação excessiva. Esta melhor performance se dá pelo fato de que o usuário não fará uso de cortinas e persianas para o controle da insolação e do contraste luminoso. Observa-se também que há uma pequena redução do percentual útil de iluminação o que levará a um pequeno aumento da demanda por iluminação artificial.

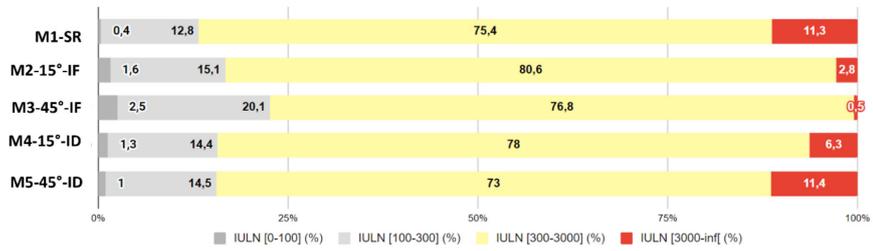
Desempenho luminoso de refletores inclinados em clima quente e úmido

Luminous performance of inclined reflectors in hot and humid weather

Desempenho luminoso de refletores inclinados em clima quente e úmido

FIGURA 7 – Intervalos anuais de IULN para Norte, para todos os modelos.

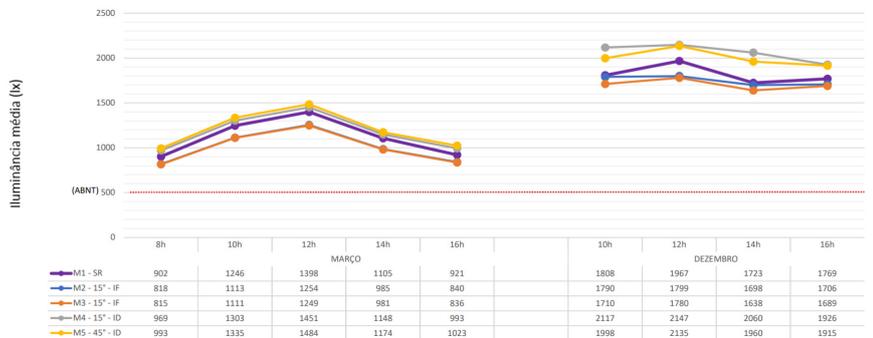
Fonte: Autoras, 2023



Para Sul, nota-se na Figura [8] que para todos os modelos nas duas épocas do ano (solstício de verão e equinócios), as iluminâncias permaneceram superiores a 300 lux (valor mínimo referente a faixa útil da IULN), apresentando ainda uma amplitude ao longo do dia que chega a um aumento de cerca de 65% no valor da iluminância. Em ambas as épocas do ano, o pico de amplitude acontece no horário de 12h00, no qual os modelos com a face refletora voltada para dentro (“M4-15°-ID” e “M5-45°-ID”) apresentam os maiores percentuais. Isto é decorrente do acesso da radiação solar direta no ambiente interno no horário de maior altura solar, além do controle insatisfatório da entrada da radiação solar direta pelos modelos com a face refletora inclinada para dentro (interior do ambiente). Os valores de iluminância mais elevados no solstício de verão são provavelmente decorrentes do fato de que na orientação Sul, para essa época do ano, há incidência solar direta na superfície refletora, o que possibilita a reflexão desta radiação para o ambiente interno, aumentando consequentemente a iluminância. Foram descartados os resultados referentes ao horário de 8h00 para o mês de dezembro pois foram percebidas alterações nos valores de iluminância divergentes do seu comportamento habitual, provavelmente devido a utilização do Céu Dinâmico. Além disso, é importante ressaltar que todos os modelos atendem, em todos os horários do dia simulados, ao requisito estabelecido pela ABNT de 500 lux.

FIGURA 8 – Gráfico de iluminância média para Sul.

Fonte: Autoras, 2023



Na Figura [9], quanto aos intervalos anuais de IULN para Sul, os modelos com a face refletora voltada para dentro, "M4-15°-ID" e "M5-45°-ID", apresentaram os maiores percentuais de iluminação excessiva, superiores até mesmo aos valores do modelo "M1-SR" (Sem Refletor). Isto provavelmente decorre em função da reflexão da luz na superfície do refletor inclinado a qual adentra o ambiente interno, aumentando a parcela de luz refletida nos modelos com a face refletora inclinada para dentro. Já os modelos "M2-15°-IF" e "M3-45°-IF", com a face refletora voltada para fora, apresentaram os menores valores de iluminação excessiva, no qual a melhor performance foi do modelo "M3-45°-IF". Conclui-se dessa forma que a envoltória que faz uso dos modelos com refletores inclinados para dentro, em função do excesso de iluminação, levará os usuários a recorrerem às cortinas e persianas, resultando no uso mais frequente da iluminação artificial, além do não aproveitamento da vista externa. Por outro lado, a melhor performance dos modelos com a face refletora voltada para fora, aponta que o usuário provavelmente não fará uso de cortinas e persianas para o controle da insolação e do contraste luminoso, apesar do aumento da demanda por iluminação artificial em função da redução do percentual de iluminação útil.

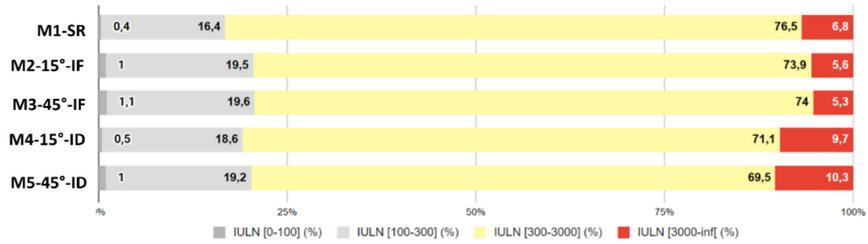
Desempenho luminoso de refletores inclinados em clima quente e úmido

Luminous performance of inclined reflectors in hot and humid weather

Desempenho luminoso de reflectores inclinados em clima quente e úmido

FIGURA 9 – Intervalos anuais de IULN para Sul, para todos os modelos.

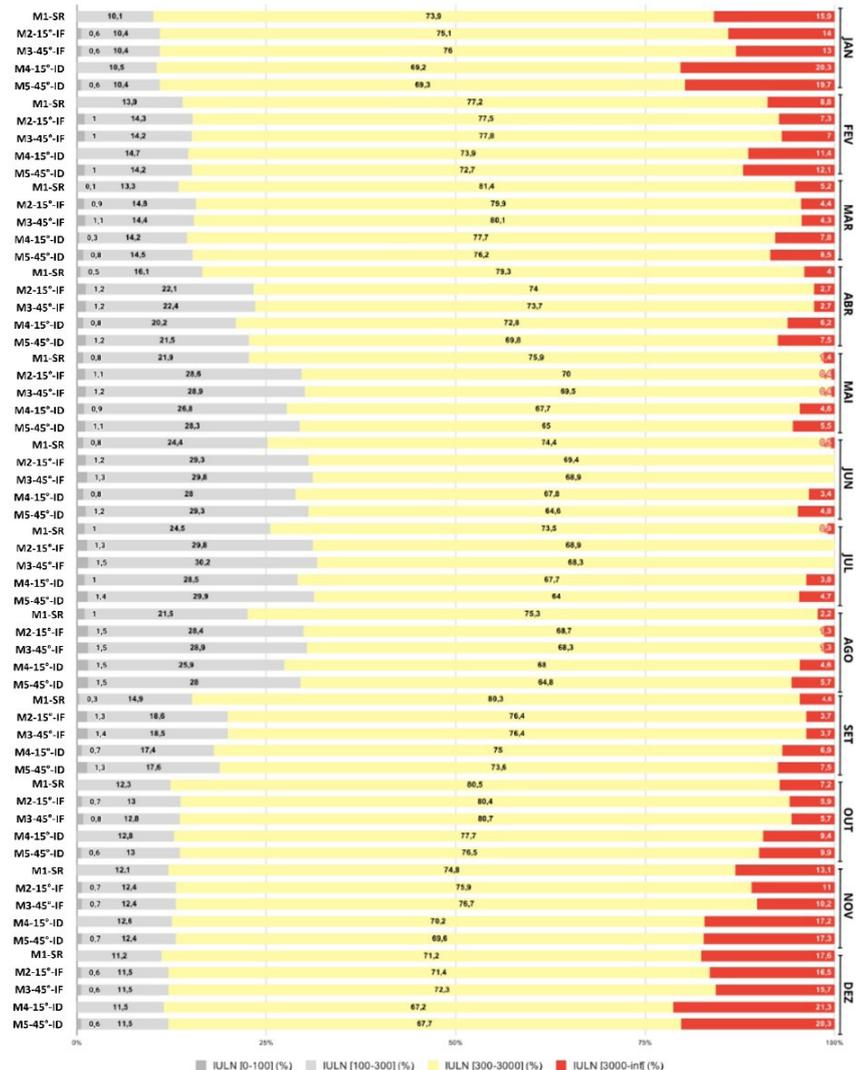
Fonte: Autoras, 2023



Na Figura [10], é possível observar o comportamento mensal dos percentuais de IULN para orientação Sul. Nota-se que de outubro a fevereiro, meses que recebem radiação solar direta na orientação Sul, todos os modelos apresentam maior parcela de iluminação excessiva, no qual os maiores percentuais aconteceram em novembro, dezembro e janeiro, visto serem meses que recebem insolação direta em todo período diurno. Entretanto, observa-se uma redução de cerca de até 7,5% no percentual de iluminação excessiva ao utilizar os modelos com a face refletora voltada para fora (exterior). Isto ocorre porque parte da parcela refletida na superfície inclinada para fora não consegue acessar o ambiente interno.

FIGURA 10 – Intervalos mensais de IULN para Sul, para todos os modelos.

Fonte: Autoras, 2023



## Considerações Finais

A pesquisa apresenta uma investigação acerca de Refletores Inclinados, com face inclinada ora para interior do ambiente, ora para o exterior, em diferentes inclinações. Os modelos foram analisados para orientação Norte e Sul por intermédio de simulações computacionais em ambiente de escritório, em condições de Céu Dinâmico de Vitória-ES. Os modelos também foram comparados ao modelo Sem Refletor, a fim de avaliar se sua utilização é vantajosa e em que medida.

Como principais resultados para Norte, frente à distribuição da iluminação no ambiente interno a partir da curva isolux, nota-se que o modelo "M1-SR" (Sem Refletor Inclinado) e o modelo "M5-45°-ID" apresentaram os piores resultados visto que a iluminação excessiva compromete cerca de 1/6 da área do ambiente. Com vistas ao controle desta iluminação excessiva, o usuário utilizará cortinas e persianas e conseqüentemente fará uso de iluminação artificial, além do não aproveitamento da vista externa. Já os modelos "M2-15°-IF", "M3-45°-IF" e "M4-15°-ID" por não apresentarem iluminação excessiva foram considerados os de melhor resultados, ainda que o modelo "M4-15°-ID" apresente menor uniformidade e conseqüentemente maior contraste luminoso. De uma forma geral, os modelos com Refletores Inclinados com a face voltada para fora apresentaram menores valores de iluminância em função da superfície refletora funcionar como barreira para radiação solar direta em algumas horas do dia, não havendo desta forma condução da componente refletida para o ambiente interno. A partir dos intervalos de IULN, constatou-se também que o modelo "M3-45°-IF" apresentou a melhor performance pois teve capacidade de reduzir em cerca de 11% os percentuais de iluminação excessiva.

Para Sul, no que se refere aos intervalos anuais de IULN, os modelos com a face refletora voltada para dentro, "M4-15°-ID" e "M5-45°-ID", apresentaram os maiores percentuais de iluminação excessiva, superiores até mesmo aos valores do modelo "M1-SR" (Sem Refletor). Isto provavelmente ocorre em função da reflexão da luz na superfície do refletor inclinado a qual adentra o ambiente interno, aumentando a parcela de luz refletida. Já nos modelos "M2-15°-IF" e "M3-45°-IF", com a face refletora voltada para fora, observa-se uma redução de cerca de até 7,5% no percentual de iluminação excessiva, com a melhor performance para o modelo "M3-45°-IF". Isto ocorre porque parte da parcela refletida na superfície inclinada para fora não consegue acessar o ambiente interno. No que se refere aos intervalos de IULN, o uso do Refletor Inclinado para Norte colabora na mitigação da iluminação excessiva, reduzindo os contrastes luminosos de forma mais eficaz do que para Sul. Entretanto, para ambas as orientações, o modelo "M3-45°-IF" (maior inclinação com a face refletora voltada para fora) teve uma performance superior aos demais modelos visto o menor percentual de iluminação excessiva.

Desta forma, o estudo confirma a capacidade que os "Refletores Inclinados com a face voltada para fora" apresentam no controle da iluminação para o ambiente interno, mitigando a iluminação excessiva e controlando desta forma o ofuscamento. É válido ressaltar que os Refletores Inclinados para Sul e para Norte foram dimensionados em função de um modelo específico para as características climáticas da cidade de Vitória—ES, sendo necessária a adaptação de novos estudos a cada caso específico. Como trabalho futuro pretende-se realizar novas investigações variando-se a inclinação do Refletor Inclinado acima da janela.

## Referências

ALVES NETTO, Ary Rodrigues. **Melhoria no desempenho lumínico e energético de edifícios com prateleiras de luz**. 2015. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2015.

ARAÚJO, Iuri Avila L.; CABÚS, Ricardo Carvalho. Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios em cânions urbanos no trópico úmido. **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, v. 9, 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR CIE 8995**: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

DADALTO, Maria Clara Friedrich; LARANJA, Andréa Coelho. Desempenho Luminoso de Refletor Inclinado em Vitória — ES. **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, v.?, 2023.

DA SILVA, Joene Saibrosa. Estratégias para luz natural: sistemas convencionais e brise-soleil como elemento de controle. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 3, p. 22-36, 2007.

FELIPPE, A. R. **Desempenho luminoso e energético de vidros de controle solar e dispositivos de sombreamento**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

LARANJA, Andréa; FASSINA, Sirana. Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: O caso do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Colatina. **SBE 16 Brazil & Portugal**, 2016.

MARDALJEVIC, John et al. Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability?. In: **Proceedings of the building simulation and optimization conference BSO12**. 2012.

PARK, Jihyun et al. Strategies to achieve optimum visual quality for maximum occupant satisfaction: Field study findings in office buildings. **Building and Environment**, v. 195, p. 107458, 2021.

VENÂNCIO, Raoni. Sombreamento com iluminação: desenvolvimento e teste de modelo paramétrico para facilitar o projeto de proteções solares. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 59-77, 2020.

ZAMBONATO, Bruna et al. Influência do afastamento e da orientação solar na disponibilidade de iluminação natural em ambiente de geometria profunda para Santa Maria, RS. **ENCAC**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2020.

ZHAO, Keming; GOU, Zhonghua. Influence of urban morphology on facade solar potential in mixed-use neighborhoods: Block prototypes and design benchmark. **Energy and Buildings**, v. 297, 2023.

### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (ISSN 2675-0392) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

**Submetido em 27/09/2024**

**Aprovado em 27/03/2025**