

LUDMILA BRUNOW ORLANDI, CAROLINE VALLANDRO COSTA, GABRIEL DE SOUSA SANTOS E ANDRÉA COELHO LARANJA

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

Ludmila Brunow Orlandi

Pós-graduação em Eficiência Energética (2024) pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) e graduação em Arquitetura e Urbanismo (2022) pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Desde 2018, integra a equipe do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP) da Ufes. Atualmente é aluna do curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGAU/Ufes), com previsão de conclusão em março de 2026.

Postgraduate degree in Energy Efficiency (2024) from the Federal Institute of Espírito Santo (Ifes) and a Bachelor's degree in Architecture and Urbanism (2022) from the Federal University of Espírito Santo (Ufes). Since 2018, has been part of the Planning and Projects Laboratory (LPP) at Ufes. Currently enrolled in the Master's program in Architecture and Urbanism at the Federal University of Espírito Santo (PPGAU/Ufes), with expected completion in March 2026.

Posgrado en Eficiencia Energética (2024) por el Instituto Federal de Espírito Santo (Ifes) y licenciatura en Arquitectura y Urbanismo (2022) por la Universidad Federal de Espírito Santo (Ufes). Desde 2018, forma parte del equipo del Laboratorio de Planeamiento y Proyectos (LPP) de la Ufes. Actualmente cursa la Maestría en Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Federal de Espírito Santo (PPGAU/Ufes), con finalización prevista para marzo de 2026.

ludmila.brunow@gmail.com

Caroline Vallandro Costa

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2015). Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (2010). Em 2024 recebeu 1º e 2º lugar, e menção honrosa, na Premiação "Boas Práticas de Ensino" do Conselho de Arquitetura e Urbanismo CAU-ES. Atua em Vitória-ES como docente nos cursos de Arquitetura e Urbanismo da FAESA e Técnico em Edificações do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES 2025). Desenvolve e orienta projetos de extensão e pesquisa em eficiência energética, bioconstrução e acessibilidade.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

Master's degree in Architecture and Urban Planning from the Federal University of Minas Gerais - UFMG (2015). Bachelor's degree in Architecture and Urban Planning from the Federal University of Espírito Santo - UFES (2010). In 2024, received 1st and 2nd place, and honorable mention, in the "Good Teaching Practices" Award from the Council of Architecture and Urbanism CAU-ES. Currently works in Vitória-ES as a faculty member in the Architecture and Urban Planning programs at FAESA and in the Building Technology program at the Federal Institute of Espírito Santo (IFES 2025). Develops and supervises extension and research projects in energy efficiency, bioclimatic construction, and accessibility.

Maestría en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Minas Gerais - UFMG (2015). Graduada en Arquitectura y Urbanismo por la Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (2010). En 2024, obtuvo el primer y segundo lugar, además de una mención honorífica, en la Premiación "Buenas Prácticas de Enseñanza" del Consejo de Arquitectura y Urbanismo CAU-ES. Ejerce en Vitória-ES como docente en los programas de Arquitectura y Urbanismo de la FAESA y en el Técnico en Edificaciones del Instituto Federal do Espírito Santo (IFES 2025). Desarrolla y dirige proyectos de extensión e investigación en eficiencia energética, bioconstrucción y accesibilidad.

vc.caroline@gmail.com

Gabriel de Sousa Santos

Arquiteto e urbanista graduado pela Faculdade Multivix (2018), com pós-graduação em Docência do Ensino Superior pelo Centro Universitário FAVENI (2024) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo (2024). Atua como professor no Centro Universitário Vale do Cricaré (UNIVC) e como arquiteto autônomo, desenvolvendo projetos residenciais, comerciais e de interiores. É pesquisador do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES), com foco em iluminação e conforto ambiental. Possui experiência em docência no ensino superior e em elaboração de projetos arquitetônicos e de arquitetura de interiores.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

Architect and urban planner, graduated from Faculdade Multivix (2018), with a postgraduate degree in Higher Education Teaching from Centro Universitário FAVENI (2024) and a master's degree in Architecture and Urbanism from the Federal University of Espírito Santo (2024). Works as a professor at Centro Universitário Vale do Cricaré (UNIVC) and as a freelance architect, developing residential, commercial, and interior design projects. Researcher at the Laboratory of Planning and Projects (LPP/UFES), focusing on lighting and environmental comfort. Experienced in higher education teaching and in the development of architectural and interior architecture projects.

Arquiteto y urbanista, graduado por la Faculdade Multivix (2018), con posgrado en Docencia en la Educación Superior por el Centro Universitário FAVENI (2024) y maestría en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Espírito Santo (2024). Se desempeña como profesor en el Centro Universitario Vale do Cricaré (UNIVC) y como arquitecto autónomo, desarrollando proyectos residenciales, comerciales y de diseño de interiores. Investigador en el Laboratorio de Planificación y Proyectos (LPP/UFES), con enfoque en iluminación y confort ambiental. Posee experiencia en docencia universitaria y en la elaboración de proyectos arquitectónicos y de arquitectura de interiores.

gabrieleduardoss@hotmail.com

Andréa Coelho Laranja

Possui graduação 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). Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Federal do Espírito Santo no Curso de Arquitetura e Urbanismo. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Conforto Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: eficiência energética, arquitetura bioclimática, iluminação natural e ergonomia.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

Architect and Urbanist by the Federal University of Espírito Santo (1995), Master's degree in Architecture by the Federal University of Rio de Janeiro (2000) and Ph.D. in Architecture by the Federal University of Rio de Janeiro (2010). Currently, she is Adjunct Professor at the Federal University of Espírito Santo in the Architecture and Urbanism course. Has experience in Architecture and Urbanism, with emphasis on Environmental Comfort, working mainly on the following topics: energy efficiency, bioclimatic architecture, daylighting and ergonomics.

Es licenciada en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Espírito Santo (1995), Máster en Arquitectura por la Universidad Federal de Río de Janeiro (2000) y Doctora en Ciencias de la Arquitectura por la Universidad Federal de Río de Janeiro (2010). Actualmente es Profesora Adjunta en la Universidad Federal de Espírito Santo en el programa de Arquitectura y Urbanismo. Tiene experiencia en el campo de la Arquitectura y Urbanismo, con énfasis en Confort Ambiental, trabajando principalmente en los siguientes temas: eficiencia energética, arquitectura bioclimática, iluminación natural y ergonomía.

andrea.laranja@ufes.br

Resumo

Em localidades de clima tropical quente e úmido é necessário proteger as aberturas zenitais horizontais da incidência de radiação solar direta por intermédio de adequados elementos de sombreamento. O objetivo deste artigo é analisar a iluminação natural por abertura zenital horizontal, associada a muxarabi em ambiente laboral, em Vitória-ES. O ambiente simulado possui 4,80m x 9,80m x 10,0m, respectivamente, largura, comprimento e pé direito. A abertura zenital é composta de um vidro comum plano na horizontal com 3,0 m x 8,0 m respectivamente largura e comprimento. Como dispositivo de proteção solar direta, foi adotado um muxarabi, posicionado horizontalmente no ambiente exterior, a 80 cm acima da abertura zenital, modelado para além das dimensões da abertura, em uma grelha de 5,0 m x 10,0 m. Foram feitas simulações no software Tropix 8, sob o céu dinâmico de Vitória-ES entre 8h30 e 17h30, em todos os dias do ano. A malha ortogonal utilizada foi composta por 153 pontos. As simulações foram realizadas a partir de uma variação dos modelos de muxarabis no que se refere a refletância, inclinação e distância entre as aletas. As simulações foram organizadas em duas fases, totalizando 11 modelos, sendo dez modelos com muxarabi e um modelo sem muxarabi. Na 1ª fase, foram contemplados muxarabis com malhas 10x10 cm, 20x20 cm e 30x30 cm, divididos em dois grupos: Grupo 1 - muxarabis com aletas claras, na cor branca, considerando a refletância 0,8 a 90° (MX - 10, 20 ou 30 - 0,8 - 90°) e Grupo 2 - muxarabis com aletas escuras, na cor preta, considerando a refletância 0,05 a 90° (MX - 10, 20 ou 30 - 0,05 - 90°). Na 2ª fase, os muxarabis foram modelados com a mesma quantidade de aletas apenas na malha 10x10 cm e inclinados para norte e sul, sendo simulados os seguintes grupos: Grupo 3 - muxarabis com aletas claras a 45° para norte ou para sul (MX - 10 - 0,8 - 45° - N ou S) e Grupo 4 - muxarabis com aletas escuras a 45° para norte ou para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - N ou S). Os muxarabis que apresentam melhor desempenho em relação ao aumento da iluminância suficiente ($300\text{lx} \leq E \leq 3000\text{lx}$) e redução da iluminância excessiva ($E \geq 3000\text{lx}$) são os com malha 10x10 cm; ao analisar a refletância 0,05 (preto) obteve-se ainda melhor resultado; por fim, ao inclinar as aletas dos muxarabis inclinados a 45° para norte ou sul, constatou-se desempenho ainda melhor quanto ao muxarabi inclinado a 45° para sul. Deste modo, o modelo do Grupo 4 com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) obteve o melhor desempenho reduzindo a iluminância excessiva ($E \geq 3000\text{lx}$) em 50% do ano.

Palavras-chave: Iluminação natural. Abertura zenital. Muxarabi. Simulação computacional. Espaço laboral.

Abstract

In locations with a hot and humid tropical climate, it is necessary to protect horizontal zenithal pass-through from direct solar radiation by using appropriate shading elements. The objective of this article is to analyze daylighting from a zenithal pass-through, combined with a mashrabiya, in a workplace environment in Vitória, ES. The simulated environment has dimensions of 4.80 m x 9.80 m x 10.0 m (width, length, and height, respectively). The zenithal pass-through consists of a flat glass pane measuring 3.0 m x 8.0 m (width and length). As a direct solar protection device, the mashrabiya was installed horizontally outside, positioned 80 cm above the zenithal pass-through, covering an area larger than the opening in a grid of 5.0 m x 10.0 m. The simulations were conducted using the Tropix 8 software, considering the dynamic sky of Vitória, Brazil, from 8:30 am and 5:30 pm, every day of the year. The orthogonal mesh used was composed of 153 points. The simulations were based on variations of the mashrabiya models in terms of reflectance, slat tilt, and distance between slats. These simulations were organized into two phases, totaling 11 models: ten models with mashrabiya and one model without mashrabiya. In the first phase, mashrabiya with mesh sizes of 10x10 cm, 20x20 cm, and 30x30 cm were considered, divided into two groups: Group 1 - mashrabiya with light-colored slats (white) and a reflectance of 0.8 at 90° (MX - 10, 20, or 30 - 0.8 - 90°) and Group 2 - mashrabiya with dark-colored slats (black) and a reflectance of 0.05 at 90° (MX - 10, 20, or 30 - 0.05 - 90°). In the second phase, the mashrabiya were modeled with the same number of slats, using only the 10x10 cm mesh and tilted to the north and south, resulting in the following groups: Group 3 - mashrabiya with light-colored slats tilted 45° to the north or south (MX - 10 - 0.8 - 45° - N or S) and Group 4 - mashrabiya with dark-colored slats tilted 45° to the north or south (MX - 10 - 0.05 - 45° - N or S). The mashrabiya that performed best in terms of increasing sufficient illuminance ($300 \text{ lx} \leq E \leq 3000 \text{ lx}$) and reducing excessive illuminance ($E \geq 3000 \text{ lx}$) were those with a 10x10 cm mesh; when analyzing the reflectance of 0.05 (black), even better results were achieved. Finally, tilting the slats of mashrabiya to 45° either to the north or south showed even better performance, with the best results observed for the mashrabiya tilted 45° to the south. Thus, the model from Group 4 with a 10x10 cm dark-colored mesh tilted south (MX - 10 - 0.05 - 45° - S) achieved the best performance, reducing excessive illuminance ($E \geq 3000 \text{ lx}$) for 50% of the year.

Keywords: Daylighting. Zenithal pass-through. Mashrabiya. Computer simulation. Work environment.

Resumen

En localidades con clima tropical cálido y húmedo es necesario proteger las aberturas cenitales horizontales de la incidencia de la radiación solar directa mediante adecuados elementos de sombreado. El objetivo de este artículo es analizar la iluminación natural a través de una abertura cenital horizontal, asociada a un muxarabi en un ambiente laboral, en Vitória-ES (Brasil). El ambiente simulado tiene dimensiones de 4,80 m x 9,80 m x 10,0 m, correspondientes a ancho, largo y altura libre, respectivamente. La abertura cenital está compuesta por un vidrio plano común en posición horizontal, con 3,0 m x 8,0 m de ancho y largo, respectivamente. Como dispositivo de protección solar directa se adoptó un muxarabi, posicionado horizontalmente en el ambiente exterior, a 80 cm por encima de la abertura cenital, modelado con dimensiones superiores a la abertura, en una rejilla de 5,0 m x 10,0 m. Se realizaron simulaciones en el software Tropix 8, bajo el cielo dinámico de Vitória-ES entre las 8:30 y las 17:30 horas, durante todos los días del año. La malla ortogonal utilizada estuvo compuesta por 153 puntos. Las simulaciones se realizaron a partir de la variación de los modelos de muxarabis en lo que respecta a la reflectancia, inclinación y distancia entre las lamas. Las simulaciones se organizaron en dos fases, totalizando 11 modelos, siendo diez con muxarabi y uno sin muxarabi. En la 1ª fase, se evaluaron muxarabis con mallas de 10x10 cm, 20x20 cm y 30x30 cm, divididos en dos grupos: Grupo 1 – muxarabis con lamas claras, en color blanco, considerando una reflectancia de 0,8 a 90° (MX - 10, 20 o 30 - 0,8 - 90°) y Grupo 2 – muxarabis con lamas oscuras, en color negro, con una reflectancia de 0,05 a 90° (MX - 10, 20 o 30 - 0,05 - 90°). En la 2ª fase, los muxarabis se modelaron con la misma cantidad de lamas, solo con malla de 10x10 cm, e inclinadas hacia el norte y hacia el sur, siendo simulados los siguientes grupos: Grupo 3 – muxarabis con lamas claras a 45° hacia el norte o hacia el sur (MX - 10 - 0,8 - 45° - N o S) y Grupo 4 – muxarabis con lamas oscuras a 45° hacia el norte o hacia el sur (MX - 10 - 0,05 - 45° - N o S). Los muxarabis que presentan mejor desempeño en relación con el aumento de la iluminancia suficiente ($300 \text{ lx} \leq E \leq 3000 \text{ lx}$) y la reducción de la iluminancia excesiva ($E \geq 3000 \text{ lx}$) son los de malla 10x10 cm; al analizar la reflectancia 0,05 (negro) se obtuvieron aún mejores resultados; por último, al inclinar las lamas de los muxarabis a 45° hacia el norte o hacia el sur, se constató un desempeño aún mejor en el muxarabi inclinado a 45° hacia el sur. De este modo, el modelo del Grupo 4, con malla 10x10 cm, color oscuro, inclinado hacia el sur (MX - 10 - 0,05 - 45° - S), obtuvo el mejor desempeño, reduciendo la iluminancia excesiva ($E \geq 3000 \text{ lx}$) en un 50% del año.

Palabras clave: Transatlantic Transfers. Atlas. Multidisciplinarity. Mapping. Enfoque integrado.

Introdução

O benefício do contato com a iluminação natural já tem sido vastamente pesquisado pela comunidade científica, especialmente no que se refere ao ciclo circadiano (Berson; Duun; Takao, 2002; Freitas; Laranja, 2021). Sabe-se que esse tipo de iluminação pode gerar benefícios psicológicos e fisiológicos, tais como a percepção do ciclo diurno, sensação de vitalidade, entre outros. Hellinga e Hordijk (2014) apontam que a luz solar pode mitigar o estresse dos ocupantes, já que o corpo humano é ajustado biologicamente conforme a percepção da luz dinâmica, influenciando o ritmo circadiano. Freitas (2023) analisando espaços hospitalares ressalta a necessidade de os pacientes receberem tratamentos com uma experiência de percepção do ciclo natural de 24 horas do dia para a sincronização circadiana. Boubekri et al. (2020) acrescentam o impacto positivo na qualidade do sono e na função cognitiva de trabalhadores de escritórios a partir da exposição à luz solar. Já Bellia, Pedace e Barbato (2014) completam citando os benefícios psicológicos da luz natural, já que o conforto visual é fator que influencia a eficiência das práticas laborais.

As variações do ambiente permitidas pela entrada de luz natural são também uma ferramenta de design para melhoria de aspectos estéticos, pela diversidade e dinâmica das vistas (Hourani; Hammad, 2012). Toledo e Cardenas (2016) apontam que a incidência de luz natural no ambiente laboral irá alterar de forma dinâmica as cores, a posição e a trajetória de sombras, contribuindo para o maior dinamismo das percepções e atividades ali desempenhadas. Sbar et al. (2012) afirmam ainda que janelas eletrocromáticas dinâmicas, capazes de modular a energia solar que entra em um edifício a partir de sua mudança de cor ou opacidade, são fundamentais em edifícios de escritórios, pois ao preservarem a visão externa, aumentam o conforto e a produtividade dos trabalhadores.

Além disso, o aproveitamento da luz diurna é estratégico para redução do consumo energético com iluminação artificial (Altomonte, 2008; Alrubaih et al., 2013; Baloch et al., 2021). Em pesquisa realizada em edifícios de escritórios comerciais nos Estados Unidos, Kyle Konis (2013) afirma que devido ao benefício da iluminação natural em reduzir o consumo de energia, e melhorar a Qualidade Ambiental Interna (QAI), o aproveitamento da luz diurna é um dos esforços mais comuns na busca por ambientes mais “sustentáveis”, “energeticamente eficientes”, “verdes” ou de “alto desempenho”. Vettorazzi et al. (2024) alertam, porém, da necessidade da utilização adequada dos dispositivos de sombreamento, como cobogós, brises e muxarabis, que são eficazes no controle da radiação solar e iluminação excessiva, além de permitirem a visibilidade externa e contribuírem com a privacidade dos espaços.

Neste sentido, muitos espaços em função da impossibilidade da abertura lateral, disponibilizam apenas aberturas zenitais, o que pode, para muitos climas, acarretar a excessiva radiação solar direta. Assim, adequados sistemas de proteção solar conjugados com as aberturas zenitais podem colaborar na redução da incidência de radiação solar direta (Martau, 2009). A NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que regulamenta a iluminação dos ambientes laborais, sugere a utilização de sistemas de anteparos contra o excesso de iluminação e fortes contrastes no campo de visão, os quais podem prejudicar a visualização dos objetos. Em conformidade com o exposto, esta pesquisa tem como objetivo analisar a iluminação natural, por abertura zenital, associada a muxarabi em ambiente laboral, em Vitória-ES.

Metodologia

A metodologia adotada utilizou simulações computacionais, sendo dividida em duas fases a seguir detalhadas: 1. Caracterização do ambiente de estudo; 2. Configuração do modelo no software Tropix 8 (Cabús et al., 2020).

Caracterização do ambiente de estudo

Esta pesquisa utiliza um modelo-base de uma recepção de consultório localizado em ambiente comercial de shopping center em Vitória-ES (latitude 20°19'10"S), localidade de clima tropical úmido. O modelo simulado possui as seguintes dimensões internas: 4,80 m x 9,80 m x 10,0 m, respectivamente, largura, comprimento e pé direito, conforme Figura [1]. A abertura zenital é composta por um vidro comum plano na horizontal com 3,0m x 8,0m respectivamente largura e comprimento, centralizada no ambiente. Como dispositivo de proteção solar direta, foi adotado um muxarabi, posicionado horizontalmente no ambiente exterior, a 80 cm acima da abertura zenital envidraçada, dimensionado além das medidas da abertura para maior bloqueio solar, em uma grelha de 5,0 m x 10,0 m, paralela às dimensões totais do ambiente. Os modelos de muxarabis adotados possuem aletas baseadas em modelos do mercado, as quais possuem dimensões de 7,0 cm x 2,0 cm, respectivamente altura e espessura. [FIGURA 1].

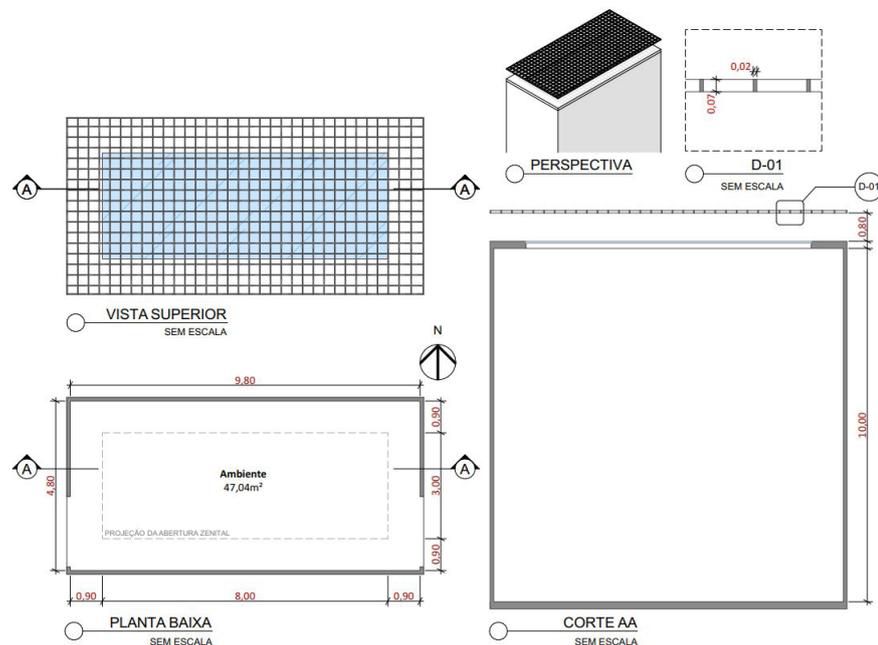


FIGURA 1 – Desenhos esquemáticos do ambiente e detalhe do muxarabi.

Fonte: os autores, 2023.

Quanto às refletâncias das superfícies internas e externas, foram adotados valores indicados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), sendo: 0,5 para o piso; 0,8 para as paredes; 0,8 para o teto; 0,8 para os muxarabis claros (branco) e 0,05 para os muxarabis escuros (preto).

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

Foram realizadas duas fases de simulações, totalizando 11 modelos, sendo dez modelos com muxarabi e um modelo sem muxarabi [FIGURA 2]. Deste modo, a 1ª fase contempla muxarabis com malhas 10x10 cm, 20x20 cm e 30x30 cm, sendo: Grupo 1 - muxarabis com aletas claras, na cor branca, considerando a refletância 0,8 a 90° (MX - 10, 20 ou 30 - 0,8 - 90°) e Grupo 2 - muxarabis com aletas escuras, na cor preta, considerando a refletância 0,05 a 90° (MX - 10, 20 ou 30 - 0,05 - 90°). [FIGURA 3]

Na 2ª fase, após análise dos resultados da 1ª fase, optou-se por inclinar, em função de um eixo horizontal, as aletas dos modelos de muxarabis com malha 10x10 cm, mantendo a mesma quantidade de aletas, ver Figura [2], sendo simulados: Grupo 3 - muxarabis com aletas claras a 45° para norte (MX - 10 - 0,8 - 45° - N) e para sul (MX - 10 - 0,8 - 45° - S) e Grupo 4 - muxarabis com aletas escuras a 45° para norte (MX - 10 - 0,05 - 45° - N) e para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S). A adoção da inclinação para norte e para sul diz respeito à investigação da máxima e mínima entrada da radiação solar em função da trajetória solar da localidade onde se insere o modelo. A Figura [3] apresenta o acesso da radiação solar a partir do modelo dos muxarabis.

1ª FASE		2ª FASE	
GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
MX - 10 - 0,8 - 90°	MX - 10 - 0,05 - 90°	MX - 10 - 0,8 - 45° - N	MX - 10 - 0,05 - 45° - N
MUXARABI MALHA 10x10cm COR CLARA E ALETAS A 90°.	MUXARABI MALHA 10x10cm COR ESCURA E ALETAS A 90°.	MUXARABI MALHA 10x10cm COR CLARA E ALETAS INCLINADAS A 45° PARA NORTE.	MUXARABI MALHA 10x10cm COR ESCURA E ALETAS INCLINADAS A 45° PARA NORTE.
MX - 20 - 0,8 - 90°	MX - 20 - 0,05 - 90°	MX - 10 - 0,8 - 45° - S	MX - 10 - 0,05 - 45° - S
MUXARABI MALHA 20x20cm COR CLARA E ALETAS A 90°.	MUXARABI MALHA 20x20cm COR ESCURA E ALETAS A 90°.	MUXARABI MALHA 10x10cm COR CLARA E ALETAS INCLINADAS A 45° PARA SUL.	MUXARABI MALHA 10x10cm COR ESCURA E ALETAS INCLINADAS A 45° PARA SUL.
MX - 30 - 0,8 - 90°	MX - 30 - 0,05 - 90°		
MUXARABI MALHA 30x30cm COR CLARA E ALETAS A 90°.	MUXARABI MALHA 30x30cm COR ESCURA E ALETAS A 90°.		

FIGURA 2 – Modelos de muxarabis simulados.

Fonte: os autores, 2023.

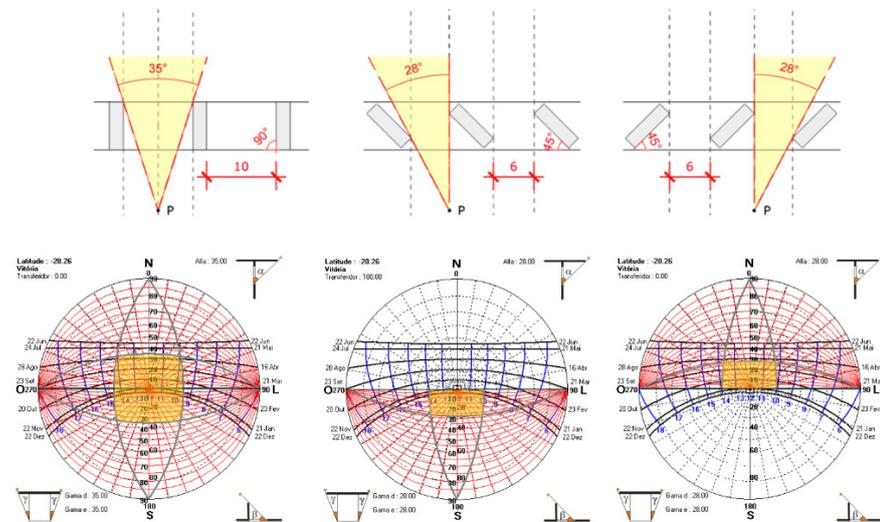


FIGURA 3 – Carta solar de Vitória-ES com aletas a 90° (à esquerda), a 45° inclinadas para sul (ao centro) e a 45° inclinadas para norte (à direita).

Fonte: os autores, 2024.

Configuração do modelo no software Troplux 8

Na simulação foi utilizado o programa Troplux 8 (Cabús et al., 2020), sendo adotado o céu dinâmico de Vitória-ES. A malha ortogonal utilizada é composta por 153 pontos, prevista pela IES LM-83-12 (Illuminating..., 2012), com altura do plano de medição a 75cm do piso, referente ao plano de trabalho. As simulações ocorreram para o intervalo do dia compreendido entre 8h30 e 17h30, em todos os dias do ano.

As análises lumínicas se utilizaram das métricas: Iluminância Útil de Luz Natural - IULN, proposta por Nabil e Mardaljevic (2005), Autonomia de Luz Natural - ALN, desenvolvida por Association Suisse Des Electriciens (1989), por fim, foram também realizadas análises por intermédio de curvas isolux. A IULN expressa a porcentagem de horas em um ano em que a iluminância do ambiente avaliado permanece em cada uma das faixas, proporcionando conforto ou desconforto visual (por ofuscamento ou iluminação insuficiente). Para a IULN, admitiram-se os intervalos: $E \leq 100lx$ (iluminância insuficiente); $100lx \leq E \leq 300lx$ (iluminância suficiente com necessidade de iluminação complementar); $300lx \leq E \leq 3000lx$ (iluminância suficiente); $E \geq 3000lx$ (iluminância excessiva). O valor mínimo de ALN adotado corresponde a 500lx, conforme a iluminância mínima necessária em ambientes de trabalho do tipo escritório indicados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Por fim, as curvas isolux permitem observar a distribuição espacial da iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) nos modelos propostos sobre a superfície de trabalho nos períodos de inverno (21 de junho a 23 de setembro) e verão (21 de dezembro a 21 de março). Estas curvas são distribuídas espacialmente em intervalos de 0:100 para padronização da legenda dos gradientes, que vão do amarelo claro (menor intensidade) ao vermelho escuro (maior intensidade). A seguir apresenta-se um fluxograma com detalhamento das fases simuladas [FIGURA 4].

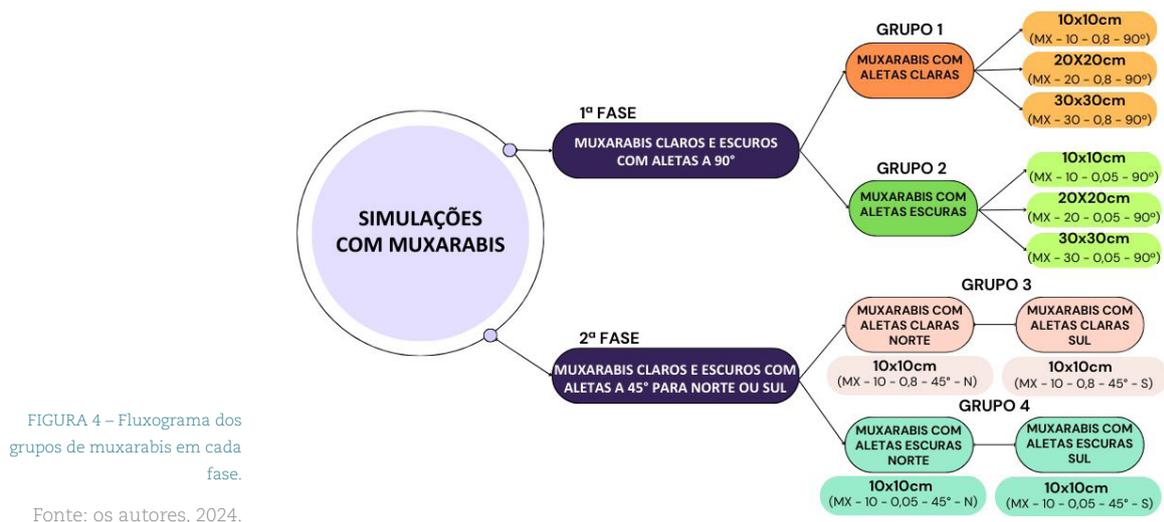


FIGURA 4 – Fluxograma dos grupos de muxarabis em cada fase.

Fonte: os autores, 2024.

Resultados e discussões

Seguem os resultados das simulações para o ambiente em estudo considerando a comparação entre os 11 modelos propostos, divididos em quatro grupos (1, 2, 3 e 4), com vistas a identificar os modelos que apresentaram os melhores desempenhos, em diferentes períodos do ano, a partir dos percentuais de IULN, ALN e curvas isolux.

Iluminância Útil de Luz Natural (IULN)

A Figura [5] apresenta respectivamente os percentuais anuais e mensais dos intervalos da IULN para os modelos da primeira fase, Grupo 1 (MX - 10, 20 ou 30 - 0,8 - 90°) e Grupo 2 (MX - 10, 20 ou 30 - 0,05 - 90°). No que se refere à análise do Grupo 1, na Figura [5A] é possível observar uma redução significativa nos percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) anuais com o uso dos muxarabis. O modelo com malha 10x10 cm cor clara (MX - 10 - 0,8 - 90°) apresentou o melhor resultado com decaimento que chega a cerca de 30% na iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em relação ao modelo sem muxarabi (MX - AUS) em função do bloqueio da radiação solar direta. Na Figura [5B], analisando a iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) mês a mês, observa-se que os modelos com muxarabi apresentam resultados positivos, no qual o modelo com malha 10x10 cm cor clara (MX - 10 - 0,8 - 90°) apresenta os menores percentuais de iluminância excessiva, mitigando em até cerca de 40% a iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em quase todos os meses do ano com relação ao modelo sem muxarabi (MX - AUS), de pior desempenho.

Em relação a iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) os modelos com muxarabi apresentam os maiores percentuais, no qual o modelo com malha 10x10 cm cor clara (MX - 10 - 0,8 - 90°) apresentam percentuais que chegam a 60%. Vale ressaltar que este modelo mantém uma iluminação cerca de 20% superior ao modelo com malha 30x30 cm cor clara (MX - 30 - 0,8 - 90°), podendo-se afirmar desta forma que a redução da malha dos muxarabis proporciona um melhor desempenho lumínico ao ambiente interno.

Quanto a faixa insuficiente ($E \leq 100$) observa-se que há uma variação insignificante nos modelos com muxarabi, no qual para o modelo 10x10 cm cor clara (MX - 10 - 0,8 - 90°) chega a ser inexistente. Isso provavelmente é decorrente das inúmeras reflexões da luz em função da proximidade das aletas e das paredes do ambiente.

No que se refere à análise do Grupo 2, na Figura [5C] é possível observar também uma redução significativa nos percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) anuais com o uso do muxarabi. O modelo com malha 10x10 cm cor escura (MX - 10 - 0,05 - 90°) apresentou o melhor resultado em relação aos demais modelos do Grupo 2, com percentuais que não chegam a 20% de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$). Na Figura [5D], analisando a iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) mês a mês, observa-se que o modelo com malha 10x10 cm cor escura (MX - 10 - 0,05 - 90°) apresenta o melhor desempenho entre os demais modelos de muxarabis, pois possui os menores percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em todos os meses, atingindo valores próximos a zero nos meses de maio, junho e julho.

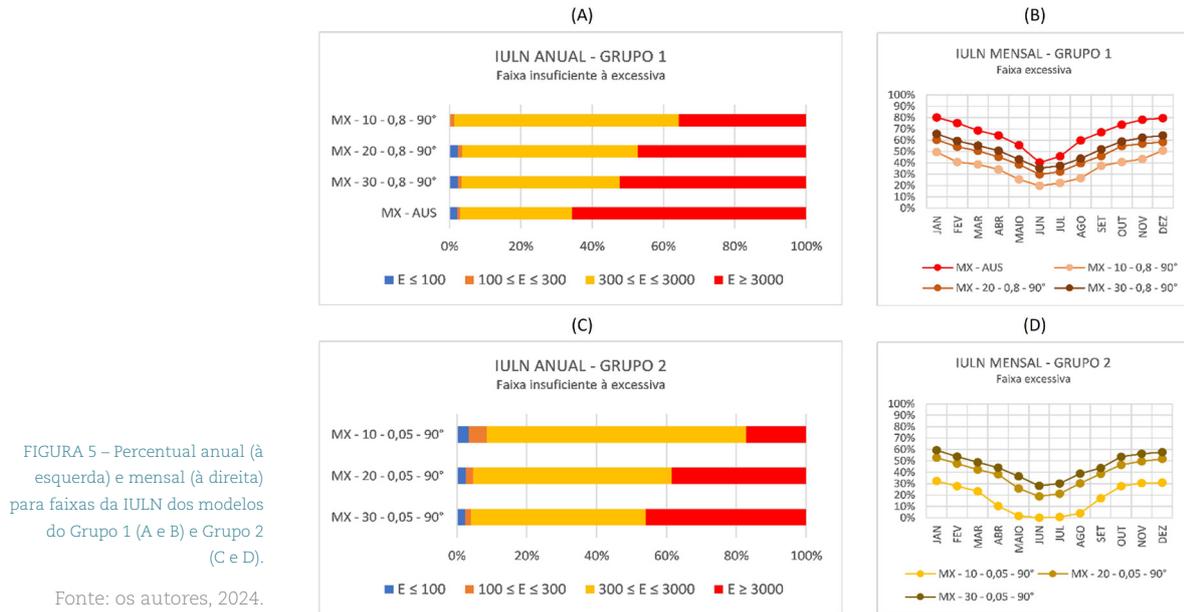
Em relação a iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) observa-se que à medida que ocorre a redução da malha dos muxarabis, ou seja, há mais aletas, o percentual de iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) aumenta, no qual o modelo com malha 10x10 cm cor escura (MX - 10 - 0,05 - 90°) apresenta o melhor desempenho com percentuais superiores a 75%. Vale ressaltar que este modelo mantém uma iluminância útil cerca de 30% superior ao modelo com malha 30x30cm cor escura (MX - 30 - 0,05 - 90°). Quanto a faixa insuficiente ($E \leq 100$) observa-se que há uma variação insignificante nos modelos com muxarabi.

Nesta primeira fase de simulação é possível concluir que os modelos com malha 10x10 cm exibem melhores resultados, no qual o modelo de cor escura (MX - 10 - 0,05 - 90°) apresentou os menores percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) e os maiores percentuais de iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) reduzindo o acesso da radiação solar direta, o contraste lumínico, além de manter a iluminação útil por mais tempo, colaborando com um melhor desempenho lumínico ao ambiente interno.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital



Tendo sido observado o melhor desempenho nos modelos de muxarabis com malha 10x10 cm cor clara (MX - 10 - 0,8 - 90°) e escura (MX - 10 - 0,05 - 90°), optou-se por investigá-los nesta segunda fase, sob nova angulação das aletas a 45° para norte ou sul, sendo esses o Grupo 3 e o Grupo 4, Figura [6]. Adotou-se a angulação de 45°, de modo a reduzir a incidência de radiação direta nas épocas de maior altura solar, mantendo-se ainda uma visão de céu.

Observa-se a seguir na Figura [6] que, a partir dos modelos com malha 10x10 cm (MX - 10) inclinados a 45°, em ambas refletâncias (0,8 e 0,05) e orientações simuladas para norte e sul (N e S), há reduções ainda mais expressivas dos percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) nas épocas de inverno (21 de junho a 23 de setembro) e verão (21 de dezembro a 21 de março).

No que se refere à análise do Grupo 3, na Figura [6A] é possível observar um desempenho melhor no modelo com malha 10x10 cm cor clara inclinado para sul (MX - 10 - 0,8 - 45° - S), com percentuais que alcançam o máximo de 20% de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) anual. Este mesmo modelo apresentou o melhor resultado com decaimento que chega a cerca de 10% na iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em relação ao modelo com malha 10x10 cor clara inclinado para norte (MX - 10 - 0,8 - 45° - N). Na Figura [6B], analisando a iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) mês a mês, observa-se que o modelo com malha 10x10 cm cor clara inclinado para sul (MX - 10 - 0,8 - 45° - S) apresenta o melhor desempenho, pois apresenta os menores percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em quase todos os meses, atingindo valores próximos a zero nos meses de maio, junho e julho.

Em relação a iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) observa-se que o modelo com malha 10x10 cm cor clara inclinado para sul (MX - 10 - 0,8 - 45° - S) apresenta cerca de 70% de iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$). Vale ressaltar que este modelo mantém uma iluminação suficiente cerca de 10% superior ao modelo com malha 10x10 cor clara inclinado para norte (MX - 10 - 0,8 - 45° - N). Portanto, pode-se afirmar que o muxarabi inclinado para sul reduz a iluminação solar direta e proporciona um melhor desempenho lumínico ao ambiente interno. Quanto a faixa insuficiente ($E \leq 100$) observa-se que há uma variação insignificante ao comparar os dois modelos, inclinado para norte ou sul.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

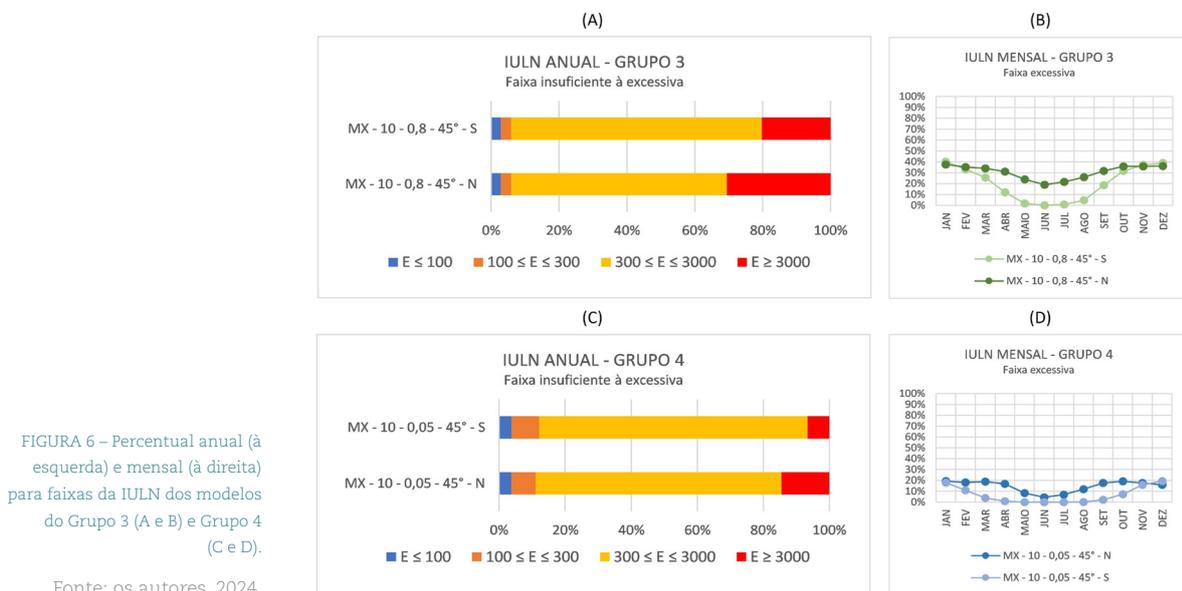
Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

No que se refere à análise do Grupo 4, na Figura [6C] é possível observar um desempenho melhor no modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S), com percentuais que chegam a apenas 5% de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) anual. Este mesmo modelo apresentou o melhor resultado com decaimento que chega a cerca 10% na iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em relação ao modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para norte (MX - 10 - 0,05 - 45° - N). Na Figura [6D], analisando a iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) mês a mês, observa-se que o modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) exibe o melhor desempenho, pois apresenta os menores percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em quase todos os meses, atingindo valores próximos a zero nos meses de abril a setembro, ou seja, em 50% dos meses.

Em relação a iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) observa-se que o modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) apresenta cerca de 80% de iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$). Vale ressaltar que este modelo mantém uma iluminação suficiente cerca de 10% superior ao modelo com malha 10x10 cor escura inclinado para norte (MX - 10 - 0,05 - 45° - N). Quanto a faixa insuficiente ($E \leq 100$) observa-se que há uma variação insignificante ao comparar os dois modelos, inclinado para norte ou sul.

Nesta segunda fase de simulação é possível concluir que os modelos inclinados para sul representam melhores resultados, sendo que o modelo de cor escura (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) apresentou menor percentual de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) e maior percentual de iluminância suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$), provavelmente pelo fato de o menor coeficiente de reflexão absorver parte da radiação solar. Assim há a redução do acesso da radiação solar direta e do contraste lumínico, além de iluminação útil por mais tempo, colaborando com um melhor desempenho lumínico ao ambiente interno.



Conclui-se que para todos os modelos analisados, o que apresenta o melhor desempenho em relação a malha, são os muxarabis que possuem a maior quantidade de aletas, ou seja, malha 10x10 cm (MX - 10). Já na segunda fase, foi possível concluir que ao inclinar as aletas para norte ou sul potencializa-se o desempenho dos muxarabis com malha 10x10 cm, tendo o melhor desempenho os muxarabis inclinados a 45° para Sul.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

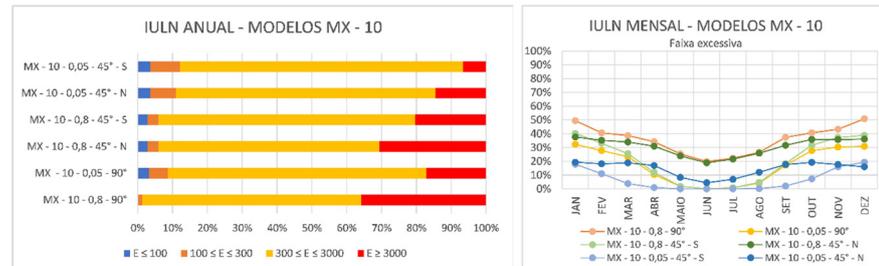
Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

Na primeira fase das simulações também foi observado um melhor desempenho dos muxarabis com refletância 0,05, o que foi ratificado na segunda fase. Por fim, considerando todos os modelos simulados nas duas fases, foi o modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) que obteve o melhor desempenho, reduzindo a iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) em 50% do ano. Na Figura [7] observa-se a síntese dos resultados referentes aos modelos com malha 10x10 cm (MX - 10).

FIGURA 7 – Percentual anual (à esquerda) e mensal (à direita) para faixas da IULN de todos os modelos com malha 10x10 cm (MX - 10).

Fonte: os autores, 2024.



Autonomia de Luz Natural (ALN)

As análises de ALN permitem observar que todos os modelos propostos atendem ao mínimo de 500lx segundo a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Como já era previsto há um decaimento da iluminância apenas nos períodos de menor altura solar (início da manhã ou final da tarde) sendo ele mais expressivo para o modelo com malha 10x10 cm cor clara (MX - 10 - 0,8 - 90°). Isso provavelmente ocorre em função da maior proximidade das aletas neste modelo, consequentemente com menor ângulo de visão do céu, o que reduz de forma mais expressiva a entrada da radiação solar direta. Desta forma constatou-se que, para todos os modelos, em cerca de 45 das horas analisadas há disponibilidade de iluminação natural no nível mínimo sugerido pela norma. Porém todos os modelos apresentaram percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) no qual os modelos com malha 10x10 cm apresentaram os menores percentuais, com destaque para o modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S).

Curvas Isolux

Na análise das curvas isolux é possível observar na Figura [8], no que se refere aos modelos com aletas a 90°, Grupo 1 e Grupo 2, que os menores percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) são observados no modelo com malha 10x10 cm cor escura (MX - 10 - 0,05 - 90°). Isto pode ser explicado pelo menor coeficiente de reflexão (0,05) conjugado a menor dimensão da malha (10x10 cm), gerando menores contrastes lumínicos.

A Figura [9] apresenta os modelos com aletas inclinadas, Grupo 3 e Grupo 4, no qual o modelo com malha 10x10 cm cor escura com aletas inclinadas para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) são observados os menores percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$). Este fato é provavelmente decorrente do maior bloqueio da radiação solar direta, bem como da mitigação da parcela refletida em função do menor coeficiente de reflexão. Aponta-se ainda que em mais de 80% da área do ambiente não há presença de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) no período de inverno para este modelo.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

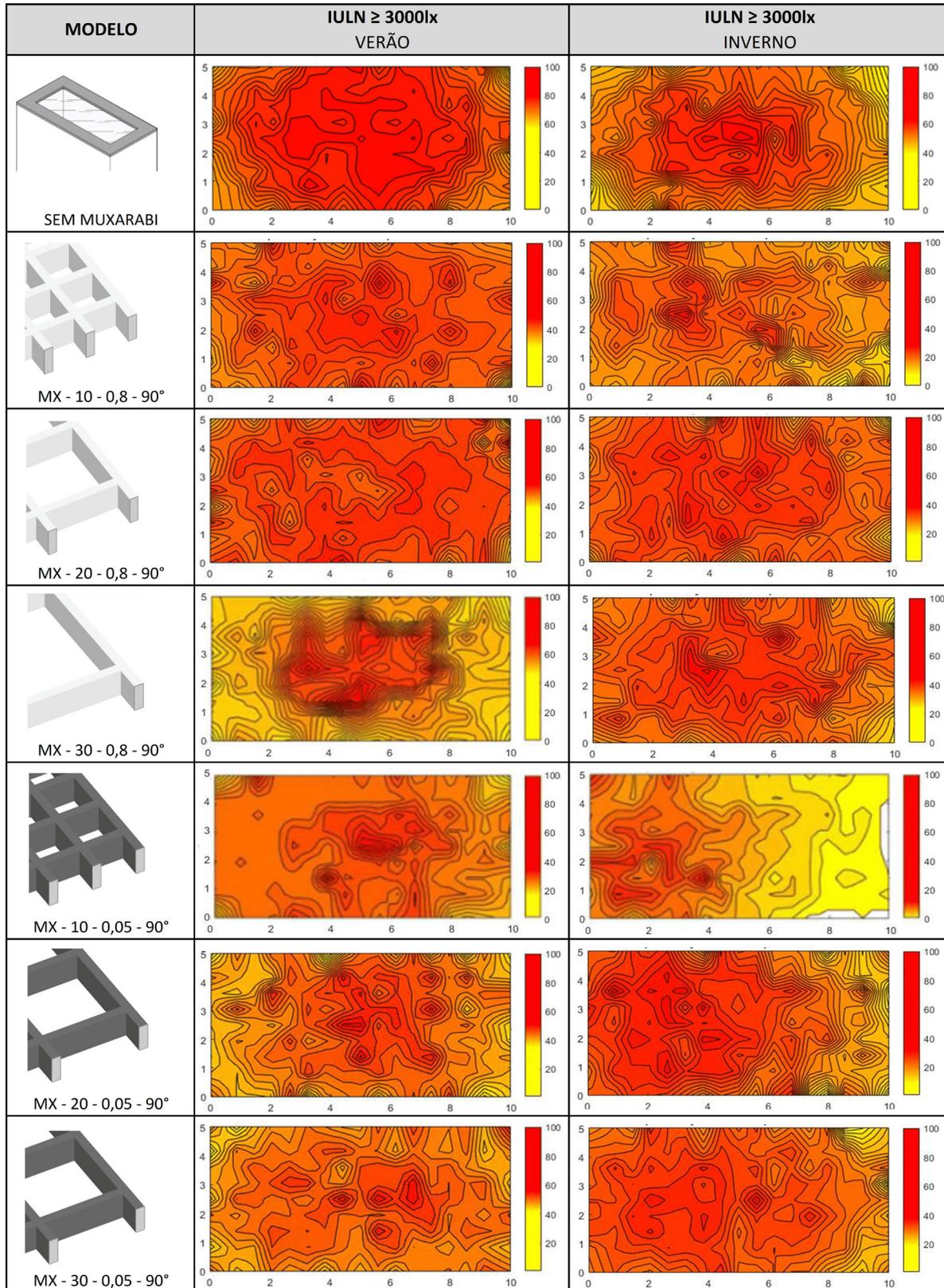


FIGURA 8 – Curvas Isolux IULN \geq 3000lx, no verão e no inverno, sem muxarabi e com muxarabi cor clara (refletância 0,8) e cor escura (refletância 0,05) e aletas a 90°, Grupo 1 e Grupo 2.

Fonte: os autores, 2024.

Iluminação natural a partir de muxarabi em abertura zenital

Daylighting from mashrabiya in zenithal pass-through

Iluminación natural a través de mashrabiya en abertura cenital

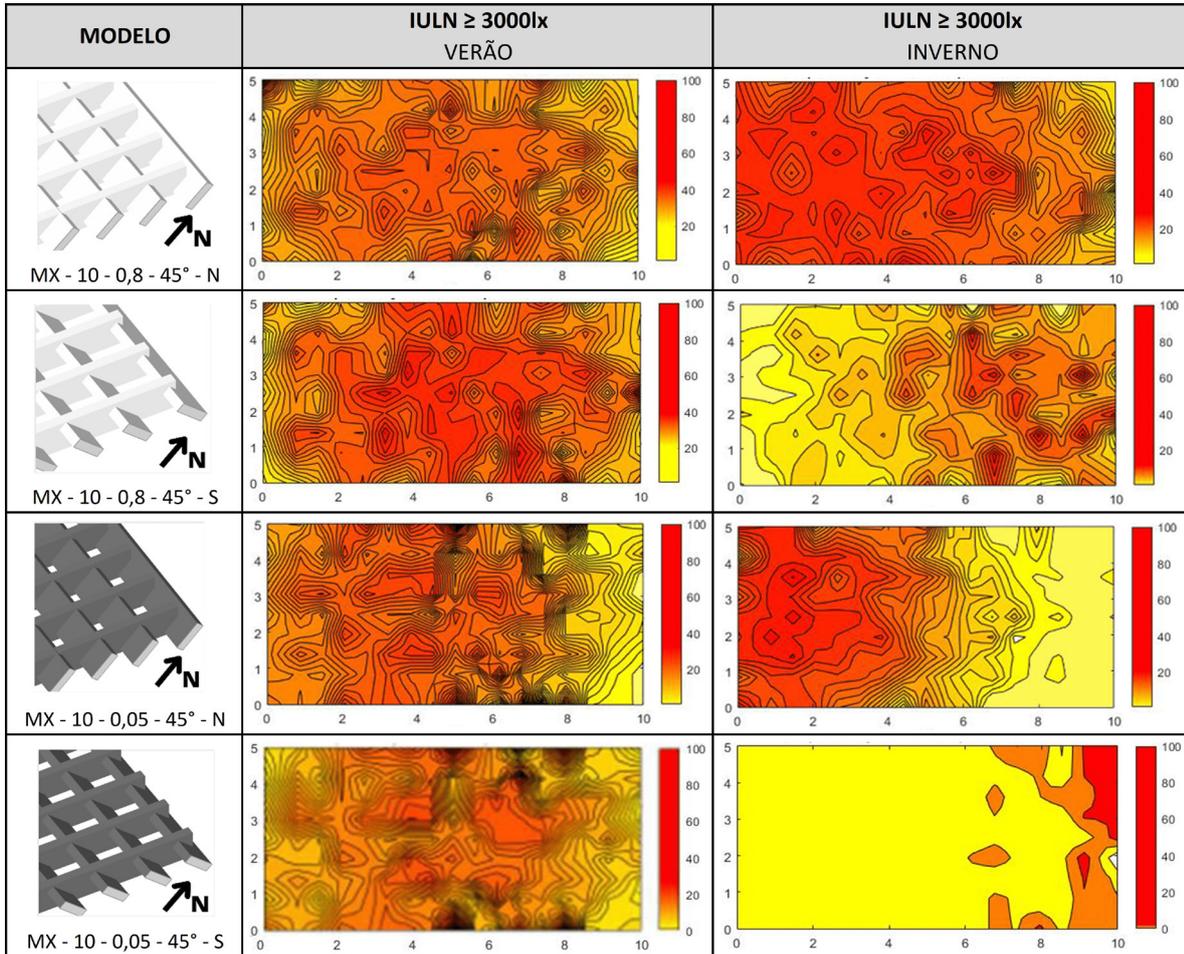


FIGURA 9 – Curvas Isolux IULN $\geq 3000lx$, no verão e no inverno, com muxarabi cor clara (refletância 0,8) e cor escura (refletância 0,05) e aletas a 45°, Grupo 3 e Grupo 4.

Fonte: os autores, 2024.

FIGURA 10 – Síntese dos modelos com seu respectivo desempenho nas métricas analisadas.

Fonte: os autores, 2024.

Na Figura [10] a síntese da relação dos modelos e seu desempenho nas métricas analisadas.

MODELO		IULN		ALN 500lx	CURVAS ISOLUX	
		$300 \leq E \leq 3000lx$	$E \geq 3000lx$			
1ª FASE	GRUPO 1	MX - AUS	X	X	✓✓	X
		MX - 10 - 0,8 - 90°	✓✓	✓	✓✓	✓
		MX - 20 - 0,8 - 90°	✓	X	✓✓	X
	GRUPO 2	MX - 30 - 0,8 - 90°	X	X	✓✓	✓
		MX - 10 - 0,05 - 90°	✓✓	✓	✓✓	✓✓
		MX - 20 - 0,05 - 90°	✓	X	✓✓	X
2ª FASE	GRUPO 3	MX - 30 - 0,05 - 90°	X	X	✓✓	X
		MX - 10 - 0,8 - 45° - N	✓✓	✓	✓✓	✓
	GRUPO 4	MX - 10 - 0,8 - 45° - S	✓✓	✓	✓✓	✓
		MX - 10 - 0,05 - 45° - N	✓✓	✓	✓✓	✓
		MX - 10 - 0,05 - 45° - S	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓

LEGENDA	
✓✓	DESEMPENHO MUITO BOM
✓	DESEMPENHO SATISFATÓRIO
X	DESEMPENHO RUIM

Considerações finais

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a iluminação natural, por abertura zenital, associada a muxarabi em ambiente laboral, em Vitória-ES. O modelo-base trata-se de uma recepção de consultório localizada em shopping center. A partir do modelo-base foram criados 11 modelos para as simulações computacionais, sendo dez modelos com muxarabi e um modelo sem muxarabi.

No que se refere à IULN observa-se uma redução significativa nos percentuais de iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$) com uso dos muxarabis, onde o modelo com malha 10x10 cm apresentou menores percentuais tanto na refletância 0,8 (claro) como na 0,05 (escuro), com decaimento significativos da faixa excessiva ($E \geq 3000lx$) e aumento da faixa suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) em relação aos demais modelos. Na segunda fase, ao inclinar as aletas dos muxarabis para norte ou Sul, o melhor resultado para redução da faixa excessiva ($E \geq 3000lx$) e ampliação da faixa útil suficiente ($300lx \leq E \leq 3000lx$) se deu para o modelo do Grupo 4 com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S).

Quanto à ALN é possível afirmar que todos os modelos propostos atendem ao mínimo de 500lx segundo a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) em cerca de 45 das horas analisadas, porém o modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) apresenta o melhor desempenho por reduzir de forma mais significativa a iluminância excessiva ($E \geq 3000lx$).

As curvas isolux apontam que dentre os modelos com aletas a 90°, os melhores resultados são observados no modelo com malha 10x10 cm cor escura (MX - 10 - 0,05 - 90°). Já nos modelos com aletas inclinadas o modelo com malha 10x10 cm cor escura inclinado para sul (MX - 10 - 0,05 - 45° - S) tem melhor desempenho.

Desta forma, pode-se afirmar que as obstruções parciais por meio dos modelos de muxarabis analisados, têm potencial para colaborar na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno ao permitir também um contato maior do usuário com as variações de céu ao longo do dia, promovendo os benefícios já identificados por Martau (2009) e Vettorazzi et al. (2024). Confirma-se assim a importância de prever dispositivos de proteção solar direta mais eficazes nas aberturas zenitais em localidades de clima tropical quente e úmido que contam com incidência de radiação solar direta na maior parte do ano, especialmente nas épocas de verão.

Também, observa-se a necessidade de que normativas e regulamentos indiquem valores não apenas mínimos adequados às atividades desenvolvidas pelos usuários em ambientes de trabalho, mas também níveis máximos, de forma a evitar ofuscamento devido ao excesso de iluminação.

Os resultados, embora relacionados a uma realidade específica, foram ao encontro de outros identificados em contextos diferentes, como Martau (2009), que sugere possibilidades de frentes de pesquisa como ampliação de estudos para ambientes laborais comerciais.

Entre as limitações desta pesquisa, estão os modelos limitados de muxarabi, já que ao longo dos testes a disposição das aletas, cor e a sua inclinação demonstraram ter influência significativa no resultado final da distribuição da iluminação no ambiente, o que sugere que outras posições, cores e inclinações de aletas poderiam resultar em novas investigações.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO - CIE 8995**: Iluminação em Ambientes de Trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ALRUBAIIH, M. S.; ZAIN, M. F. M.; ALGHOUL, M. A.; IBRAHIM, N. L. N.; SHAMERI, M. A.; ELAYEB, O. Research and development on aspects of daylighting fundamentals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.I.], v.21, pp. 494-505, maio 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2012.12.057.

AL TOMONTE, Sergio. Daylight for Energy Savings and Psycho-Physiological Well-Being in Sustainable Built Environments. **Journal of Sustainable Development**, [S.I.], v. 1, n. 3, pp. 3-16, nov. 2008. DOI: 10.5539/jsd.v1n3p3.

ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS. **SN 418911: éclairage intérieur par la lumière du jour**. Zurich, 1989.

BALLOCH, Ramen Munir; MAESANO, Cara Nichole; CHRISTOFFERSEN, Jens; MANDIN, Corinne; CSOBOD, Eva; FERNANDES, Eduardo de Oliveira; ANNESI-MAESANO, Isabella. Daylight and School Performance in European Schoolchildren. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.I.], v. 18, n. 1, p. 258, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18010258.

BELLIA, Laura; PEDACE, Alessia; BARBATO, Giuseppe. Daylighting offices: A first step toward an analysis of photobiological effects for design practice purposes. **Building and Environment**, [S.I.], v. 74, pp. 54-64, 2014. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.12.021.

BERSON, David M.; DUNN, Felice A.; TAKAO, Motoharu. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. **Science**, [S.I.], v. 295, n. 5557, p. 1070-1073, jan. 2002. DOI: 10.1126/science.1067262.

BOUBEKRI, Mohamed; LEE, Jaewook; MACNAUGHTON, Piers; WOO, May; SCHUYLER, Lauren; TINIANOV, Brandon; SATISH, Usha. The Impact of Optimized Daylight and Views on the Sleep Duration and Cognitive Performance of Office Workers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.I.], v. 17, ed. 9, p. 3219, maio 2020. DOI: 10.3390/ijerph17093219.

CABÚS, Ricardo C.; RIBEIRO, Pedro V. S.; BASTOS, Orestes M. K.; SILVA, Luís F. **TropLux 8**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, Instituto Lumeeiro. BR512020002087-9. Criação: 10 set. 2019. Registro: 06 out. 2020.

FREITAS, Juliana Pimentel. **Iluminação Integrativa: análise de sala de terapia renal substitutiva**. Vitória: Ufes, 2023, 142 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2023.

FREITAS, Juliana Pimentel; LARANJA, Andréa Coelho. Efeitos da Luz natural na saúde humana: uma revisão sistemática da literatura. In. **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**. Anais [...]. [S.I.], v. 16, ed. 2021, pp. 1649-1656, out. 2021.

HELLINGA, Hester; HORDIJK, Truus. The D&V analysis method: A method for the analysis of daylight access and view quality. **Building and Environment**, [S.I.], v. 79, pp. 101-114, 2014. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.04.032.

HOURANI, May M.; HAMMAD, Rizeq N. Impact of daylight quality on architectural space dynamics: Case study: City Mall – Amman, Jordan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, pp. 3579–3585, abr. 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2012.02.074.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **LM-83-12: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)**. New York, 2012.

KONIS, Kyle. Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a side-lit open-plan office building in San Francisco, California. **Building and Environment**, [S.I.], v. 59, pp. 662–677, 2013. DOI: 10.1016/j.buildenv.2012.09.017.

MARTAU, Betina Tschiedel. **A luz além da visão: iluminação e sua influência na saúde e bem estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. Campinas**: UNICAMP, 2009. 504 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas-SP, 2009. DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2009.440980>

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. **Lighting Research & Technology**, v. 37, n. 1, pp. 41-57, mar. 2005. DOI: 10.1191/1365782805li128oa.

SBAR, Neil L.; POBDELSKI, Lod; YANG, Hong Mo; PEASE, Brad. Electrochromic dynamic windows for office buildings. **International Journal of Sustainable Built Environment**, [S.I.], v. 1, n. 1, pp. 125–139, jun. 2012. DOI: 10.1016/j.ijbsbe.2012.09.001.

TOLEDO, Gandhi Escajadillo; CARDENAS, Oscar Aníbal Fernandez. Análise dos Efeitos Visuais e Não Visuais da Iluminação Natural: Benefícios e Estratégias. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, [S.I.], v. 15, n. 2, pp. 113-129, fev. 2016.

VETTORAZZI, Egon; Rebelo, Filipe; Figueiredo, António; Vicente, Romeu; Langner, Marcelo; Feiertag, Gabriel. Expressions of Arab Influence on the Brazilian Architecture: The Case of Solar Control Elements. **Buildings**, v. 14, n.1, p. 194, 2024. DOI: 10.3390/buildings14010194

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, salvo guardado 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 24/01/2025

Aprovado em 05/05/2025