XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Desempenho luminoso de ambiente interno a partir de abertura zenital e dispositivos controladores da iluminação

Desempeño lumínico del ambiente interior a partir de una apertura cenital y dispositivos de control de la iluminación

Luminous performance of indoor environments based on zenithal openings and lighting control devices

Iluminação Natural e Artificial/ *Luz natural y artificial / Daylight and Artificial Lighting*

Farkas, Giovanna Renata Baccari

Graduanda, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, Brasil, giovanna.farkas@edu.ufes.br

Laranja, Andréa Coelho (2)

Doutora, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, Brasil, andrea.laranja@ufes.br

Resumo

Pesquisas indicam que aberturas zenitais melhoram o desempenho luminoso do ambiente. Porém, em climas tropicais úmidos, é necessário associa-las a dispositivos controladores de iluminação para mitigar a radiação solar direta. Este artigo tem como objetivo investigar o desempenho luminoso de abertura zenital associada a dispositivos controladores de iluminação natural em sala de aula. A metodologia abrange simulações no software Troplux, em quatro modelos: (1) abertura lateral-AL3; (2) abertura zenital-AZ3; (3) e (4) aberturas zenitais com dispositivos tipo grelha-G2 e G3. As simulações foram realizadas das 8h00 às 16h00, céu dinâmico de Vitória/ES, para Norte e Sul. Os parâmetros analisados foram IULN (Iluminância Útil de Luz Natural), ALN (Autonomia de Luz Natural) e Iluminância Média. Conclui-se que o AZ3 garante ¾ dos meses do ano com iluminação suficiente e que os modelos zenitais com grelhas possuem performance inferior, na qual o modelo G2, de menor grelha, é o de pior performance.

Palavras-chave: Abertura zenital. *Lightscoops*. Iluminação Natural. Grelhas.

Resumen

Las investigaciones indican que las aperturas cenitales mejoran el desempeño lumínico del ambiente. Sin embargo, en climas tropicales húmedos, es necesario combinarlas con dispositivos de control de iluminación para mitigar la radiación solar directa. Este artículo investiga el desempeño lumínico de una apertura cenital con dispositivos de control en una sala de clase. La metodología incluye simulaciones en Toplux, con cuatro modelos: (1) apertura lateral (AL3), (2) apertura cenital (AZ3), (3) y (4) aperturas cenitales con rejillas (G2 y G3). Las simulaciones se realizaron de 08:00 a 16:00, con cielo dinámico de Vitória/ES, para Norte y Sur. Se analizaron IULN (Iluminancia Útil de Luz Natural),, ALN (Autonomía de Luz Natural) e Iluminancia Media. Se concluye que AZ3 garantiza iluminación suficiente en ¾ del año, y que los modelos con rejillas tienen menor rendimiento, siendo G2 el peor.

Palabras clave: Aberturas cenitales. Dispositivos tipo "lightscoop". Luz natural. Rejillas.

Abstract

Research indicates that zenithal openings improve indoor lighting performance. However, in humid tropical climates, they need to be combined with lighting control devices to mitigate direct solar radiation. This paper investigates the lighting performance of zenithal openings combined with natural lighting control devices in classrooms. The methodology includes simulations using Troplux software, with four models: (1) lateral opening-AL3; (2) zenithal opening-AZ3; (3) and (4) zenithal openings with grid devices-G2 and G3. Simulations were conducted from 8:00 AM to 4:00 PM, with dynamic sky conditions in Vitória/ES, facing North and South. Parameters analyzed were IULN (Useful Daylight Illuminance), ALN (Daylight Autonomy), and Average Illuminance. The results show that AZ3 provides sufficient lighting for ¾ of the year, while zenithal openings with grids perform worse, with the G2 model (smaller grid) showing the poorest performance.

Keywords: Zenithal opening. Lightscoops. Daylighting. Grids.

Introdução

A iluminação natural tem um grande papel na concepção da arquitetura, na qual aberturas laterais e zenitais, se bem dimensionadas, podem contribuir na boa disponibilidade da iluminação natural no ambiente interno com melhor performance dos usuários. Pesquisas apontam benefícios psicológicos e biológicos para o ser humano (Zielinska-Dabkowska, 2018; Laranja, 2010). Emmanuel (2020) complementa citando que a luz natural que entra pelas aberturas traz benefícios para os usuários, no que se refere a prevenção e controle de infecções, inibindo a sobrevivência e transmissão de vírus e bactérias. Park *et al*. (2021) complementam ainda que ambientes sem contato com a luz natural podem reduzir a produtividade e a satisfação do usuário. Vazquez *et al.* (2022) enfatizam a influência positiva da iluminação no processo de aprendizagem. Boubekri et al. (2020) apontam pesquisas nas quais a exposição à luz natural teve impacto significativo na qualidade do sono e na cognição de trabalhadores de escritório.

Nesse sentido, aberturas zenitais são apontadas como elementos que contribuem na performance lumínica dos ambientes. Lam (1985) e Cabús (1997) apontam as vantagens dos modelos zenitais, destacando o aumento da uniformidade da iluminação, além da liberdade de disposição da abertura em qualquer local no teto. Acosta et al. (2012) observaram uma maior homogeneidade da iluminação proveniente das aberturas zenitais quando comparadas às outras tipologias.

Porém, em climas tropicais úmidos, a utilização de aberturas zenitais pode acarretar agravamentos devido à iluminação excessiva, provocando altos contrastes lumínicos e ganho térmico indesejado. Schmidlin (2023), ao analisar o desempenho de aberturas zenitais em regiões tropicais, identificou o agravamento do desconforto térmico e do ofuscamento, especialmente nas estações mais quentes e úmidas.

Nesse sentido, pesquisas indicam a pertinência da associação de dispositivos de controle da radiação solar direta às aberturas zenitais, principalmente em clima tropical úmido. Mapelli, Laranja e Alvarez (2018) apontam a necessidade da utilização de dispositivos sombreadores associados às aberturas zenitais do tipo dômus, com vistas ao controle da incidência solar direta. Rebêlo, Carvalho e Cabús (2015), ao investigarem a associação de aberturas zenitais do tipo 'dente de serra' com venezianas horizontais em localidade de clima tropical úmido, constataram a eficácia dessa combinação no bloqueio da luz solar direta, contribuindo para o aproveitamento da luz difusa e, consequentemente, para a mitigação do ofuscamento.

Neste contexto, ao reiterar que as aberturas zenitais contribuem para o desempenho luminoso do ambiente interno, e ao enfatizar a importância de sua associação a dispositivos de controle da iluminação em climas tropicais úmidos, esta pesquisa busca investigar o desempenho luminoso de aberturas zenitais do tipo *lightscoop*, associadas a grelhas horizontais dispostas no interior do ambiente.

Método: construção dos modelos

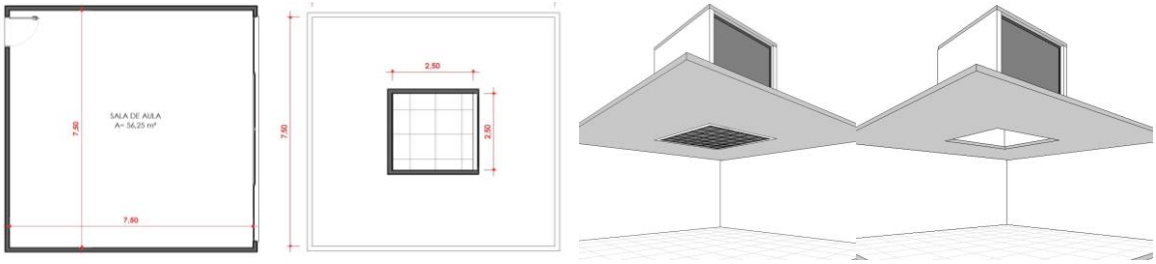
A metodologia adotada compreende simulações computacionais detalhadas a seguir, sendo: (1) especificação do ambiente padrão (a partir do qual serão definidos os modelos); (2) definição dos quatro modelos (um modelo com abertura lateral, um modelo com abertura zenital, dois modelos com aberturas zenitais com grelhas, sendo elas uma menor e outra maior); (3) análise dos modelos perante a Carta Solar de Vitória/ES; (4) processamento dos modelos utilizando o software *Troplux* versão 8.0.71 (Cabús *et al*., 2020), recomendado pelo RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais), (Brasil, 2012). A definição dos modelos e suas aberturas foi em função das diretrizes da Prefeitura Municipal de Vitória/ES, localidade de clima tropical úmido (latitude 20°19’ S).

O ambiente padrão compreende uma sala de aula com dimensões 7,5m x 7,5m x 3,5m, respectivamente largura, profundidade e pé direito, com uma área total de 56,25 m². Assim foram elaborados quatro modelos: um com abertura lateral e os outros três com aberturas zenitais. As dimensões das aberturas laterais e zenitais foram definidas de acordo com o mínimo exigido pelo Código de Obras de Vitória/ES. A abertura lateral (considerado ambiente de uso prolongado de acordo com o Código de Obras de Vitória/ES) corresponde a ⅛ da área do compartimento, equivalente a um percentual de 12,5% da área do piso e representando um WWR (*Window to Wall Ratio*) de cerca de 25,0%. A abertura zenital corresponde a uma área de redução máxima de 30% com relação à área da abertura lateral, de acordo com o preconizado pelo Código de Obras de Vitória/ES (Vitória, 1998).

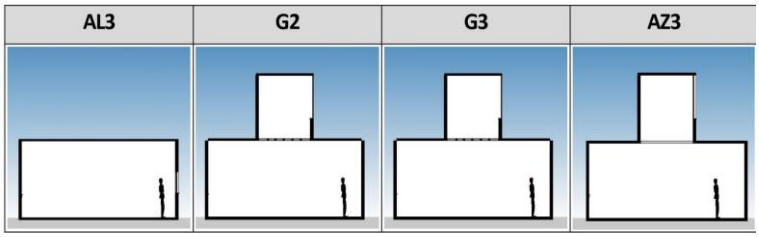
Os modelos são então constituídos por: AL3 (abertura lateral), AZ3 (abertura zenital), G2 (abertura zenital com grelha menor de 25 cm x 25 cm) e G3 (abertura zenital com grelha maior de 50 cm x 50 cm). O modelo G2 e G3 possuem grelhas ortogonais com altura de 0,10 m, localizadas no teto do ambiente (na base da abertura zenital). O modelo AL3 possui abertura lateral, com 7,1 m x 1,0 m x 1,10 m de largura, altura e peitoril respectivamente e área de abertura de 7,1 m², correspondendo a ⅛ da área do compartimento, seguindo os padrões

mínimos indicados pelo Código de Obras de Vitória/ES. Apresenta-se em sequência o ambiente padrão (com abertura lateral) e o modelo com abertura zenital, bem como os modelos, Figura 1.

Figura 1 - (a) Planta baixa do ambiente padrão, (b) Planta baixa do ambiente com abertura zenital, (c) Perspectiva interna do modelo com grelha (d) Perspectiva interna do modelo sem grelha, (e) Cortes esquemáticos dos modelos AL3, G2, G3 e AZ3



(a) (b) (c) (d)



(e)

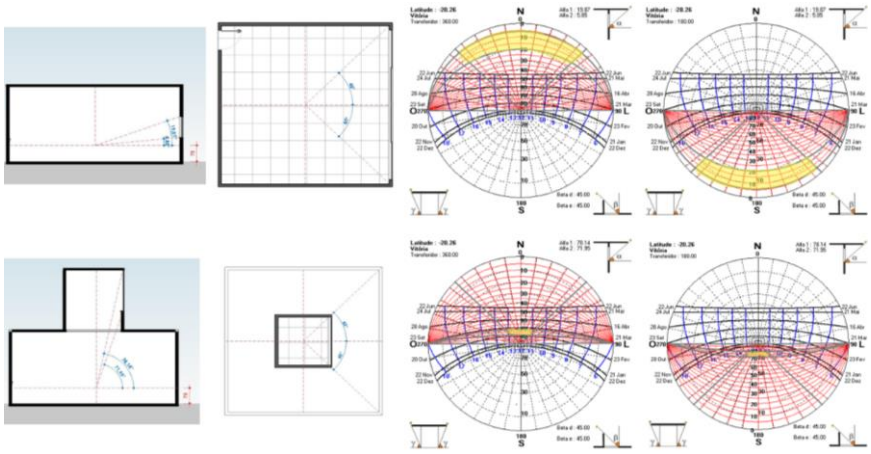
Fonte: Autoral (2024).

Os modelos de abertura zenital propostos configuram-se em uma proporção próxima de 4/3 (altura/largura) de acordo com Acosta *et al.* (2012), o qual observou que em condições de céu nublado, a iluminação natural do ambiente interno pode ser potencializada com essas proporções. Dessa forma, para todos os modelos zenitais, adotou-se uma abertura quadrangular (2,5 m x 2,5 m) localizada no centro do teto do ambiente. Sobre esta abertura quadrangular, projeta-se um *lightscoops,* caracterizado nessa pesquisa como uma caixa ortogonal com uma abertura lateral envidraçada para acesso da iluminação no ambiente interno. Este *lightscoops* possui altura de 3,0 m e largura de 2,5 m. Em uma das suas faces há uma abertura lateral envidraçada de 2,0 x 2,5 m (altura/largura) com peitoril de 1,0 m, correspondendo a 5,0 m² de área envidraçada (área envidraçada decorrente da redução de 30% em relação à abertura lateral indicada pelo Código de Obras de Vitória/ES).

A Figura 2 apresenta a Carta Solar para o modelo de abertura lateral e zenital, neste caso considerado o modelo com abertura zenital sem a grelha (AZ3). O modelo G2 e G3 tiveram o

bloqueio total da insolação em função das grelhas. Adotou-se nesta análise um ponto central no ambiente na altura de 0,75 m (plano de trabalho), onde foram encontrados os ângulos alfas (ângulos verticais) e beta (ângulos horizontais). Foram traçadas as máscaras de sombras, detectando, em amarelo, a área de céu e de insolação. Para o processamento dos modelos foi utilizado uma malha ortogonal de 25 pontos a uma altura de 0,75 m (NBR 15215-4).

Figura 2 **- Análise da Carta Solar para os modelos AL3 e AZ3 para as orientações Norte e Sul.**

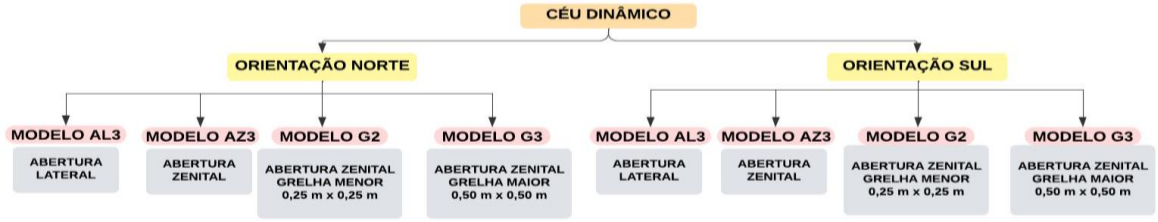


Fonte: Autoral (2024).

O processamento foi realizado para todo o ano, das 8h00 às 16h00, Céu com Distribuição Dinâmica de Luminâncias (CDDL), aberturas orientadas para Norte e Sul. O CDDL combina de forma probabilística três tipos de céu padrão CIE (encoberto, parcialmente nublado e claro), (Cabús, 2002). As refletâncias adotadas nos ambientes simulados foram: piso = 0,2; paredes internas = 0,6; paredes externas = 0,5; teto e paredes internas do *lightscoops* = 0,9.

Os parâmetros adotados foram: (1) Iluminância Útil de Luz Natural (IULN), de acordo com Mardaljevic *et al*. (2012) no qual os intervalos são: de 0 a 100 lx (insuficiente), 100≤E≤300 lx (suficiente, porém, com necessidade de iluminação complementar), 300≤E≤3000 lx (suficiente); E>3000 lx (excessivo); (2) Autonomia de Luz Natural (ALN) proposto por Reinhart e Walkenhorst (2001), com os intervalos de iluminância caracterizados em insuficiente (<55%), aceitável (≥55%), preferível (≥75%); (3) Iluminância Média, utilizando como referência o valor de 500 lux indicado para atividades de “escrever, teclar, ler, processar dados”, de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT,2013). A Figura 3 apresenta o organograma das simulações.

Figura 3 - Organograma



Fonte: Autoral (2024).

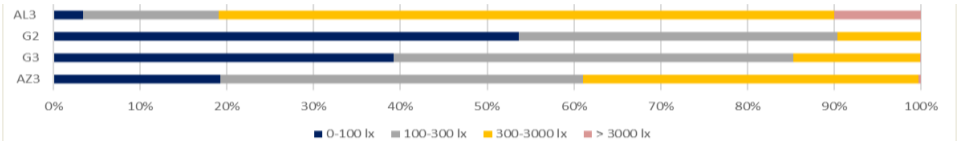
Análise dos resultados

A seguir são apresentados os resultados obtidos para o ambiente em estudo em condições de céu dinâmico de Vitória/ES para as orientações Norte e Sul, em quatro modelos: AL3 (ambiente com abertura lateral), G2 (abertura zenital com grelha menor de 25x25 cm), G3 (abertura zenital com grelha maior de 50x50 cm) e AZ3 (abertura zenital sem grelha).

Análise dos resultados para orientação Norte

Observa-se na Figura 4 que, no que se refere aos intervalos da IULN, o modelo AL3, como já se esperava, é o que apresenta percentual de iluminação excessiva, chegando a cerca de 10%. Já em relação à iluminação ideal [300-3000 lx], a duplicação do tamanho da grelha proporcionou um aumento de 5% no percentual deste intervalo, porém o modelo AZ3 é o que consegue garantir a melhor performance dentre os modelos zenitais. Dessa forma, pode-se concluir que os modelos de abertura zenital, por não apresentarem iluminação excessiva, conseguem reduzir ofuscamentos. O modelo AZ3, por exemplo, garante que 40% das horas simuladas atendam ao ambiente de forma satisfatória com a iluminação natural. Nesse sentido, vale repensar a aplicação de grelhas em aberturas zenitais, visto que essa combinação não proporciona resultados satisfatórios. Além disso, o modelo G2 (de menor grelha) é o de pior desempenho, acarretando ainda maior demanda por iluminação artificial.

Figura 4: Intervalos anuais de IULN para orientação Norte, utilizando todos os modelos

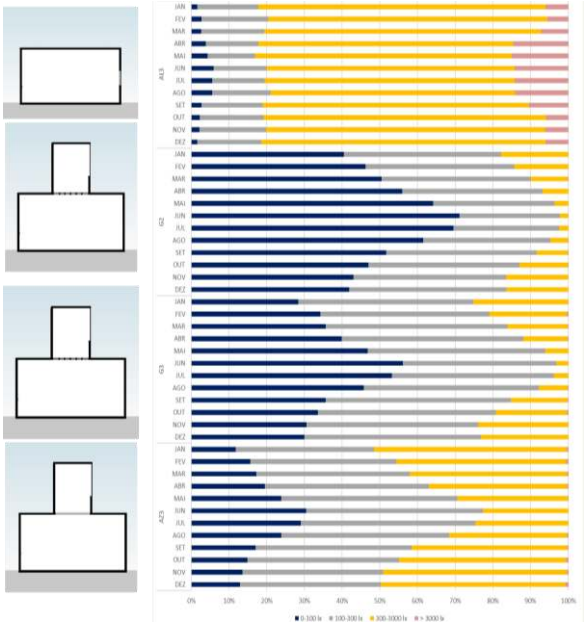


Fonte: Autoral (2024).

Na Figura 5, que apresenta os percentuais mensais da IULN, observa-se que, no modelo AL3, há percentuais mais elevados de iluminância excessiva nos meses de menor altura solar, entre

abril e julho, devido ao maior acesso da radiação solar direta. No intervalo de iluminância ideal [300–3000 lx], dentre os modelos com aberturas zenitais, o modelo AZ3 apresenta o melhor desempenho, destacando-se ainda mais nos meses de maior altura solar, quando sua performance supera em cerca de 30% a do modelo de pior desempenho (G2). Observa-se também que, durante os meses de inverno, há um aumento significativo do percentual de iluminância insuficiente [100–300 lx] nos modelos zenitais com grelhas, sendo que o modelo G2, novamente, apresenta o pior desempenho, exigindo, consequentemente, maior uso de iluminação artificial. Nesse sentido, confirma-se a aplicabilidade da abertura zenital no controle da iluminação excessiva, destacando que não há a necessidade de aplicação da composição de grelhas com aberturas zenitais, visto que há uma redução significativa do intervalo de iluminação ideal em todos os meses do ano, principalmente quando a grelha tem tamanho mais reduzido, como é o caso da G2.

Figura 5: Intervalos mensais de IULN para orientação Norte.



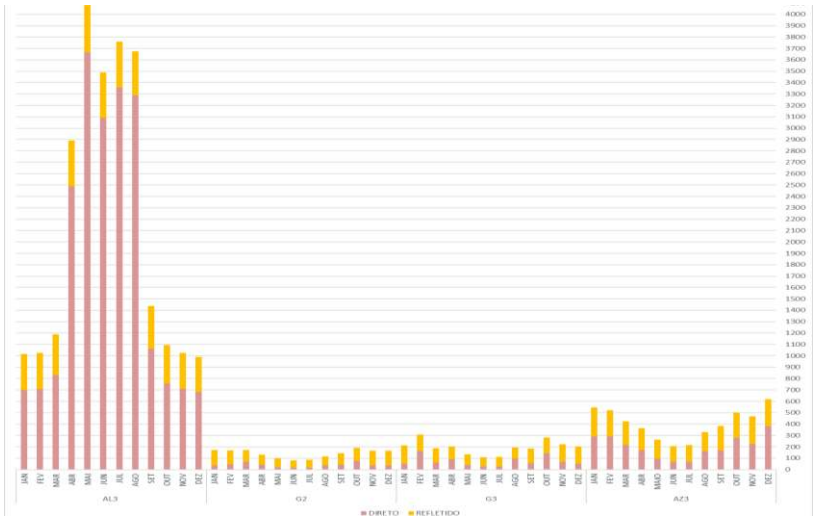
Fonte: Autoral (2024).

A Figura 6 apresenta a Iluminância Média, na qual como já esperado, no modelo AL3 há uma alta incidência de iluminação direta, ultrapassando, nos meses de inverno, quase seis vezes a referência de 500 lx. Isto além de prejudicar o desempenho dos usuários em função do ofuscamento, pode trazer desconforto térmico, aumentando a demanda por condicionamento artificial. Já nos modelos com grelha, observa-se um maior controle da radiação solar direta ao longo de todos os meses do ano. No entanto, o modelo G2, apesar de

apresentar a menor parcela de radiação direta, também reduz a parcela refletida. No modelo AZ3, há um aumento da iluminância média, atingindo valores de até 500 lx nos meses de verão, entre outubro e fevereiro. Também neste modelo, observa-se um aumento da parcela refletida, provavelmente em função do maior acesso da luz nas paredes e consequentemente maior reflexão dessa luz.

Pode-se concluir que a utilização do modelo AZ3 garante ¾ dos meses do ano com iluminação suficiente. Porém, tomando-se como referência a ABNT, apenas em quatro meses do ano é possível garantir a iluminação adequada para realização de atividades como ler, escrever, teclar e processar dados. Este resultado aponta o modelo AZ3 como o de menor consumo de iluminação artificial, dentre os modelos zenitais, além da melhor performance lumínica, em função do controle da parcela direta da luz. Vale ressaltar, porém, que os benefícios da utilização do modelo AZ3 vão além das questões relacionadas ao desempenho energético do edifício, mas também em função de que o acesso da luz natural confere benefícios psicológicos e fisiológicos para os usuários, além da melhora na cognição.

Figura 6: Média de iluminância direta e refletida mensal para a orientação Norte.



Fonte: Autoral (2024).

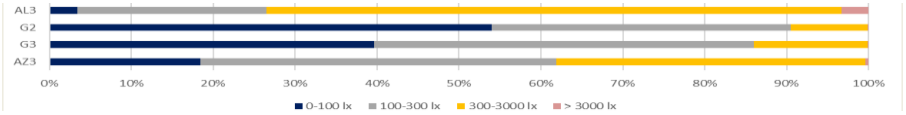
Para a ALN, Norte e Sul, pode-se afirmar que todos os modelos zenitais são classificados como insuficientes, no qual o modelo AZ3, possui como resultado 8%, performance levemente superior aos demais modelos zenitais (G2 e G3) os quais obtiveram resultado nulo. Dessa forma, para estes modelos, por não haver garantia da iluminância de 500 lx para realização das atividades, haverá sempre uma grande demanda por iluminação artificial. Apesar do modelo AL3 apresentar os maiores percentuais, 72% e 44%, respectivamente orientação

Norte e Sul, chegando a ser classificado como ACEITÁVEL para orientação Norte, este resultado deve ser analisado em conjunto com os intervalos de iluminação excessiva da IULN, visto que o usuário fará uso de persianas e cortinas no controle da iluminação, o que reduzirá a iluminação natural no ambiente.

Análise dos resultados para orientação Sul

No que se refere aos intervalos de IULN para orientação Sul, Figura 7, o modelo A3, como já se esperava, é o que apresenta percentual de iluminação excessiva, chegando a cerca de 3%. No que se refere à iluminação ideal [300-3000 lx], a duplicação do tamanho da grelha proporcionou um aumento de 5% no percentual deste intervalo, porém o modelo AZ3, dentre os modelos de abertura zenital, é o que consegue garantir a melhor performance. Dessa forma, pode-se concluir que os modelos de abertura zenital com e sem grelha conseguiram extinguir a possibilidade de ofuscamentos gerados com a iluminação excessiva, porém haverá uma maior demanda por iluminação artificial, na qual o modelo G2 é o de maior demanda.

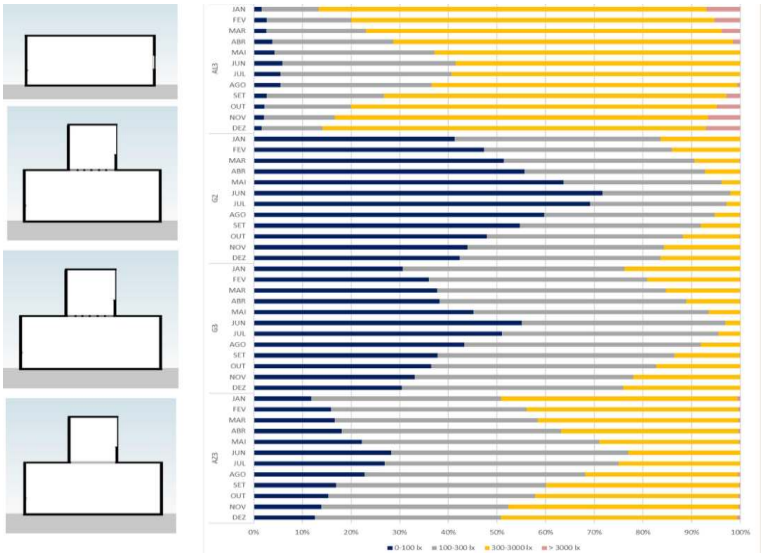
Figura 7: Intervalos mensais de IULN para orientação Sul.



Fonte: Autoral (2024).

A Figura 8, apresenta os percentuais mensais de IULN para Sul, no qual no modelo AL3 há percentuais mais elevados de iluminância excessiva nos meses de maior altura solar, entre novembro e fevereiro, em função do acesso da radiação solar direta. Para o intervalo de iluminação ideal [300-3000 lx] dentre os modelos com aberturas zenitais, o modelo AZ3 é o que possui a melhor performance, destacando-se que nos meses de maior altura solar, sua performance é ainda mais significativa, com diferenças percentuais que chegam a cerca de 40% superior com relação ao modelo de pior performance (G2). É possível observar, também, que durante os meses de inverno, há um aumento significativo do percentual de iluminação insuficiente nos modelos zenitais com grelhas, no qual o G2 possui a pior performance, demandando por iluminação artificial. Nesse sentido, confirma-se a aplicabilidade da abertura zenital com e sem grelha no controle da iluminação excessiva, porém ressalta-se que haverá maior demanda por iluminação artificial, no qual o modelo sem grelha é o de melhor performance e o de grelha menor o de pior performance.

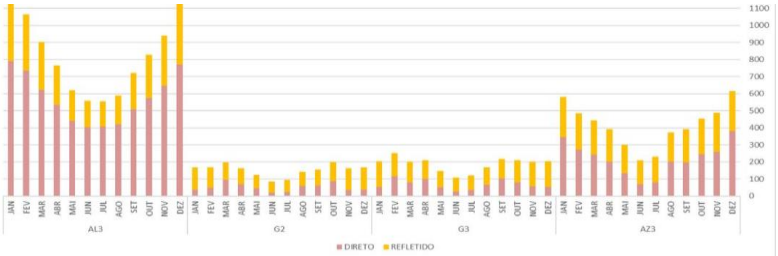
Figura 8: Intervalos mensais de IULN para orientação Sul



Fonte: Autoral (2024)

A Figura 9 apresenta a Iluminância Média para Sul, no qual o AL3 mostra uma alta incidência de iluminação direta, ultrapassando quase três vezes a referência de 500 lx no verão, com desconforto térmico e aumento da demanda por condicionamento artificial. Os modelos com grelha controlam o acesso da radiação solar direta, mitigando a radiação em até sete vezes comparado ao AL3. Assim os modelos com e sem grelha controlam a radiação solar direta, mas o AZ3 é o que contribui mais eficazmente com Iluminância Média próxima de 500 lx.

Figura 9 – Média de iluminância direta e refletida mensal para a orientação Sul.



Fonte: Autoral (2024).

Conclusões

A pesquisa investiga a disponibilidade de iluminação natural no ambiente a partir de aberturas zenitais *lightscoops* associadas ou não a grelhas horizontais. As simulações ocorreram em céu dinâmico, em quatro modelos, AL3 (abertura lateral), AZ3 (abertura zenital), G2 e G3 (respectivamente, abertura zenital com grelha menor de 25 cm x 25 cm e com grelha maior de 50 cm x 50 cm). Os resultados mostraram que os modelos de abertura zenital extinguem a

iluminação excessiva, no qual o modelo AZ3 apresenta os melhores resultados. Observou-se também que os modelos zenitais com grelha tiveram menor performance com queda expressiva da Iluminância Média, principalmente o modelo G2. Porém, apesar do AZ3 ser o de melhor performance, dentre os modelos zenitais, ainda assim haverá grande demanda por iluminação artificial para garantir a referência mínima de 500 lx, indicada pela ABNT.

Desta forma, a pesquisa amplia a discussão sobre o uso de aberturas zenitais com e sem grelhas em climas tropicais úmidos ao apontar a real performance lumínica do ambiente interno. Dentre as limitações do trabalho, pode-se citar uma única tipologia de abertura zenital e as dimensões das grelhas simuladas. Outra questão, é que a análise se deteve nas questões lumínicas, não tendo sido investigado questões térmicas, o que a depender do clima, também deve ser alvo de pesquisa. Vale lembrar a importância da abertura lateral para ventilação natural e vista externa, não devendo essa ser suprimida do ambiente interno.

Referências

ACOSTA, I.; NAVARRO, J.; SENDRA, J. J.; ESQUIVIAS, P. “Daylighting design with lightscoop skylights: Towards an optimization of proportion and spacing under overcast sky conditions”. **Energy and Buildings**, v. 49, p. 394-401, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho: Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

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.L.], v. 17, n. 9, p. 3219, 6 maio 2020. MDPI AG.

CABÚS, R. C.; RIBEIRO, P. V. S.; BASTOS, O. M. K.; SILVA, L. F. **TropLux 8**. Titulares: Universidade Federal de Alagoas, Instituto Lumeeiro. BR512020002087-9. Criação: 10 set. 2019. Registro: 06 out. 2020.

CABÚS, R. C.; PEREIRA, F. O. R. **“Análise do desempenho luminoso de sistemas zenitais em função do número de aberturas”**. 1997.

EMMANUEL, U.; OSONDU, E. D.; KALU, K. C. “Architectural design strategies for infection prevention and control (IPC) in health-care facilities: towards curbing the spread of Covid-19". **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, p. 1-9, 2020.

LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LAM, W. M. C. **Sunlighting as Formgiver for Architecture**. Nova York: Van Nostrand, 1986.

MAPELLI, Y. R.; LARANJA, A. C.; ALVAREZ, C. E. de. "Avaliação de desempenho entre as tipologias de aberturas zenital e lateral no quesito iluminação natural de ambientes internos". **Cadernos Proarq**, n. 31, p. 83-99, 2018.

MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M.; ROY, N.; CHRISTOFFERSEN, J. "Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probabilty?". In: **Proceedings of the building simulation and optimization conference**. BSO12. 2012.

PARK, J.; LOFTNESS, V.; AZIZ, A.; WANG, T. "Strategies to achieve optimum visual quality for maximum occupant satisfaction: Field study findings in office buildings". **Building and Environment**, v. 195, p. 107458, 2021.

REINHART, C.; WALKENHORST, O. "Validation of dynamic radiance-based daylight simulations for a test office with external blinds". **Energy and Buildings**, Freiburg, v. 33, jan. 2001.

REBÊLO, M. M. P. S.; CARVALHO, M. L. S.; CABÚS, R. C. **Análise do desempenho de abertura zenital para a iluminação natural de circulação em edifício administrativo**. 2015. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído.

SCHMIDLIN, F.; SILVA, F. T. Avaliação do desempenho de aberturas zenitais quanto à radiação solar e iluminação natural em espaços internos usando a modelagem paramétrica e a simulação numérica**. Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 18, n. 3, 2023.

VAZQUEZ, Daniel Arias et al. Vida sem escola e saúde mental dos estudantes de escolas públicas na pandemia de Covid-19. **Saúde em Debate**, v. 46, n. 133, p. 304-317, 2022.

VITÓRIA. Lei n°. 4821, de 30 de dezembro de 1998. **Código de Edificações do Município de Vitória. Vitória, 1998.** Disponível em: https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-vitoria-es.

ZIELINSKA-DABKOWSKA, K. M. **Make lighting healthier**. Nature, New York, v. 553, n. 7688, p. 274–276, 2018**.**