

Eficiência de abertura zenital associada a variação de pé direito do compartimento

Efficiency of zenith opening associated with right foot variation of compartment

Yulli Ribeiro Mapelli, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, IES

yullirmapelli@gmail.com

Andréa Coelho Laranja, Doutora em Arquitetura e Urbanismo, UFES

andreacoelholaranja@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez, Doutora em Arquitetura e Urbanismo, UFES

crisrina.engel@ufes.br

Resumo

Esta pesquisa objetiva avaliar a disponibilidade de luz natural no ambiente interno variando o pé direito do compartimento com abertura zenital do tipo lanternim. Simulações com o software TropLux de um ambiente pré-determinado da cidade de Vitória-ES (LAT 20° 19 'S), testado nos padrões de céus da CIE (International Commission on Illumination), sendo estes, céu 3 (nublado), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), orientação norte e sul. Os dados de luz extraídos foram comparados com as faixas de UDI (Useful Daylight Illuminations) para cada dia do ano, das 8h00 às 17h00. Os resultados mostram que a abertura do tipo lanternim quando associada ao pé direito de 5,4m nos dá os melhores resultados quando comparados ao ambiente com pé direito de 2,7m em locais com a característica de céu 7 e 12. Apresenta maiores percentuais de horas enquadrados dentro do intervalo 500>E>2.000lx (suficiente), bem como os menores percentuais no intervalo excessivo E>2.000lx (excessivo).

Palavras-chave: Abertura Zenital 1; Iluminação Natural 2; Lanternim 3

Abstract

This research aims at evaluating the availability of natural light in the internal environment by varying the right foot of the compartment with lantern-type zenith opening. Simulations with the TropLux software of a pre-determined environment of the city of Vitória-ES (LAT 20° 19 'S), tested in the CIE (International Commission on Illumination) skies patterns, being 3 (cloudy), 7 (partly cloudy) and 12 (clear), north e sul. The extracted light data were compared to the Useful Daylight Illuminations (UDI) bands for each day of the year, from 8:00 a.m. to 5:00 p.m. The results show that the lantern-type opening when associated with the right foot of 5.4m gives us the best results

when compared to the environment with right foot of 2.7m in places with the characteristic of sky 7 and 12. It presents greater percentage of hours within the range $500 > E > 2000lx$ (sufficient), as well as the smallest percentages in the excessive range $E > 2000lx$ (excessive).

Keywords: Zenit Opening 1; Natural Lighting 2; Lanternim 3

1. Introdução

As aberturas das edificações proporcionam ao ambiente interno o acesso da luz natural contribuindo com a redução do consumo energético com iluminação artificial. Todavia, a utilização deste recurso deve ser feita de forma criteriosa, de modo a otimizar o desempenho lumínico do espaço interno sem acarretar na escassez ou excesso de iluminação em determinadas áreas do ambiente, o que pode, também, causar desconforto pelos contrastes lumínicos, principalmente em situação de apenas uma abertura lateral. Michael e Heracleous (2017) afirmam a importância da ausência de contrastes e ofuscamentos, visto que isto geraria dificuldade dos indivíduos na realização das suas tarefas de forma eficaz e confortável.

A iluminação natural está vinculada diretamente às aberturas das construções. Para tanto, estas aberturas devem ser bem dimensionadas e locadas, de modo a garantir um desempenho lumínico eficiente no ambiente. Segundo Li e Lam (2003a; 2003b) a iluminância recebida por uma edificação varia de acordo com a dimensão, posição e orientação das aberturas. Dentre as possibilidades de utilização de aberturas para a iluminação no ambiente interno podem ser citadas as aberturas laterais e zenitais. As aberturas laterais (janelas) contribuem com a iluminação do ambiente interno, porém podem ocasionar grandes contrastes de iluminância, decorrentes de a luz ser proveniente de apenas uma lateral, com muita luminosidade perto da abertura e grande decaimento da iluminação ao longo da profundidade do ambiente (CASTANHEIRA, 2012). Como uma solução pouco usual encontra-se na abertura zenital, que apesar da carga térmica advinda da parte superior, tem a possibilidade de iluminar o ambiente de forma mais uniforme, quando comparada à abertura lateral, se esta abertura lateral estiver locada apenas em uma face do ambiente.

Por outro lado, apresentam-se as regulamentações edilícias como instrumento legal que regulamentam os procedimentos relativos à construção, especialmente no que diz respeito à salubridade e qualidade dos ambientes. Os Códigos de Obras brasileiros regulam, dentre outros, as dimensões, áreas mínimas e máximas de compartimentos e aberturas. Desta forma, seguindo o estabelecido pelo Código de Obras de Vitória (VITÓRIA, 1998) e partindo da premissa que a iluminação zenital confere ao ambiente interno uma iluminação natural com mais uniformidade, este estudo se concentra na investigação do comportamento da iluminação natural proveniente de aberturas zenitais tomando como dados as limitações de dimensões e áreas mínimas indicadas pelo código de obra. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a influência do pé direito na disponibilidade de luz natural em ambiente interno proveniente de abertura zenital do tipo Lanternim. Acredita-se que uma correta associação entre as aberturas zenitais e o pé direito do compartimento possa garantir disponibilidade de iluminação natural adequada ao ambiente interno, com benefícios também na redução energética proveniente do uso de iluminação artificial.

2. Metodologia

Neste estudo a análise da iluminação natural se deu por meio da simulação computacional com o *software* TropLux 6.07. O TropLux caracteriza-se como programa recomendado pelo RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações

Residenciais) (BRASIL, 2012). O *software* TropLux possibilita a análise luminica no ambiente interno, sendo possível a inserção das características do ambiente por meio de coordenadas. Também é fornecido ao programa a localização do ambiente, refletância de superfícies internas e externas, orientação das aberturas, horários e dias das simulações, tipos de céus a serem analisados e a definição da distribuição dos pontos de medição dentro do ambiente.

Nas simulações, como padrão de ambiente interno adotou-se o modelo de ambiente já investigado em estudos realizados por Bernabé (2012), Santos (2012), Casagrande (2013), Lamberts, Ghisi e Ramos (2006). Desta forma o ambiente interno analisado possui 6 m x 5 m, respectivamente comprimento e largura, em observação ao estudo bibliográfico realizado. Com relação à altura das simulações, adotou-se a malha de simulação a uma altura de 75cm do piso, conforme recomendado na NBR 15215-4 (ABNT, 2004).

No que se refere ao modelo de análise das aberturas foi utilizado no ambiente uma abertura zenital do tipo Lanternim. A dimensão da área envidraçada do Lanternim foi definida com base na fenestração mínima exigida pelo Código de Obras da Cidade de Vitória (VITÓRIA, 1998). Este descreve que para compartimentos de uso prolongado a abertura lateral deve ter no mínimo 1/8 da área do piso do compartimento, podendo ser esta substituída por aberturas zenitais desde que reduzidas em 30% da área das laterais. Portanto, seguindo os padrões mínimos estabelecidos pelo Código de Obras, a abertura zenital adotada foi o Lanternim possuindo área de abertura de 2,63m², onde as aberturas envidraçadas estão alocadas em duas laterais opostas (Norte e Sul), tendo as outras duas faces opacas, conforme Figura 1.

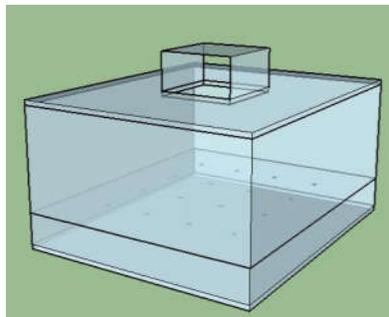


Figura 1. Esquema simplificado do ambiente analisado e da abertura tipo Lanternim, com marcação da malha de pontos de simulação no ambiente interno. Fonte: elaborado pelos autores.

Foi definida uma malha de 16 pontos localizados ortogonalmente no ambiente interno para avaliação da iluminação de acordo com o indicado pela NBR 15215-4 (ABNT, 2004). Com relação ao pé direito investigado adotou-se o valor de 2,7m, conforme situação usual nas edificações em Vitória, sendo também avaliada a situação com pé direito duplo, ou seja 5,4m, que também representa uma prática usual, conforme ilustrado na, Figura 2.

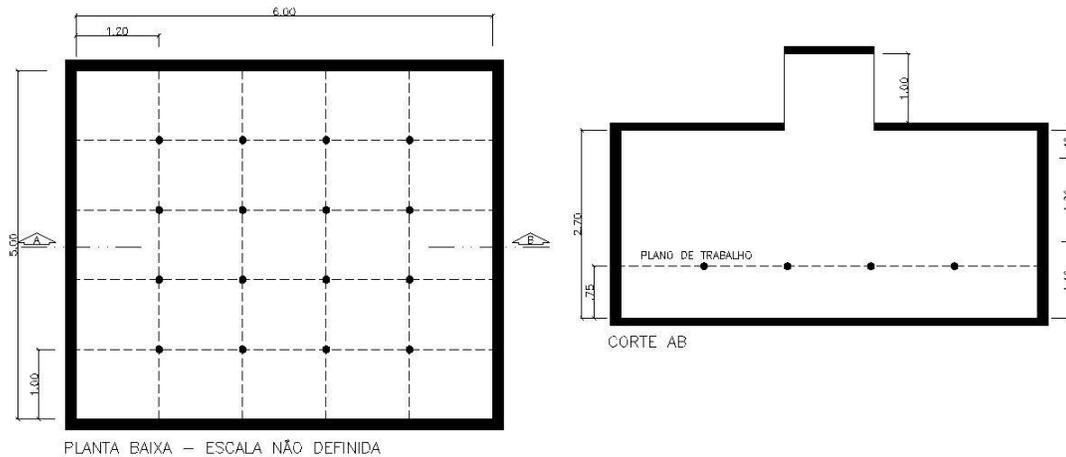


Figura 2. Respectivamente planta baixa de ambiente interno com a locação da malha de simulação e corte AB esquemáticos apresentando o menor pé direito adotado na simulação e o lanternim. Fonte: elaborado pelos autores.

Nas simulações foram analisados os percentuais de horas das UDIs (*Useful Daylight Illuminances*), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006), em que foram utilizados os céus padrões da CIE (*International Commission on Illumination*), adotando para esta análise o Céu 3 (encoberto), Céu 7 (parcialmente nublado) e o Céu 12 (claro). As refletâncias internas adotadas foram: piso = 0,5; parede = 0,6; teto = 0,9. As análises foram feitas para todos os dias do ano, em dez horários do dia, de 8h00 às 17h00, na orientação Norte.

3. Análise dos resultados

Os resultados seguem apresentados em relação aos percentuais das UDIs, para os três tipos de céu considerados, ou seja, Céu 3 (encoberto); Céu 7 (parcialmente encoberto) e Céu 12 (claro) considerando as duas diferenças de alturas do pé direito, ou seja, simples e duplo.

3.1 Percentuais das UDIs – Céu 3 (encoberto)

De acordo com o Gráfico 1, para a orientação Norte e Sul, Céu 3 (encoberto) os resultados apresentados para o intervalo $500 > E > 2.000$ lux (suficiente) são muito semelhantes para ambos ambientes, com pé direito 2,7m e pé direito 5,4m, onde cerca de 100% das horas dos dias do ano não tem a necessidade de iluminação artificial complementar. Desta forma observa-se que em localidades com característica de Céu 3 (encoberto) e latitude semelhante à estudada, tanto o pé direito 2,7m quanto o pé direito de 5,4m colaboram, ao longo do ano, para a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno de forma a não necessitar da iluminação artificial complementar.

Analisando o intervalo $E > 2.000$ lux (excessivo), observa-se que a variação no pé-direito não resultou em alterações nos percentuais das UDIs.



Gráfico 1. Percentuais das UDIs no intervalo $500 > E > 2.000$ lx, orientação Norte e Sul, Céu 3. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Percentuais das UDIs – Céu 7 (parcialmente encoberto)

3.2.1 Intervalo de 500 a 2.000 lux

De acordo com o Gráfico 2, para a orientação Norte e Sul, Céu 7 (parcialmente encoberto) será com o ambiente de pé direito maior (5,4m) que se obterá os maiores percentuais de horas enquadrados no intervalo $500 > E > 2.000$ lux (suficiente).

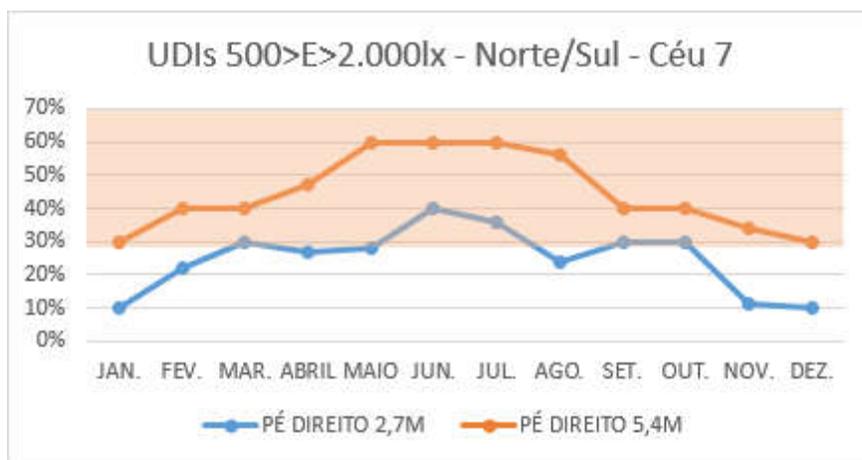


Gráfico 2. Percentuais das UDIs no intervalo $500 > E > 2.000$ lx, Orientação Norte e Sul, Céu 7. Fonte: elaborado pelos autores.

Nota-se que o ambiente com pé direito de 5,4m apresenta um aumento aproximado de 20% das horas enquadradas no intervalo $500 > E > 2.000$ lux (suficiente) no decorrer do ano em relação a contribuição de iluminação proporcionada pelo ambiente de pé direito mais baixo (2,7m). Vale ressaltar, conforme demonstra a mancha sobre o gráfico, que este ambiente de pé direito de 5,4m promove o uso do plano de trabalho sem iluminação

complementar artificial entre 30% e 60% das horas dos dias do ano. A partir da análise do gráfico 2 percebe-se também uma maior contribuição luminica nos meses entre abril e agosto para ambos os espaços simulados, quando comparada aos demais meses do ano. Isto pode ser decorrente da baixa altura dos raios solares neste período, acarretando o acesso direto dos raios solares ao espaço interno. Nas épocas de maior altura solar (meses de outubro a fevereiro) reduz-se o acesso da radiação solar direta, tendo em vista a proteção oferecida pelo teto do Lanternim.

A elevação dos valores de iluminância no ambiente de pé direito maior (5,4m), pode ser entendida através do número de reflexões dos raios de luz, proporcionada pela maior área de superfície refletora das paredes laterais. Entende-se que o ambiente interno recebe a luz natural proveniente da luz refletida pelas paredes, em sucessivas reflexões, evitando, portanto, tanto a iluminação excessiva no plano de medição como contribuindo para da dispersão da luz por todo o ambiente, conforme Figura 3.

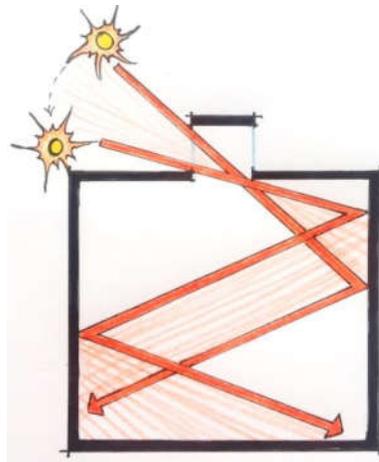


Figura 3. Ilustração esquemática do comportamento da luz no espaço interno influenciada pela altura do pé direito duplo (5,4m). Fonte: elaborado pelos autores.

Já a Figura 4 apresenta esquematicamente o ambiente com o pé direito de 2,7m, demonstrando a possível incidência de raios solares diretos no plano de medição da iluminação, tanto na situação onde os raios solares estão em maior altura solar, como em situação de baixa altura solar. Nas épocas do ano quando os raios solares caracterizam-se com menor altura solar, a parede lateral recebe a iluminação natural e a reflete para o ambiente interno, mas não consegue dispersar a luz em todo o ambiente. Nas épocas do ano quando os raios solares caracterizam-se com maior altura solar, observam-se percentuais enquadrados no intervalo $500 > E > 2.000$ lux (suficiente) e maiores percentuais no intervalo de $E > 2.000$ lux (iluminação excessiva), provavelmente derivado da radiação solar direta no plano de trabalho.

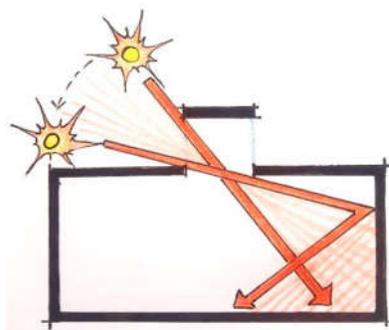


Figura 4. Ilustração esquemática do comportamento da luz no espaço interno influenciada pela altura do pé direito (2,7m). Fonte: elaborado pelos autores.

A partir destas interpretações pode-se afirmar que há uma maior eficiência da abertura do tipo Lanternim quando há uma proporção entre área de piso e altura do pé direito do compartimento, numa relação mais aproximada entre o pé direito e as dimensões horizontais do compartimento (largura e comprimento).

3.2.2 Intervalo acima de 2.000 lux

De acordo com o Gráfico 3, para a orientação Norte e Sul, Céu 7 (parcialmente encoberto) será com o ambiente de pé direito menor (2,7m) que se obterão os maiores percentuais de horas enquadrados no intervalo $E > 2.000$ lux (iluminação excessiva).

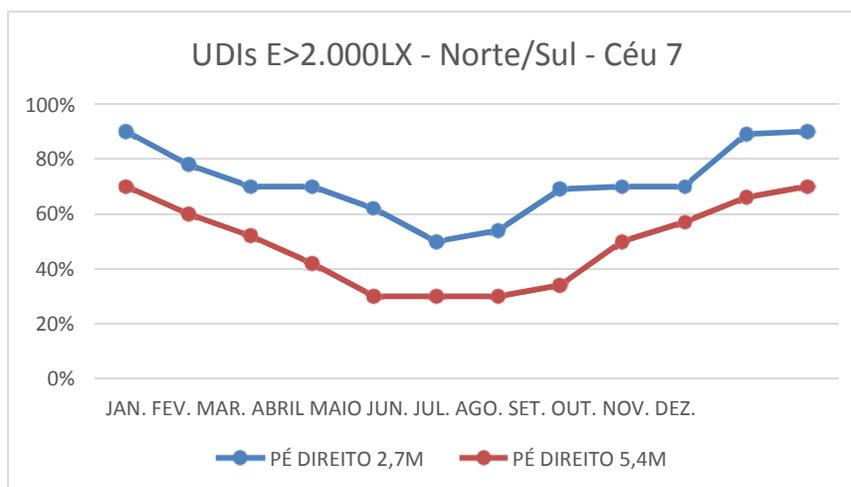


Gráfico 3. Percentuais das UDIs no intervalo $E > 2.000$ lx, orientação Norte e Sul, Céu 7. Fonte: elaborado pelos autores.

Este ambiente de menor pé direito apresenta um aumento aproximado de 20% nos percentuais do intervalo $E > 2.000$ lux no decorrer do ano em relação à contribuição de iluminação proporcionada pelo ambiente de pé direito mais alto (5,4m). A elevação deste percentual para o ambiente de pé direito de 2,7m se justifica através da incidência direta dos raios solares diretos no chão do compartimento e uma reflexão pelas paredes internas. O ambiente de pé direito maior (5,4m) não recebe luminosidade proveniente de raios solares

VII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC – Florianópolis – 08 a 10 de Maio de 2019

diretos, portanto, não apresenta percentuais de iluminância excessiva de forma tão expressiva.

3.3 Percentuais das UDIs – Céu 12 (claro)

3.3.1 Intervalo de 500 a 2.000 lux

De acordo com o Gráfico 4, orientação Norte e Sul, Céu 12 (claro) também será com o ambiente de pé direito maior (5,4m) que se obterá os melhores percentuais de horas enquadrados no intervalo 500>E>2.000(suficiente). Este ambiente apresenta um aumento aproximado de 10% das horas do dia enquadradas no intervalo 500>E>2.000 lux (suficiente) no decorrer do ano em relação a contribuição de iluminação proporcionada pelo ambiente de pé direito mais baixo (2,7m). Vale ressaltar que para esta tipologia de céu a variação do ganho lumínico dentro deste intervalo, relacionando as duas alturas de pé direito, não se mostra tão relevante quanto para o Céu 7 (parcialmente encoberto) conforme já apresentado em gráficos anteriores. O Gráfico 4 demonstra uma maior oscilação nos valores de iluminância no decorrer do ano para ambos os ambientes, onde porém o pé direito de 5,4m sempre colabora para os maiores percentuais das UDIs dentro do intervalo 500>E>2.000 lux (suficiente).

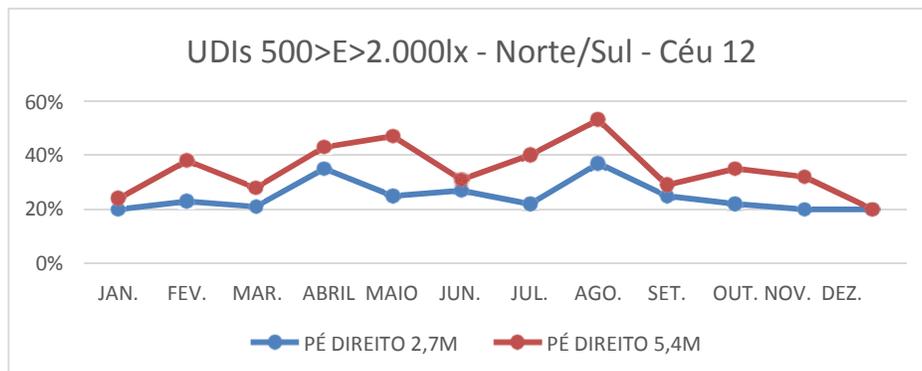


Gráfico 4. Percentuais das UDIs no intervalo 500>E>2.000lx, orientação Norte e Sul, Céu 12. Fonte: elaborado pelos autores.

3.3.2 Intervalo acima de 2.000 lux

De acordo com o Gráfico 5, para a orientação Norte e Sul, Céu 12 (claro), será com o ambiente de pé direito menor (2,7m) que se obterão os maiores percentuais de horas enquadrados no intervalo E>2.000(excessivo).

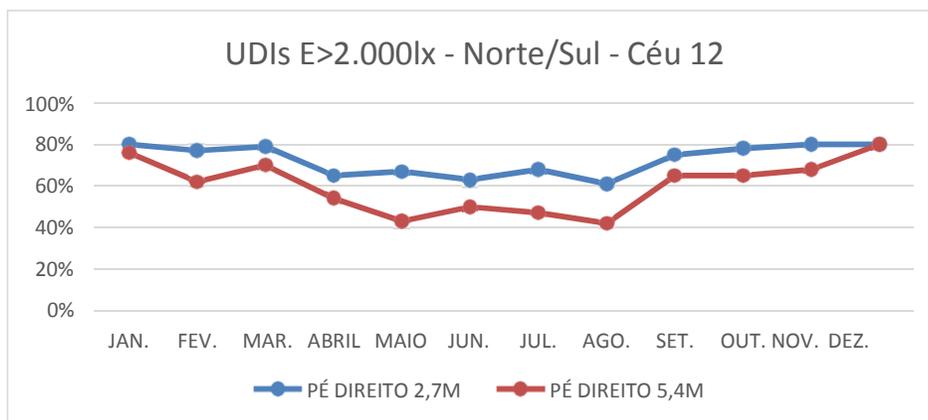


Gráfico 5. Percentuais das UDIs no intervalo E>2.000lx, orientação Norte e Sul, Céu 12. Fonte: elaborado pelos autores.

Este ambiente de menor pé direito apresenta um aumento aproximado de 15% nestes percentuais no decorrer do ano em relação à contribuição de iluminação proporcionada pelo ambiente de pé direito mais alto (5,4m). A elevação deste percentual para o ambiente de pé direito de 2,7m se justifica em função das reflexões ocasionadas pelas paredes do ambiente interno de forma mais intensificada e até mesmo o recebimento de raios solares diretos no plano de medição da iluminância, conforme já apresentado na Figura 4. É válido ressaltar, porém, que a diferença entre esses percentuais para ambientes em localidades de Céu 12 (claro) não é tão expressivo quanto para ambientes em localidades com característica de Céu 7 (parcialmente encoberto).

4. Conclusões

O propósito deste estudo foi analisar a influência do pé direito na disponibilidade de luz natural em ambiente interno proveniente de abertura zenital do tipo Lanternim. O estudo baseou-se em simulações computacionais através do software TropLux.

Os resultados mostram que a abertura tipo do Lanternim no que se refere ao Céu 3 (encoberto) apresentam resultados similares para o pé direito de 2,7m e 5,4m. Porém para o Céu 7 (parcialmente encoberto) e Céu 12 (claro) a abertura do tipo Lanternim quando associada à pé direito de 5,4m apresenta os melhores resultados com os maiores percentuais de horas enquadrados dentro do intervalo 500>E>2.000lx (suficiente), bem como os menores percentuais no intervalo excessivo E>2.000lx (excessivo). A partir das análises pode-se afirmar que há uma maior eficiência da abertura do tipo Lanternim quando há uma proporção adequada entre área de piso e altura do pé direito do compartimento.

Cabe ressaltar que esta pesquisa é válida para o ambiente específico aqui estudado. Não foram consideradas nesta pesquisa, diferentes configurações urbanas, bem como variações das características internas do ambiente como as refletâncias das superfícies internas. Ressalta-se também que, apesar da ventilação cruzada bem como as vistas devam ser também levadas em consideração em qualquer ambiente projetado, principalmente em clima quente e úmido como o de Vitória-ES, nesta pesquisa limita-se à análise da iluminação em função do pé direito para a abertura zenital do tipo lanternim. Trabalhos futuros complementarão

esta pesquisa.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15215-4: Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de Medição. Rio de Janeiro, 2004.
- BERNABÉ, A. C. A. A influência da envoltória no consumo de energia em edifícios comerciais artificialmente climatizados na cidade de Vitória-ES. 130p. Dissertação de Mestrado. UFES. Vitória, 2012.
- BRASIL. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2012.
- CASAGRANDE, B. G. Cenários climáticos futuros: diagnóstico prospectivo do desempenho termoenergético de edifícios comerciais no Brasil para o século XXI. 135p. Dissertação de Mestrado. UFES. Vitória. 2013.
- CASTANHEIRA, L. M. Estudo da influência da luz natural na qualidade da iluminação e na eficiência energética. 2012. 162f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2012.
- LAMBERTS, R.; GHISI, R.; RAMOS, G. Impactos da adequação climática sobre a eficiência energética e o conforto térmico de edifícios de escritórios no Brasil. 49p. Florianópolis: LABEEE, 2006.
- LI, D.H.W., LAM, J.C., 2003a. An analysis of lighting energy savings and switching frequency for a daylight corridor under various indoor design illuminance levels. Appl. Energy 76, 363–378.
- LI, D.H.W., LAM, J.C., 2003b. An investigation of daylighting performance and energy saving in a daylight corridor. Energy Build. 35 (4), 365–373.
- MICHAEL, Aimilios; HERACLEOUS, Chryso. Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. Energy and Buildings 140. 443-457. 2017. <<http://www.elsevier.com/locate/enbuild>>.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. Energy and Buildings, London: Elsevier, v.38, p. 1343-1348, 2006.
- SANTOS, L. S. Requisitos de iluminação natural nos sistemas de avaliação de edifícios e impactos energéticos em edificações comerciais no Brasil. Dissertação de mestrado. UFES. Vitória, 2012.
- VITÓRIA. Lei nº. 4821, de 30 de dezembro de 1998. Código de Edificações do Município de Vitória. Vitória, 1998.