



ANÁLISE COMPARATIVA DAS ILUMINÂNCIAS ENTRE UM SISTEMA INTEGRADO DE TUBO DE LUZ SOLAR + JANELA E UMA JANELA EM UM AMBIENTE DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Gandhi Escajadillo Toledo (1); Alexandre Vieira Pelegrini (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Design, getpadesign500@gmail.com

(2) PhD, Professor no Departamento Acadêmico de Desenho Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e professor colaborador no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Paraná, avpelegrini@gmail.com
Universidade Federal de Paraná, Programa de Pós-Graduação em Design, Caixa Postal 074, Curitiba- PR, 80060-150, Tel.: (41) 3360-5360

RESUMO

O uso de dutos de sol pode aumentar os níveis de iluminâncias nas edificações, contribuindo para a redução da energia gasta na iluminação artificial durante o dia. Este artigo tem como objetivo comparar as iluminâncias geradas por um sistema de duto de luz solar integrado com uma simples janela e as iluminâncias geradas por sistema composto por somente uma simples janela. A análise foi realizada através da simulação computacional no software Troplux. Ambos os sistemas foram simulados em um mesmo ambiente interno e sob os mesmos parâmetros de incidência solar e condições de céu. A simulação foi conduzida tendo como referência as coordenadas geográficas da cidade de Curitiba/PR, bem como as variações das quatro estações do ano. Ambos os sistemas foram analisados considerando três tipos de condição de céu: coberto, parcialmente coberto e claro. Os resultados indicam que o duto de luz solar pode prover um aumento de até 40% na distribuição das iluminâncias dentro do ambiente simulado. Argumenta-se que o duto de luz solar complementa a iluminação natural no ambiente construído. Um protótipo físico do duto de luz solar simulado neste trabalho está em desenvolvimento, devendo ser posteriormente instalado e testado na Universidade Federal do Paraná (UFPR), na cidade de Curitiba/PR.

Palavras-chave: Duto de sol, iluminância, simulação computacional.

ABSTRACT

Indoors illuminance levels can be increased with the use of solar ducts, contributing towards energy saving on artificial illumination during daytime. This paper aims to compare the illuminances provided by an integrated system comprised by a solar tube and a simple window, with the illuminances provided by a simple window only. The analysis has been conducted through a series of computer simulations using Troplux software. Both systems were simulated in the same indoor environment and under the same parameters of solar incidence and sky conditions. The simulation was performed considering the geographic coordinates of the city of Curitiba/PR, and the four seasons of the year as well. Both systems were analyzed considering three types of sky condition: covered, partially covered and clear. The findings indicate that the use of a solar tube can increase indoor illuminances up to 40 %. It is argued that the use of a solar tube can improve natural illumination distribution in the built environment. A physical prototype of the simulated solar tube is currently under development and will be further installed and tested at The Federal University of Paraná (UFPR), in the city of Curitiba/PR.

Keywords: solar tube, illuminance, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm comprovado que os dutos de luz solar proporcionam uma melhora na distribuição e nos níveis das iluminâncias no ambiente interno, contribuindo significativamente na redução do uso da iluminação artificial durante o dia, bem como gerando uma iluminação interna mais agradável e produtiva (DEMÉTRIO, 2005; SOTO, 2010; KIM e KIM, 2010; MOHELNIKOVA, 2009).

Os tubos de luz solar são dispositivos lineares que conduzem a luz do dia ao interior dos edifícios mediante um tubo guia altamente refletivo (AL-MARWAEI; CARTER, 2006). Os tubos de luz solar captam a luz natural proveniente do céu através de um coletor na parte superior, transportando-a por uma série de reflexões especulares e difusas através de um canal, até atingir o nível do teto. Este sistema permite dirigir ou redirecionar a luz do dia ao interior dos ambientes (KIM; KIM, 2010). A Figura 1 mostra o duto de luz solar e seus componentes: (a) sistema de coleta da luz; (b) um espelho parabólico que redireciona a luz solar, otimizando a sua captação de acordo com a posição do Sol no céu (opcional); (c) sistema de transmissão e distribuição da luz; (d) sistema de emissão de luz.

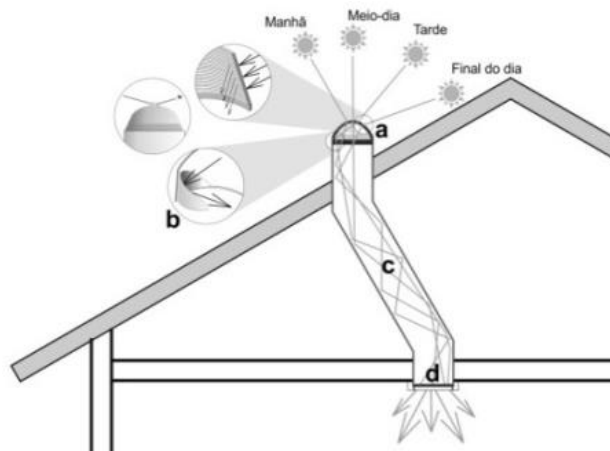


Figura 1 – Duto de luz Solar e seus componentes (adaptado da IEA, 2000).

No âmbito internacional, diversos trabalhos têm avaliado a eficiência de entrega de luz dos dutos de luz solar no ambiente interno. Na maioria destes trabalhos, considerou-se o tubo sem avaliar qual seria o efeito na iluminação ao apresentar os ambientes internos sistemas simples de iluminação como janelas.

Paroncini; Calcagni e Corvaro (2007) realizaram o monitoramento de um tubo de sol instalado num laboratório de teste sem janelas. Foi avaliada a distribuição das iluminâncias sobre o plano de trabalho. Os resultados mostraram a melhor eficiência lumínica nos dias de verão, e o valor mínimo das iluminâncias nos dias do inverno. Mohelnikova (2009) desenvolveu um modelo de tubo de luz solar, em escala 1:1, para determinar a eficiência de transmissão de luz. O duto de luz solar foi instalado num corredor sem janelas. O estudo mostra que a maior contribuição deste sistema é entregar luz natural às áreas mais profundas e difíceis dos edifícios. Evidenciou-se também uma menor eficiência em condições de céu encoberto.

Kim e Kim (2010) desenvolveram um experimento com a configuração de um tubo de luz solar, a escala real, 1:1, para avaliar o desempenho de entrega de luz para o tubo, o tubo de luz estava instalado num ambiente de teste sem janelas, mostra-se como resultado que o sistema de tubo de luz fornece suficiente luz nas condições de céu claro e luz direta e também fornece uma quantidade significativa de luz sob condições de céu nublado.

Li et al (2010) fizeram um estudo no Hong Kong para determinar a eficiência de tubos de luz solar, 10 tubos de luz foram instalados no teto de um corredor sem janelas, os resultados demonstram que os tubos solares podem prover suficiente iluminação, melhorar a uniformidade da luz natural e tem um potencial grande para reduzir o consumo de energia elétrica. Evidenciou-se que usando sistemas de controle integrados, pode-se alcançar uma economia de até 54% no consumo da iluminação artificial.

No âmbito acadêmico brasileiro, são poucas as pesquisas que avaliam a influência dos tubos de luz solar nas edificações, tanto para calcular o desempenho lumínico, como para determinar a energia economizada a partir do uso destes sistemas. Demétrio (2005) desenvolveu uma série de maquetes com dutos de luz em escala 1:10 com o objetivo de avaliar os seus desempenhos. Como os resultados dos experimentos de avaliação do tubo com uma janela, determinou-se que o duto de luz cria a possibilidade de diminuir a área da janela sem prejudicar a iluminação nas áreas mais distantes da abertura.

Soto (2010) avaliou a capacidade de admissão e distribuição de luz natural por meio de dutos de luz solar com o fim de gerar ambientes bem iluminados em habitações populares. Neste caso foi utilizado o software Troplux, foram modelados os três tubos em um ambiente sem janelas; o estudo mostra que dos modelos simulados em que foram observados níveis suficientes de iluminância média para a realização de atividades domésticas, permite-se supor uma economia mínima de 38% no relativo ao custo econômico da energia utilizada em iluminação artificial para os dias analisados.

Como evidenciado anteriormente estes trabalhos avaliam a entrega de luz pelo tubo ao interior dos ambientes, mas não avaliam como seria a distribuição das iluminâncias ao usar este sistema integrado com janelas convencionais, como acontece em edificações onde os tubos já foram instalados.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo comparar as iluminâncias internas de um ambiente simulado com um duto de luz solar e uma janela e um ambiente com a janela e sem o duto de sol; e analisar a distribuição das iluminâncias no ambiente a partir do uso de um tubo de luz solar.

3. MÉTODO

Este trabalho visa comparar o cálculo do nível da iluminação a partir do uso integrado de uma janela e um tubo de sol e um ambiente com uma janela. Esta análise foi realizada em duas etapas: comparação das iluminâncias internas num ambiente com o tubo de luz solar e a janela e o mesmo ambiente somente com a janela; e a análise da distribuição das iluminâncias no ambiente com o tubo de sol e a janela. Para fazer esta comparação e análise foi utilizada a simulação com o software Troplux. A continuação o procedimento detalhado:

3.1. Simulação da iluminação natural em um ambiente com o duto de sol + janela e um ambiente provido apenas de uma janela

Diversos estudos têm usado a simulação como ferramenta para calcular a iluminação natural gerada com os tubos de luz solar, calcular o desempenho dos tubos e prever futuras modificações no projeto de iluminação.

Para a simulação considerou-se a incidência solar da cidade de Curitiba-PR. O ambiente simulado para esta comparação foi o mesmo para os dois casos: (1) o ambiente com o duto de sol e a janela; e (2) o ambiente com somente a janela. A geometria do ambiente tem como dimensões (3.82 x 2.40 x 2.60) m, e o percentual da janela na fachada (PJF) foi estimado em 29%. A janela considerada na simulação possui as seguintes dimensões: 1.50 metros de largura por 1.20 metros de altura.

Para a simulação foi considerada a refletância do piso igual a 0,45, o teto possui refletância de 0,25 e as paredes têm 0,7 de refletância, para a janela a transmitância considerada é de 0,88. As refletâncias e transmitâncias utilizadas neste trabalho são os mais próximos aos materiais utilizados na casa de teste.

O tubo tem as seguintes características geométricas: A relação diâmetro/comprimento é de 1:3, o comprimento do tubo é de 75 cm e o diâmetro do coletor e difusor é de 25 cm, a parte superior do tubo, onde está o coletor possui um corte de 30° orientado ao norte, para otimizar a captação de luz (Figura 2). Como características dos materiais, foi definido policarbonato para o coletor e difusor, com transmitância de 0,9, para o revestimento interno do tubo, foi considerado uma lâmina *Mylar* com refletância de 0,9.

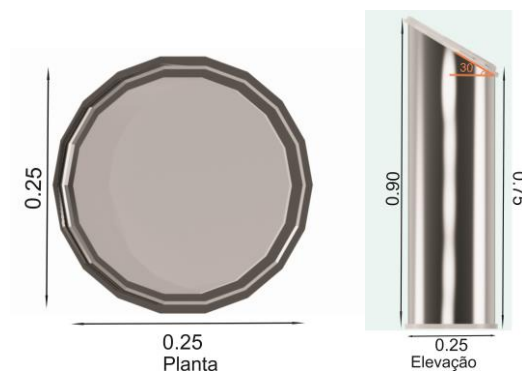


Figura 2 - Dimensões e geometria do tubo simulado.

O eixo central do tubo está localizado a 2.96 m de distância da janela com relação ao eixo y e a 1.2 m de distância com relação à janela no eixo x.

Como pontos de análise estabeleceu-se uma malha de 20 pontos localizados à altura do plano de trabalho, a 75 cm de altura em relação ao nível do piso.

O modelo da sala com a ubicação da janela e o tubo, a orientação da sala com relação ao norte, os pontos de análise e a geometria do tubo estão representados na Figura 3.

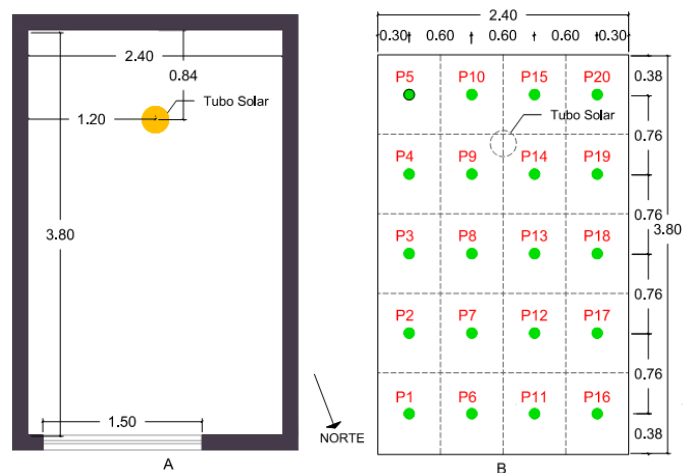


Figura 3 - Dimensões da sala e pontos de análise

As simulações consideraram a cidade de Curitiba como referência, para este caso a latitude é de -25.51° e a longitude é de -49.27° . Destaca-se que a opção de programação de diversas cidades do Brasil é uma ferramenta do software Tropix.

Foram eleitos três tipos de céu padronizados pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE, 2003) e que estão disponíveis no software, os céus 5, 10 e 15, o céu tipo 5 corresponde ao céu encoberto, o céu tipo 10 corresponde ao céu parcialmente nublado e o céu 15 ao céu claro com luz solar direta. A consideração destes três tipos de céus é suficiente para determinar as condições de luz natural num clima (CABÚS, 2005).

As simulações foram realizadas no período entre 07h e 17h, hora solar, e para quatro datas, nos solstícios de inverno e verão e nos equinócios de outono e primavera, datas correspondentes ao hemisfério Sul, com a finalidade de determinar a eficácia do sistema ao longo do ano. O azimute com respeito ao eixo x corresponde a 21° , por ser esta a orientação da casa do teste com relação ao norte.

Com base nestas simulações foram comparadas as iluminâncias internas nas duas situações: o ambiente com o duto de luz solar e sem o duto de luz solar.

3.2. Distribuição das iluminâncias no ambiente interno com o tubo de sol e a janela.

Para medir as iluminâncias na sala usando um tubo de sol, foram tomados cinco pontos horizontais dos 20 pontos da malha de análise, estes pontos correspondem aos pontos 6, 7, 8, 9 e 10 da sala, estes pontos estão localizados a uma distância horizontal de 0.38 m, 1.14 m, 1.9 m, 2.66 m e 3.42 m respectivamente com relação à janela.

Para esta análise é considerado o horário das 12 horas, neste caso foram também tomados os três tipos de Céu (claro, parcialmente coberto e coberto) e as quatro datas correspondentes as estações do ano. A Figura 4 apresenta os pontos eleitos tomados para esta análise, como também a distâncias entre estes pontos.

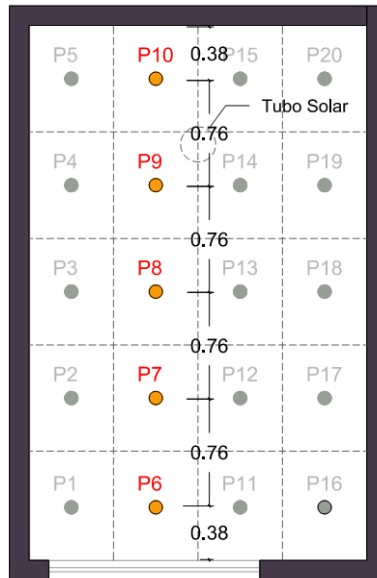


Figura 4 - Distâncias entre pontos da malha tomados para análise da distribuição das iluminâncias

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Comparação da iluminação natural de um ambiente com o tubo de sole a janela e um ambiente sem o tubo de sol

Procurou-se avaliar as iluminâncias obtidas através de simulações comparando os resultados do ambiente com o tubo de sol e sem o tubo de sol, os resultados das simulações estão organizados de acordo aos três tipos de céu e aos equinócios e solstícios. Para esta análise se utilizou a média dos valores dos 20 pontos da malha, para todas as horas simuladas.

4.1.1 Comparação das iluminâncias para o céu tipo CIE 5- Céu Encoberto.

Para o equinócio de outono, as iluminâncias do ambiente com a janela e o tubo são maiores em todos os horários, com o valor maior ao meio dia, a diferença máxima de iluminâncias é de 81.3 lux em comparação com a iluminância obtida com o outro ambiente. O mesmo fato acontece para o equinócio de primavera, onde a diferença máxima é de 81.1 lux em comparação com o ambiente que tem somente a janela.

A Figura 5 mostra os valores das iluminâncias para as horas simuladas nos equinócios, como a curva de variação destas.

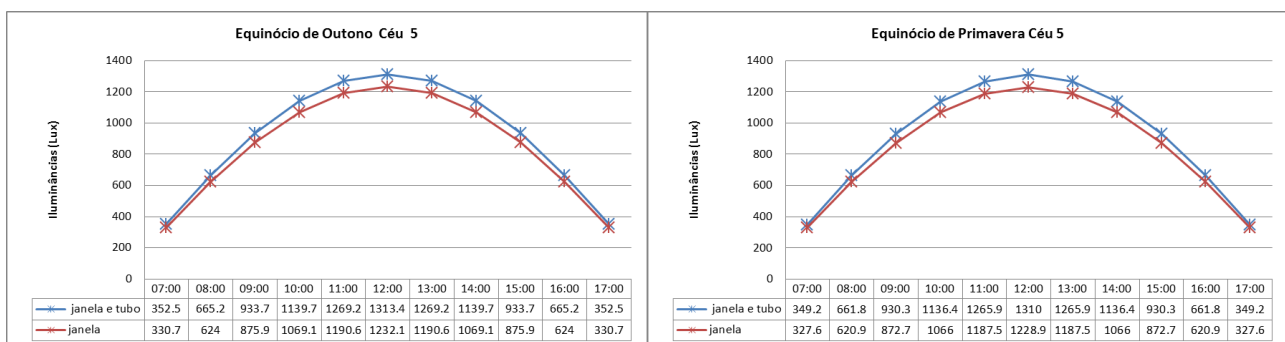


Figura 5- Valores das iluminâncias internas para os equinócios.

No caso do solstício de inverno e verão, as iluminâncias simuladas no ambiente com o tubo e a janela são também maiores, para todas as horas, para o solstício a diferença máxima de iluminâncias entre ambos ambientes é às 12 horas com 60 lux de diferença.

Para o solstício de verão o valor máximo atingido é de 1454 lux para às 12 horas, neste horário a diferença de iluminâncias entre os dois ambientes são de 90 lux, apresentando o ambiente com o tubo e janela o maior nível de iluminação.

A Figura 6 mostra os valores das iluminâncias nos horários simulados nos solstícios, como seus respectivos decursos.

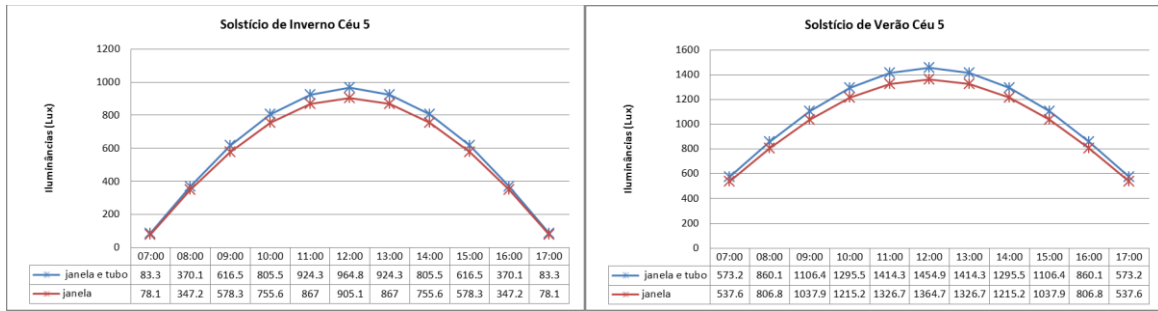


Figura 6- Valores das iluminâncias internas para os solstícios.

Com os resultados da simulação para o céu tipo 5 pode se observar que o ambiente com o tubo de luz apresenta os maiores níveis de iluminâncias, porém esta melhora representa como máximo um aumento de 90 lux, o equivalente a 6,2 % comparado com o ambiente sem o tubo.

4.1.2 Comparação das iluminâncias para céu tipo 10- Céu Parcialmente coberto.

No equinócio de outono e primavera as iluminâncias do ambiente com a janela e o tubo são mais elevadas em todos os horários, com o valor máximo às 10 horas. Para o caso de outono a diferença máxima de iluminâncias é de 341 lux em comparação com a iluminância obtida com o ambiente sem tubo solar. Para a primavera a diferença máxima de iluminâncias é de 338 lux. Para as duas datas estas máximas diferenças correspondem às 11 horas.

A Figura 7 apresenta os gráficos dos valores das iluminâncias nos horários simulados nos solstícios, observa-se uma trajetória irregular das iluminâncias no transcurso das horas para ambas as datas.

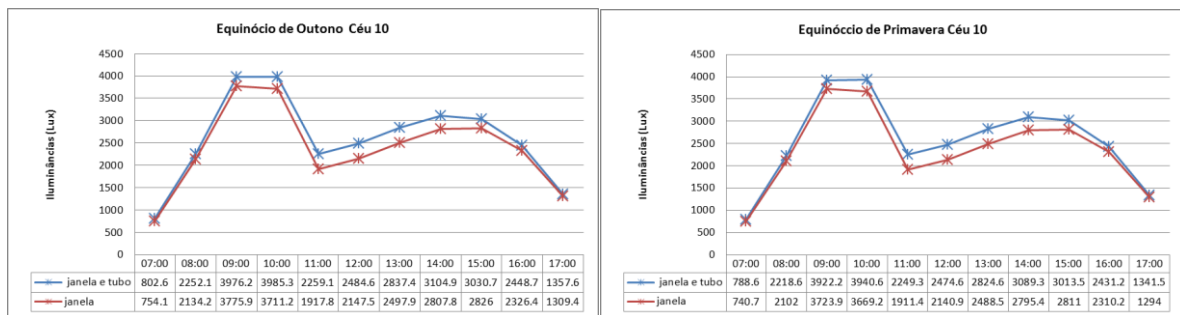


Figura 7- Valores das iluminâncias internas para os equinócios

No caso do solstício de inverno, as iluminâncias simuladas no ambiente com o tubo e a janela são também as mais altas, sendo às 14 horas o maior nível atingido, para todas as horas, a diferença máxima de iluminâncias entre ambos ambientes é às 12 horas com 193 lux de diferença.

Para o solstício de verão o valor máximo atingido é para às 9 horas, com 8850 lux, para esta data o ambiente com o tubo apresenta as iluminâncias mais altas, a maior diferença de luz natural é dada às 12 horas com 444 lux.

A Figura 8 apresenta os valores das iluminâncias nos horários simulados nos solstícios, é observada nestes gráficos uma trajetória irregular no transcurso das horas simuladas para ambas as datas.

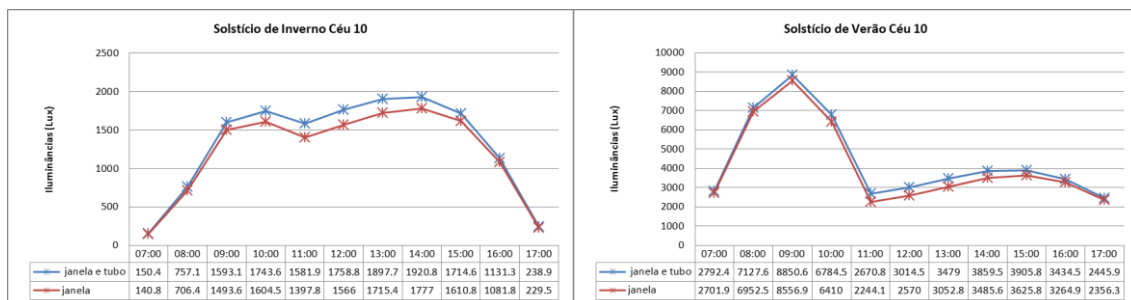


Figura 8- Valores das iluminâncias internas para os solstícios

A partir destes resultados para o céu tipo 10 se mostra que o ambiente com o tubo de luz apresenta os níveis mais altos de iluminâncias nas quatro datas; o máximo aumento das iluminâncias obtidas a partir do uso do tubo solar é equivalente a 15 %.

4.1.3 Comparação das iluminâncias para céu tipo 15- Céu Claro.

Para outono e primavera as iluminâncias do ambiente com a janela e o tubo são maiores em todas as horas analisadas, o máximo valor atingido nas duas datas corresponde às 9 horas. No equinócio de outono a diferença máxima de iluminâncias é para às 11 horas com 412 lux. Para o equinócio de primavera a diferença máxima de iluminâncias é de 407 lux, também às 11 horas. A Figura 9 mostra os valores das iluminâncias nos horários simulados nos solstícios, pode se observar uma trajetória irregular com o valor mínimo às 17 horas.

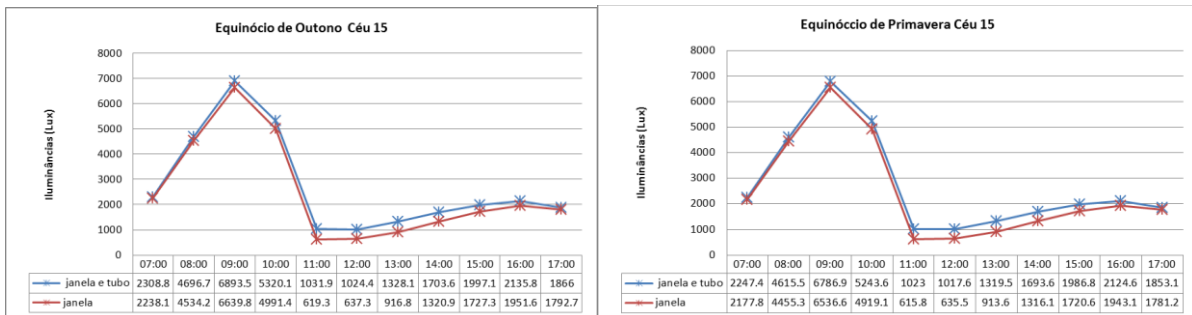


Figura 9- Valores das iluminâncias internas para os equinócios

Para o solstício de inverno, a máxima iluminância atingida é às 9 horas no ambiente com o tubo. Neste caso é observado que a diferença máxima de iluminâncias entre ambos ambientes é de 429 lux. O solstício de verão tem o valor máximo atingido às 8 horas, para esta data o ambiente com o tubo mostra as iluminâncias mais elevadas, sendo a maior diferença de luz natural às 12 horas com 528 lux.

A Figura 10 apresenta os valores das iluminâncias nos horários simulados como o trajeto destes ao longo do dia, observando-se uma trajetória irregular para ambas as datas.

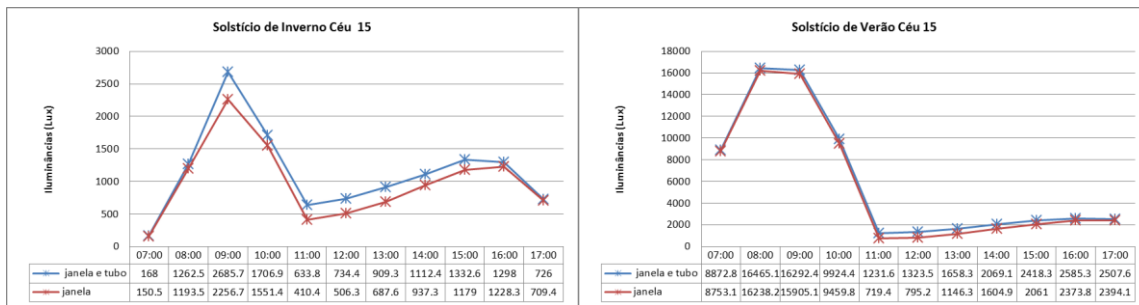


Figura 10- Valores das iluminâncias internas para os solstícios

Para o céu tipo 15 nas datas e horas simuladas, os valores das iluminâncias são mais elevados no ambiente com o tubo, chegando a aumentar as iluminâncias em comparação com o ambiente sem o tubo em 40 %.

4.2. Distribuição das iluminâncias no ambiente interno com o duto de sole a janela.

Nesta etapa foi analisado como evoluem as iluminâncias, de acordo com 5 pontos tomados dos 20 pontos da malha de análise da simulação, estes pontos correspondem a 5 distâncias equidistantes horizontais desde o ponto mais afastado da janela, isto é a 3.42 m de distância até o ponto mais perto da janela, a 0.38 m de distância. Para simplificar esta análise foi considerado só o horário das 12 horas.

4.2.1 Distribuição das iluminâncias nos equinócios.

Para o equinócio de outono nos pontos analisados, a maior iluminância obtida corresponde ao ponto mais perto da janela, a sua mesma vez o ponto mais afastado da janela representa o valor mínimo de iluminâncias,

este comportamento é observado para os três tipos de céu e às 12 horas. No caso do equinócio de primavera, os resultados são similares. Para ambas datas o céu 10 se apresenta com os níveis mais altos de luz, o céu 15 tem níveis maiores só para os dois pontos mais afastados da janela e para os outros três pontos o céu 5 obteve as iluminâncias mais altas.

Na Figura 11 estão apresentados os gráficos com as iluminâncias nos horários simulados para os equinócios, com o trajeto da luz de acordo com as distâncias dos cinco pontos de análise.

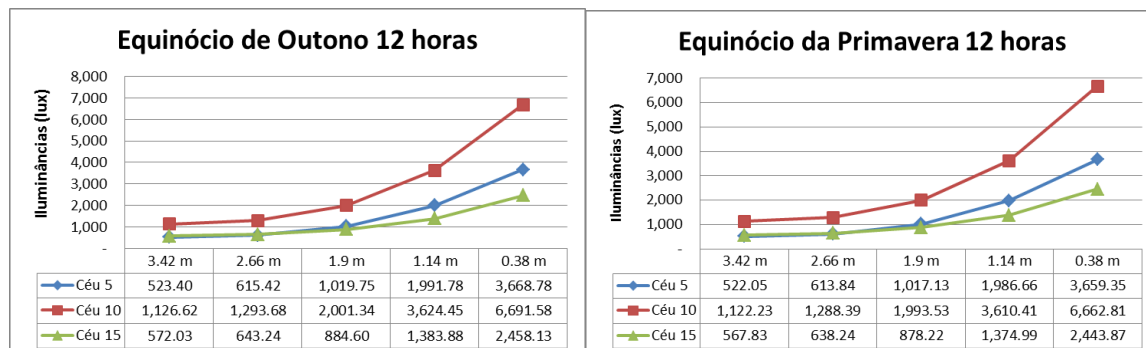


Figura 11- Valores das iluminâncias internas para os equinócios

4.2.2 Distribuição das iluminâncias nos solstícios.

No caso do solstício de inverno, a maior iluminância corresponde aos pontos mais próximos da janela, os valores decrescem em relação às distâncias mais afastadas. O equinócio de primavera possui resultados semelhantes na variação das iluminâncias. O céu 10, para essas datas apresenta os níveis mais altos de iluminâncias, no caso do céu 15, os níveis maiores são apenas para os dois pontos mais afastados da janela e os outros pontos têm valores maiores no caso do céu 5. Este comportamento é observado também nos equinócios.

A Figura 12 apresenta as iluminâncias nos horários simulados para os solstícios, com o seu trajeto da luz de acordo com as distâncias dos cinco pontos de análise.

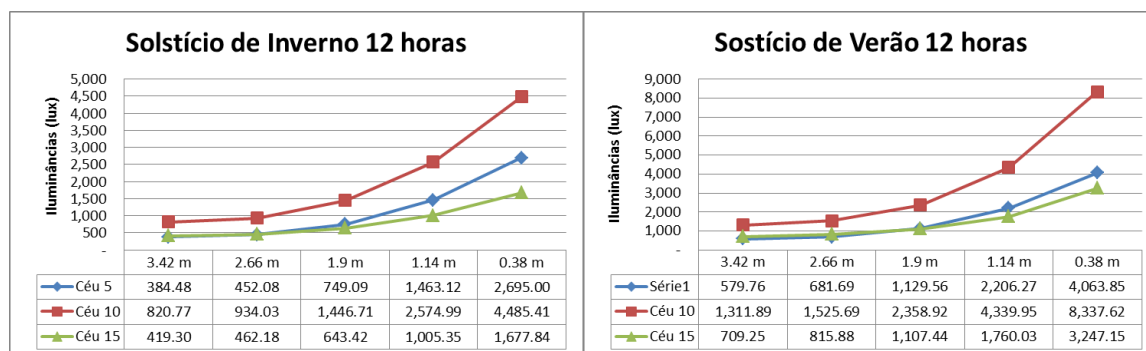


Figura 12- Valores das iluminâncias internas para os solstícios

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho compara as iluminâncias calculadas mediante simulação num ambiente com um tubo de luz solar e uma janela e um ambiente com a janela e sem o tubo de luz solar. Estas simulações foram efetuadas nas quatro estações do ano e com três tipos de céu padronizados pela CIE.

Para todas as datas simuladas, no céu tipo 5, observa-se níveis mais altos de iluminâncias para o ambiente com o tubo solar, chegando obter até 6,2 % maiores valores de iluminâncias. Para o céu tipo 10 os resultados indicam um aumento de até 15 % nas iluminâncias internas; para o céu 15 foi mostrado o melhor desempenho do ambiente com o tubo em comparação com os outros tipos de céu, podendo se acrescentar os níveis de iluminâncias de até 40 % que sem o uso do tubo solar.

Também foi analisado a distribuição das iluminâncias do ambiente com o tubo solar em relação às distâncias a partir da janela, foi mostrado que os níveis mais altos de iluminâncias pertencem aos pontos

mais próximos da janela e se observa um decréscimo das mesmas a medida que as distâncias se afastam da janela, estes resultados foram obtidos para as quatro datas simuladas.

A partir desta comparação é possível determinar que com o uso e integração de um tubo solar com um sistema simples de iluminação como uma janela pode se melhorar o nível de iluminâncias no interior do ambiente em até 40 % em comparação com o ambiente sem o tubo. Desta forma, é possível afirmar que o tubo solar complementa e ajuda a melhorar a iluminação natural nos ambientes onde são usados.

Observa-se que, em algumas das simulações geradas, obteve-se valores altos de iluminâncias, principalmente no caso do céu tipo 15, para os equinócios e solstício de verão, com média aproximada de 990 lux. Para o solstício de verão, no céu tipo 10, as simulações também geraram valores acima da média (8850 lux). Por esta razão, indica-se a inclusão de dispositivos para o controle de luz solar direta, como vidro semitransparente ou superfícies difusoras de luz posicionadas na saída do duto de sol, buscando-se reduzir o excesso de claridade e evitar ofuscamento dentro do ambiente.

Um protótipo do duto de sol simulado neste trabalho encontra-se em fase final de desenvolvimento e será instalado em uma casa de teste localizada no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba/PR. O seu desempenho será avaliado sob condições reais de uso. Os resultados obtidos deverão ser publicados em um futuro trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MARWAE, M; CARTER, D. Tubular Guidance Systems for Daylight: Achieved and Predicted Installation Performances. **Applied Energy**, v. 83, n. 7, p. 744-788. Jul. 2006.
- CABÚS, Ricardo C. TropLux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, 2005, **Anais...**Maceió, ENCAC-ELAC 2005.
- CIE-Commission Internationale del'Eclairage: **Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky**. CIE S 011/E:2003, ISO 15469:2003(E), Viena, 2003.
- DEMÉTRIO, S. A. **Avaliação Teórica e Experimental do Desempenho de Duto de Luz, na Cidade de São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.
- IEA - INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **Daylight in Buildings**. A Source Book on Daylighting Systems and Components. Washington, USA, 2000.
- KIM, G.; KIM J. Overview and New Developments in Optical Daylighting Systems for Building a Healthy Indoor Environment. **Building and Environment**, v. 45, n. 2, p. 256-269, Feb. 2010.
- LI, D. H. W; TSANG, E. K. W; CHEUNG, K. L; TAM, C. O. An Analysis of Light-pipe System via Full-scale Measurements. **Applied Energy**, v. 87, n.1, p. 799-805, Mar. 2010.
- MOHELNIKOVA, J. Tubular Light Guide Evaluation. **Building and Environment**. v. 44, n. 10, p. 2193-2200, Oct. 2009.
- PARONCINI, M.; CALCAGNI, B.; CORVARO, F. Monitoring of a light-pipe system. **Solar Energy**, v. 81, n. 9, p. 1180-1186, Set. 2007.
- SOTO S. F. J. **Avaliação do Desempenho Luminoso de Duto de Luz: Estudo da Implementação em Ambientes Padrões de Habitações Populares em Três Latitudes**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.