

MELHORIA NO DESEMPENHO LUMÍNICO DE EDIFÍCIO COM SISTEMA NÃO CONVENCIONAL DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Ary Rodrigues Alves Netto (1); Douglas Barreto (2); Maria Akutsu (3); Adriana Camargo de Brito (4)

(1) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, eng.arynetto@terra.com.br, UFSCar;

(2) Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Civil, dbarreto@ufscar.br, UFSCar;

(3) Física, Dr^a do Laboratório de Conforto Ambiental, akutsuma@ipt.br, IPT;

(4) Arquiteta, Mestre no Laboratório de Conforto Ambiental, adrianab@ipt.com, IPT.

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos – Rod. Washington Luis, km 235 – CEP: 13565-905 - São Carlos – SP. Telefone: (16) 3351 8261.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cid. Universitária – CEP: 05508-901 – São Paulo – SP. Telefone: (11) 3767 4579

RESUMO

A demanda por energia elétrica vem aumentando ano a ano, sendo os sistemas de iluminação um dos responsáveis por grande parte da energia consumida nas edificações e no meio urbano, demandando ações em prol da eficiência energética. Utilizar da luz natural é um dos fatores que mais contribuem para que se obtenha economia de energia na iluminação de edifícios. A contribuição da iluminação natural na melhoria do desempenho energético do edifício foi verificada por meio da análise do comportamento de prateleiras de luz. Foram realizadas simulações computacionais por meio do programa TropLux, visando analisar o desempenho lumínico do ambiente e assim, quantificar o potencial de economia de energia elétrica. As simulações computacionais foram feitas para um edifício da UFSCar, comparando-se sua situação original com elementos sombreadores, beiral e brises horizontais, com modelos propostos com a instalação de prateleiras de luz. Os resultados das simulações indicam que o uso do dispositivo redirecionador da luz natural proporciona economia de energia elétrica de mais de 50% da energia demandada para a suplementação da iluminação natural pelo sistema de iluminação artificial

Palavras-chave: Luz natural; Desempenho lumínico; Prateleiras de luz.

ABSTRACT

The demand for electricity has been increasing year by year, and the lighting being responsible for much of the energy consumed in buildings and systems in urban areas, demanding action to improve energy efficiency. Use of natural light is one of the factors that contribute most to obtain energy savings of buildings' lighting. The improvement of energy performance of buildings was through the analysis of light shelves' behavior. Were performed computer simulations using TropLux program in order to analyze the lighting performance of the environment and thereby quantify the potential for saving electricity. Computer simulations were made to a building at UFSCar, comparing your unique situation with shading elements, eaves and horizontal brises, with models proposed with light shelves installed. The simulation results indicate that the use of natural light redirector device provides power savings of over 50% of the energy required for supplementing the natural light by artificial lighting system

Keywords: Daylight; Lighting performance; Light shelves.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se estudar o uso mais racional dos recursos energéticos advém do alto consumo de energia elétrica, que de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014) em seus estudos a cerca das previsões de consumo de energia elétrica até o ano 2023, prevê que o crescimento médio anual da demanda total de eletricidade será de 5,5% ao ano para a classe comercial, 4,3% ao ano para a residencial e de 3,4% para as demais classes e a industrial, no Brasil.

Os sistemas de iluminação artificial são grandes consumidores dessa energia elétrica produzida, portanto o emprego de tecnologias que proporcionem o aproveitamento de iluminação natural pode contribuir para redução do consumo de energia nos edifícios (TOLEDO, 2013). Sendo assim, passa-se a estudar meios de se otimizar o uso da luz natural, por meios não convencionais de iluminação. Os sistemas não convencionais de iluminação visam suprir as lacunas deixadas pelos sistemas convencionais, ou seja, complementar a iluminação de um ambiente que seria iluminado apenas por aberturas laterais e zenitais.

O sistema não convencional de iluminação natural estudado foi a prateleira de luz, elemento horizontal instalado nas aberturas laterais, podendo ser externo e/ou interno, e com a superfície superior refletora (FREEWAN, 2010). Atua como dispositivo de sombreamento que bloqueia a luz solar direta, redirecionando-a para o teto, melhorando a distribuição da luminosidade nos pontos mais distantes da abertura lateral, além de minimizar o aquecimento das áreas próximas às aberturas, permitindo a melhoria do conforto térmico (FREEWAN, 2010; MAIOLI, TAUFNER e ALVAREZ, 2014). O estudo realizado por Rosim (2008) analisa o efeito das prateleiras com relação ao conforto térmico e redução do consumo de energia elétrica consumida pelo sistema de iluminação artificial. Santos e Souza (2012) também analisaram o desempenho das prateleiras de luz visando a economia de energia elétrica, associando o tipo de vidro das esquadrias com o aproveitamento da luz natural.

Neste trabalho, o ambiente escolhido para as simulações realizadas foi uma sala de aula de um prédio da Universidade Federal de São Carlos, na qual foi analisado o comportamento da prateleira de luz com relação ao desempenho lumínico por meio de simulações computacionais com o programa TropLux.

O programa TropLux, permite a avaliação da iluminação natural, com particular atenção para as características climáticas e arquitetônicas de zonas tropicais. Esta característica apresenta-se como uma vantagem, porque permite a simulação dos ambientes sob condições de iluminação natural com tipos de céus com variada distribuição de iluminâncias. (CABÚS, 2011).

Baseia-se nos conceitos dos métodos do “Raio Traçado”, “Monte Carlo” e do “Fator de Luz Diurna”. Para o cálculo das componentes refletidas externa e interna, o TropLux utiliza a subdivisão de céu proposta pela *Commission Internationale de L’éclairage* - CIE (2003), que o divide em 145 partes, e utiliza uma subdivisão mais refinada com 5221 partes, para o cálculo da componente direta (CABÚS, 2005).

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo testar a funcionalidade das prateleiras de luz como dispositivo redirecionador da luz natural, para a melhoria do desempenho lumínico de edifícios de sala de aula.

3. MÉTODO

Para este trabalho foram analisadas as iluminâncias de uma sala de aula, localizada em edifício destinado ao ensino, na Universidade Federal de São Carlos, no município de São Carlos/SP. O entorno do edifício encontra-se desobstruído, sendo um grande gramado e, portanto não havendo nenhum tipo de interferência entre a iluminação natural e a abertura da sala estudada. O ambiente possui apenas uma abertura, na qual está instalada uma janela composta por caixilho metálico na cor preta, com vidros lisos e incolores, orientada para o norte geográfico. A Figura 1 apresenta o ambiente estudado, com suas dimensões internas, representadas em planta e corte.

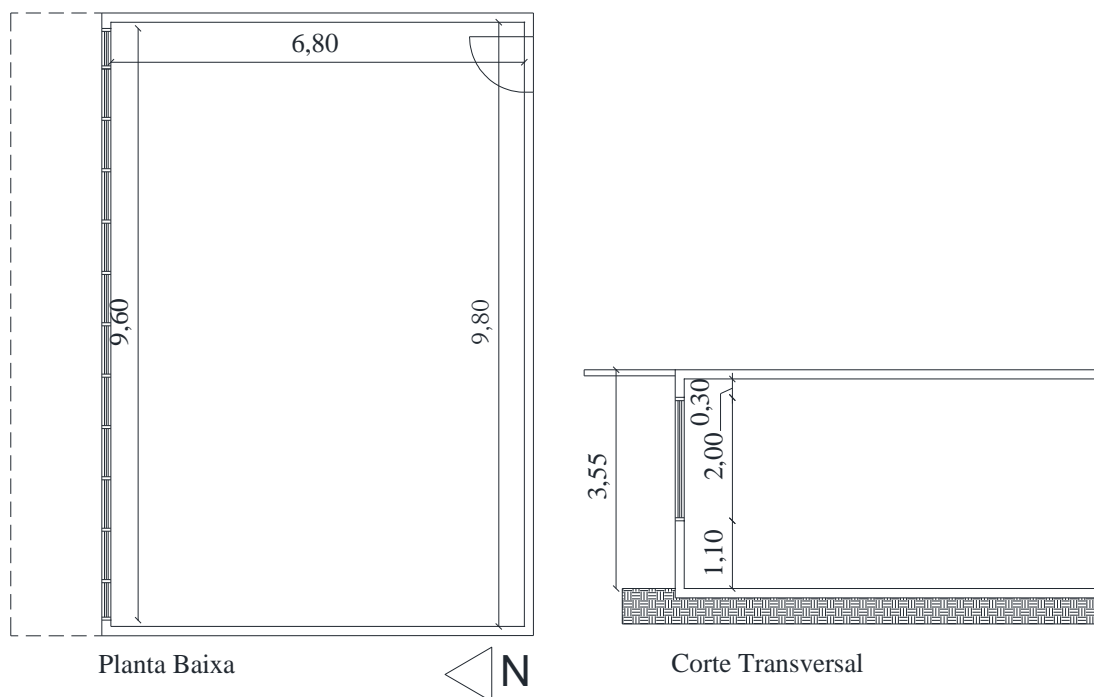


Figura 1: Dimensões do ambiente analisado.

As iluminâncias internas foram calculadas por meio do programa Troplux, considerando-se o ambiente na configuração atual do mesmo e com prateleiras de luz. Originalmente a sala de aula possui elementos sombreadores: beiral e brises horizontais, sendo esta configuração denominada de Modelo de Referência (MR), conforme Figura 2.

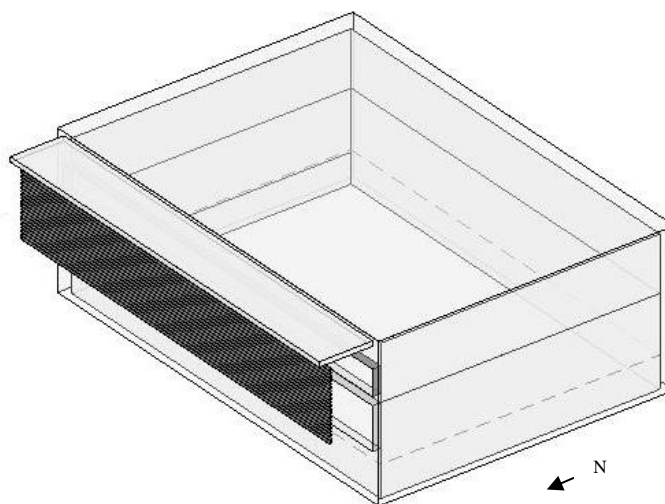


Figura 2: Modelo de Referência (MR)

O beiral foi executado em concreto, com refletância de 0,40, com dimensões de 1,50m de largura, 9,80m de comprimento e 0,12m de espessura, já os brises são de material metálico, compostos por 24 barras de seção transversal retangular com dimensões de 0,08m x 0,01m x 9,80m, todas pintadas na cor marrom escura, com refletância de 0,04, afastados 1,20m da edificação.

Para o cálculo das iluminâncias com a prateleira de luz foi considerada a variação na altura de instalação da mesma com relação ao piso acabado, e nestes casos, não foi considerada a existência dos elementos sombreadores. Esta nova configuração de sala foi denominados de Modelo Proposto (MP). Os modelos propostos foram organizados e numerados considerando-se a altura de instalação da prateleira de luz com relação ao nível do piso acabado, sendo: Modelo Proposto 1 (MP1) – prateleira de luz a 1,80 metros do nível do piso acabado; Modelo Proposto 2 (MP2): prateleira de luz a 2,20 metros do nível do piso

acabado; e Modelo Proposto 3 (MP3) – prateleira de luz instalada a 2,60 metros do nível do piso acabado, conforme ilustra a Figura 3.

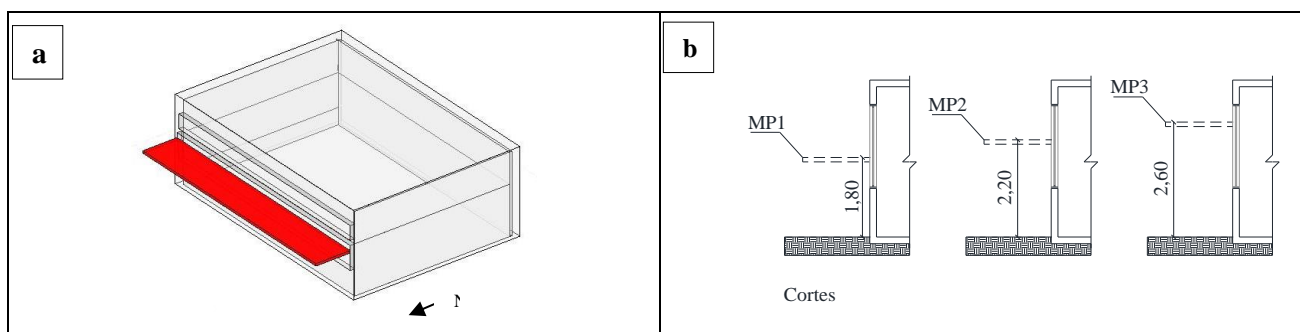


Figura 3: a - Perspectiva do modelo proposto com a prateleira de luz (exemplo); b - Cortes indicando as alturas das prateleiras de luz.

As dimensões das prateleiras foram as mesmas do beiral existente, sendo 1,50 metros de largura por 9,80 metros de comprimento, com refletância da superfície superior de 0,80.

As iluminâncias foram calculadas em pontos conforme descreve a norma NBR 15215-4/04, relacionando as dimensões do ambiente, comprimento e largura, com a altura do plano de trabalho em relação à altura da abertura. Neste caso, foram determinados 20 pontos, nomeados de A a T, dispostos conforme ilustra a Figura 4, sendo adotado o tampo das mesas da sala como referência para a altura do plano de trabalho, ou seja, 0,75m.

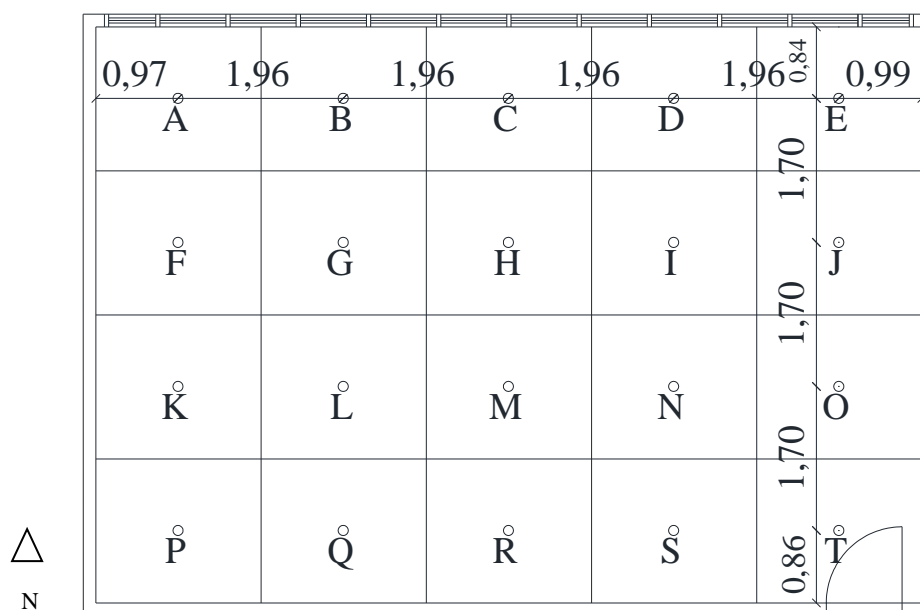


Figura 4: Malha de pontos.

Em todos os modelos foram consideradas as características originais do ambiente com relação ao acabamento das superfícies internas. Paredes e teto pintados de bege e piso de granilite, com valores de refletância de 0,50 e 0,20, respectivamente. O céu foi considerado encoberto uniformemente, tipo 5, padrão CIE (2003).

As simulações foram realizadas para os solstícios de inverno (dia 22 de junho) e de verão (dia 22 de dezembro), conforme recomenda a norma NBR 15215-4/04 (ABNT, 2004), das 8:00h às 18:00h, com intervalos de 30 minutos, totalizando 21 períodos analisados, para cada um dos 20 pontos determinados. Considerando-se ainda as coordenadas geográficas do município o qual o edifício que contém a sala estudada está inserido, neste caso, São Carlos, cuja latitude é 22°01' Sul e longitude 47°54' Oeste.

Para a avaliação do desempenho lumínico da sala, foram comparados os pontos cujos períodos no Modelo de Referência que não satisfizeram ao valor mínimo de iluminância exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1/13 (2013), que para salas de aula são 300 lux, com os mesmos períodos nos Modelos Propostos

(MP), pois demonstra a necessidade de utilização do sistema de iluminação artificial para suplementar a iluminação natural.

Ao serem analisados os mesmos pontos período no MP, caso o valor da iluminância tenha satisfeito ao valor mínimo recomendado pela norma NBR ISO/CIE NBR 8995-1/13 (ABNT, 2013b) significa então que a prateleira de luz, na configuração de altura com relação ao piso acabado, foi efetiva, melhorando a iluminância do local, portanto, caracterizando um período de economia de energia elétrica, não havendo necessidade de iluminação por meio do sistema de iluminação artificial.

Porém, caso mesmo após a simulação do MP, o período analisado pontualmente não apresente a iluminância adequada, demonstra que aquela configuração da prateleira de luz não apresentou o desempenho necessário.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A verificação do potencial de economia de energia elétrica foi feita pontualmente, ou seja, considerando-se todos os 20 pontos analisados, para todos os períodos, tanto no solstício de inverno quanto no solstício de verão.

Não foi considerado o sistema de iluminação artificial e nem o uso e ocupação do ambiente. As comparações foram feitas sempre entre o modelo que representa a situação atual do ambiente, Modelo de Referência, com os demais Modelos Propostos, 1 a 3.

Na Figura 5 está representada a quantidade de períodos de utilização da luz artificial ao longo de um dia, das 8:00h às 18:00h, neste caso o solstício de inverno. As simulações realizadas com a prateleira de luz, variando-se a altura de instalação, demonstram que o dispositivo é efetivo com relação à demanda de consumo de luz artificial.

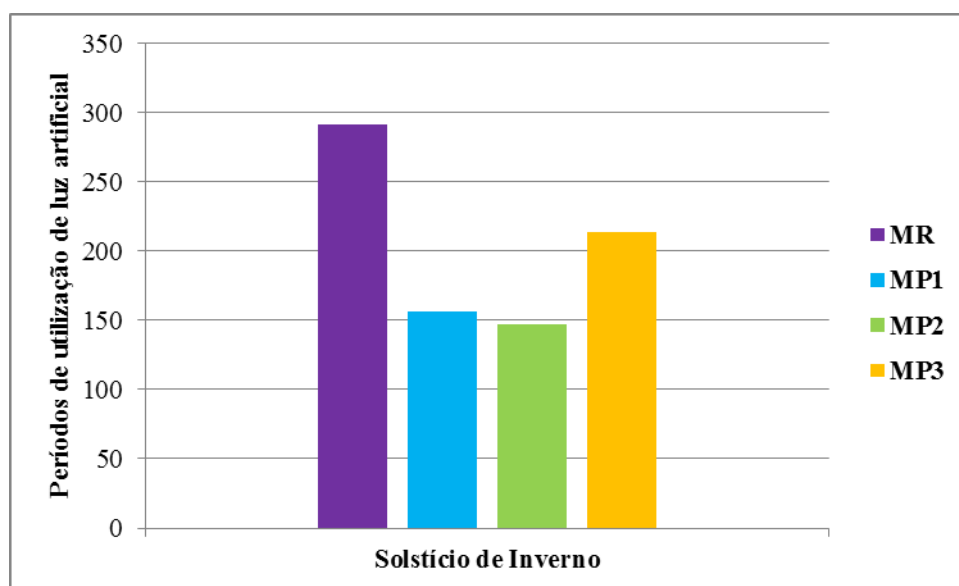


Figura 3: Utilização de iluminação artificial durante o período diurno, no solstício de inverno.

Em todas as configurações analisadas, houve uma diminuição na quantidade de períodos que utilizariam a luz artificial de forma a suplementar a iluminação natural. O mesmo ocorre para o período do solstício de verão, como demonstra a Figura 6.

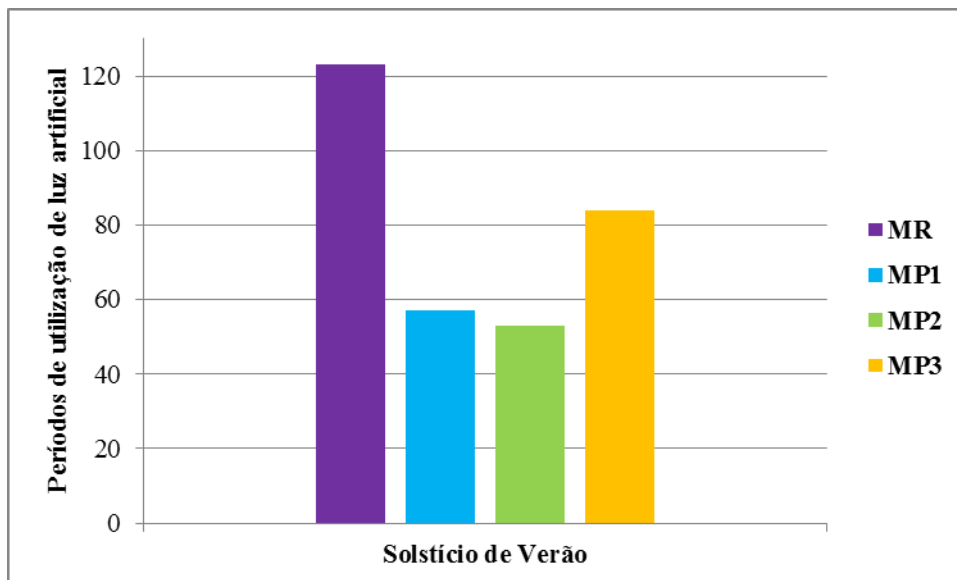


Figura 4: Utilização de iluminação artificial durante o período diurno, no solstício de verão.

A Tabela 1 apresenta a porcentagem de economia de energia elétrica que foi possível se obter por meio da utilização da iluminação natural redirecionada por meio das prateleiras de luz simuladas. A comparação realizada entre o Modelo de Referência e o Modelo Proposto 2, com o dispositivo instalado à 2,20 metros de altura com relação ao piso acabado, apresentou o melhor índice de economia de energia elétrica.

Tabela 1 – Porcentagem de economia de energia elétrica.

Período	Modelos		
	MR x MP1	MR x MP2	MR x MP3
Solstício de Inverno	54%	57%	30%
Solstício de Verão	54%	57%	32%

A efetividade da prateleira de luz com relação à economia de energia elétrica foi demonstrada por meio dos valores apresentados anteriormente a altura de instalação com relação ao piso acabado também altera os ganhos obtidos.

Pode-se inferir pelos valores apresentados que a efetividade da prateleira de luz, com relação à melhoria do aproveitamento da luz natural está diretamente relacionada à sua altura de instalação. Atinge um desempenho melhor quando instalada mais próxima a metade da altura da janela, neste caso representado pelo Modelo Proposto 2 (MP2) e quando instalada mais próxima do teto, conforme a configuração do Modelo Proposto 3 (MP3), seu desempenho é menor.

O potencial de economia de energia elétrica que seria gasta com o sistema de iluminação artificial, durante o período diurno, superou o valor apontado por Rosim (2008), 29% de economia. Mesmo não sendo abordada, neste estudo, a associação de vidros à análise do comportamento das prateleiras, o potencial de economia de energia elétrica obtido também foi maior que o obtido por Santos e Souza (2012), que apontam uma economia de 46,6%.

5. CONCLUSÕES

Por meio das simulações realizadas e das análises feitas, percebe-se que as prateleiras de luz melhoraram o desempenho lumínico do ambiente estudado.

A prateleira de luz proporciona um potencial de economia de energia elétrica, que seria gasta com o sistema de iluminação artificial durante o período diurno, de até 57%. Outro fator que colabora com a melhoria do desempenho lumínico do ambiente, proporcionado pelo redirecionamento da luz natural, é o correto posicionamento da prateleira.

Os resultados da simulação com a prateleira de luz mostraram que o dispositivo tende a melhorar o índice de iluminância do ambiente, e proporcionar ganhos energéticos expressivos com a economia de energia elétrica gasta com o sistema de iluminação artificial que seria usado durante o período diurno de forma a suplementar a carência da iluminação oriunda da luz natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215: Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**, Rio de Janeiro, 2004. 13p.

_____. **NBR 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior**, Rio de Janeiro, 2013. 46p.

CABÚS, R. Validação do programa Troplux. **Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**, p. 250-259, 2005.

_____, TropLux V5 – Guia do Usuário. Maceió, 2011.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. **ISO 15469:2003 – Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky**, Viena, 2003. 10p.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Projeção de Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos (2014 – 2023)**. 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20140203_1.pdf> Acesso em: 20/11/2014.

FREEWAN, A. A. Maximizing the lightshelf performance by interection between lightshelf geometries and a curved ceiling. **Energy Conservation and Management**, n. 51, p. 1600-1604, 2010.

SANTOS, I. G.; SOUZA, R. V. G. Proteções solares no Regulamento brasileiro de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos. **Ambiente Construído**, v. 12, n.1, p. 227-241, Porto Alegre, 2012.

MAIOLI, R. N.; TAUFNER, M. D.; ALVAREZ, C. E. Impacto da escolha do vidro em aberturas associado ao dispositivo prateleira de luz para o conforto visual em ambientes de escritório. **Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis**, p. 197-206, 2014.

ROSIM, C. A. **Comportamento de prateleiras de luz em modelo físico sob céu real na cidade de Campinas, SP [dissertação]**. São Paulo: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas; 2008.

TOLEDO, G. E. **Parâmetros de Design para a Configuração de Dutos de Luz Solar [dissertação]**. Curitiba: Programa de Pós - Graduação em Design, do Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná; 2013.