



# SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

## SIMULAÇÃO DE MELHORIA NO DESEMPENHO LUMÍNICO DE EDIFÍCIO POR MEIO DO USO DE PRATELEIRAS DE LUZ

ALVES NETTO, Ary R. (1); BARRETO, Douglas (2); AKUTSU, Maria (3)

(1) UFSCar, 16 3351 8261, eng.arynetto@terra.com.br (2) UFSCar, dbarreto@ufscar.br, (3) IPT, akutsuma@ipt.br

### 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. Neste trabalho o uso iluminação natural na melhoria do desempenho energético do edifício foi por meio da análise do comportamento de prateleiras de luz. Para a análise foram realizadas simulações computacionais por meio do programa TropLux, visando analisar 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 modelo proposto com a instalação de prateleira de luz. Os resultados das simulações indicam que o uso do dispositivo redirecionador da luz natural melhora os índices de iluminância e proporcionam economia de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Luz natural; Eficiência energética; 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. In this work the use of natural lighting on the improvement of energy performance of buildings was through the analysis of light shelves' behavior. For analyzing were performed computer simulations using TropLux, in order to analyze the potential for energy saving. Computer simulations were made to a building at UFSCar, comparing your unique situation with shading elements, eaves and horizontal brises, with model proposed with light shelves installed. The simulation results indicate that the use of redirector device of natural light improves illuminance levels and provides energy savings.*

**Keywords:** Daylight; Energy efficiency; 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, 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 avançadas de iluminação natural pode contribuir para a 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).

Neste trabalho, foi avaliado o desempenho energético de 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 realizadas 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 *ComissionInternationale de L’eclairage* - 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 OBJETIVOS**

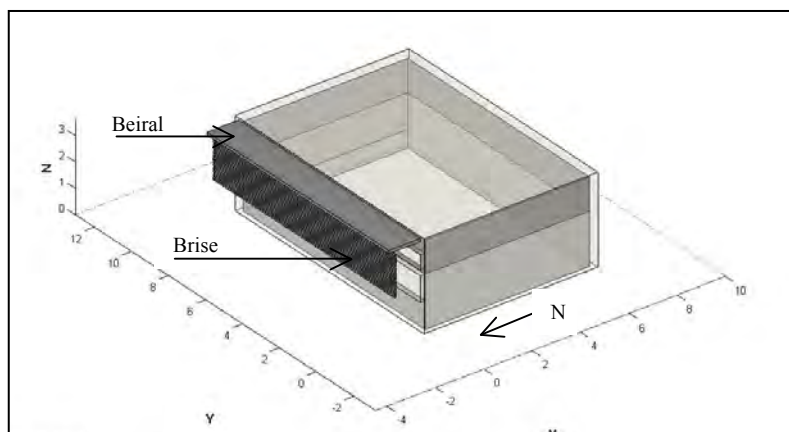
Verificar a melhoria no desempenho energético de um edifício no qual foi proposta a utilização de sistema não convencional de iluminação natural, por meio de simulações computacionais.

## **3 METODOLOGIA**

Para a avaliação da eficiência energética do ambiente estudado foi considerado o desempenho lumínico das prateleiras de luz com relação ao melhor aproveitamento da luz natural. Este melhor aproveitamento foi avaliado por meio da estimativa do potencial de economia de energia elétrica que seria consumida pelo sistema de iluminação artificial durante o período diurno.

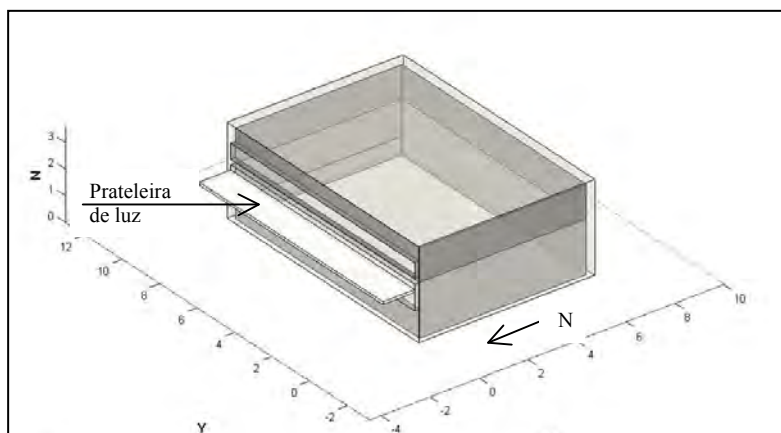
Esta análise ocorreu por meio de comparações entre os resultados das simulações computacionais executadas. Foi nomeado de Modelo de Referência (MR) o ambiente estudado, na configuração em que o mesmo foi projetado e executado, ou seja, com elementos de sombreamento: beiral e brises horizontais, conforme ilustra a Figura 1.

**Figura 1. Modelo de Referência (MR).**



O outro modelo estudado foi denominado de Modelo Proposto (MP), no qual foi considerada a instalação da prateleira de luz em substituição ao beiral e brises existentes. A prateleira de luz foi simulada à 1,80 metros do nível do piso acabado, com as mesmas dimensões do beiral existente, 1,50 metros de largura por 9,80 metros de comprimento, conforme ilustra a Figura 2.

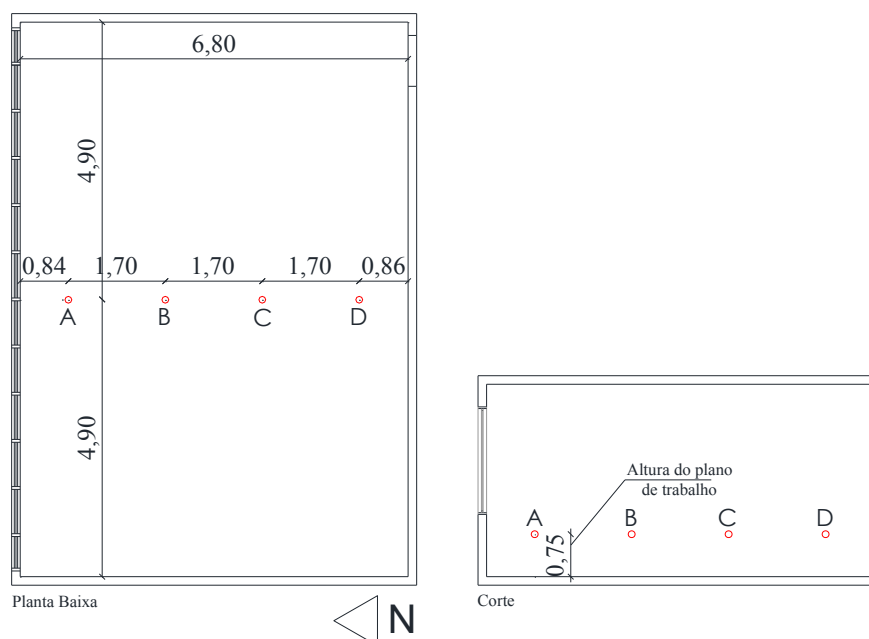
**Figura 2. Modelo Proposto (MP).**



Por meio de simulação computacional, conforme os procedimentos determinados pela norma NBR 15215-4/04 (ABNT, 2004) e utilizando-se o software TropLux V7, foi feito o registro das iluminâncias em cada ponto analisado para ambos os modelos estudados. As simulações foram realizadas para os solstícios de inverno (dia 22 de junho) e de verão (dia 22 de dezembro), das 8:00h às 18:00h, com intervalos de 15 minutos.

Foi determinado o número mínimo de pontos necessários para verificação do nível de iluminação natural, porém, dos 20 pontos determinados, conforme o procedimento descrito na norma anteriormente mencionada foi analisado apenas os pontos localizados no eixo central transversal, dispostos conforme Figura 3. O primeiro ponto está localizado próximo à janela, ponto A (distante 0,84 metros da abertura), o segundo, ponto B, distante 2,54 metros da abertura, o terceiro, ponto C, distante 1,70 metros do ponto B, e o último, ponto D, localizado mais ao distante da janela, 5,94 metros, e todos a uma altura de 0,75 metros do chão, estabelecendo o plano de trabalho.

Figura 3. Pontos analisados.



As simulações foram feitas considerando-se a geometria do ambiente, orientação da abertura com relação ao norte e as refletâncias das superfícies: internas do ambiente - cor bege; beiral – concreto; brises existentes - marrom escuro. Para a prateleira de luz, foi considerada que sua superfície superior seria clara, neste caso, como se a mesma fosse de madeira pintada de branco. Os dados referentes às refletâncias estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Características dos materiais - Refletância.

Plano	Refletância	Plano	Refletância
Teto	0,4	Piso	0,2
Parede A – interna	0,5	Beiral	0,4
Parede B – interna	0,5	Prateleira de Luz	0,8
Parede C – interna	0,5	Brise	0,04
Parede D – interna	0,5	Superfície de Trabalho	0

As comparações realizadas entre o MR e o MP foram feitas pontualmente, período a período para as duas épocas, solstícios de inverno e verão, analisadas, para o céu padrão 5 (CIE, 2003).

Após as simulações dos modelos, passou-se à análise do potencial de economia de energia elétrica, onde foram feitas comparações entre os valores obtidos.

Primeiro foi observado se para o período e ponto analisado o valor da iluminância obtido no MR atingiu o recomendado pela norma NBR 8995-1/13 (ABNT, 2013), caso o valor tenha satisfeito o valor mínimo recomendado, significa que para aquele período a iluminação natural é suficiente para o desempenho da atividade naquele ponto. Caso contrário, é feita a comparação com os MP, quando a mesma verificação com relação ao valor de iluminância recomendado é feita.

Ao ser analisado o MP para o mesmo período e ponto do MR, caso o valor da iluminância tenha satisfeito ao valor mínimo recomendado pela norma NBR 8995-

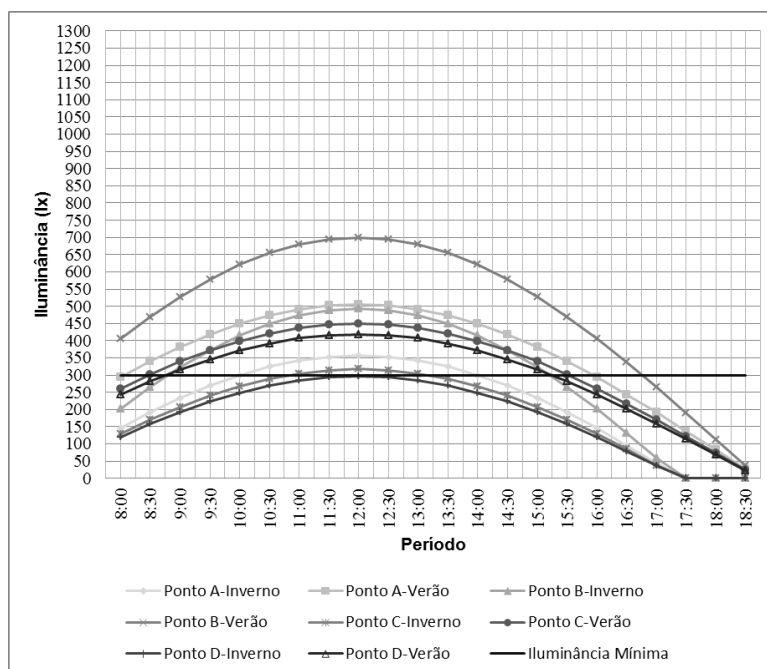
1/13 (ABNT, 2013) significa então que a prateleira de luz, na configuração de altura com relação ao piso acabado, foi efetiva, melhorando a iluminância do local, portanto, caracterizando um período de economia de energia elétrica, pois não há necessidade de iluminação por meio do sistema de iluminação 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 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Por meio das simulações, pôde-se observar que para o período de horas analisado e nas datas selecionadas, os índices de iluminância, registrados no Modelo de Referência, atingidos apenas com a luz natural ficam abaixo dos 300 lux, mínimo exigido em norma, principalmente no período da tarde. No período da manhã, já há necessidade do uso de luz artificial logo que se iniciam as atividades do local, exceção feita apenas no ponto B durante o solstício de verão.

A Figura 4 apresenta as curvas com os valores das iluminâncias registradas ao longo do período analisado para o Modelo de Referência. No ponto A, mesmo sendo o próximo da janela, para que se consiga atingir os 300 lux, há necessidade de utilização de luz artificial até as 10:00 horas durante o período do inverno.

**Figura 4. Iluminâncias no Modelo de Referência.**

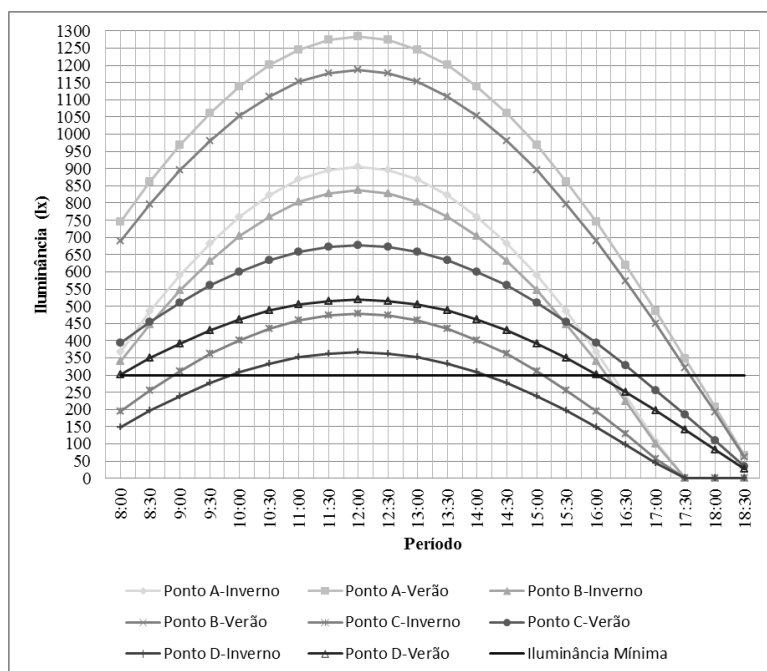


No ponto B, há uma redução da necessidade do tempo de suplementação pela luz artificial, que vai se tornando crescente novamente conforme os pontos vão se afastando da abertura lateral, chegando a ser totalmente necessária durante todo o período do inverno no ponto D, o mais afastado.

Os dados referentes ao Modelo Proposto são apresentados na Figura 5. Com a utilização da prateleira de luz, percebeu-se uma melhor distribuição da luz natural por todo o ambiente e um maior valor de iluminância nos pontos analisados. No período da manhã, apenas os pontos C e D não atingiram o valor de 300 lx, no

solstício de inverno. Já para o período da tarde, percebeu-se um maior período de utilização da luz natural, e desta forma, diminuindo a necessidade de suplementação por meio do sistema de iluminação artificial.

**Figura 5. Iluminâncias no Modelo Proposto.**



Após a análise do comportamento da prateleira de luz, com relação ao seu desempenho em melhorar os índices de iluminância internos, foi verificado a economia de energia elétrica que seria obtida.

Esta verificação foi feita pontualmente, comparando-se os modelos estudados tanto no solstício de inverno quanto no solstício de verão. Foi considerado o período de utilização da sala, ou seja, apenas os horários em que a mesma é ocupada, das 8:00h às 12:00h e das 14:00h às 18:00h. Os dados são mostrados na figura 5.

No ponto A, é possível se obter uma economia de até 56% com relação ao consumo de energia elétrica que seria gasta com o uso da iluminação artificial, durante o inverno. Percebe-se que no Modelo de Referência, a contribuição da iluminação artificial só era expressiva a partir das 10:00h e somente até às 14:00h, ou seja, durante metade de período da manhã e todo o período da tarde se fazia necessário o uso da iluminação artificial. Já no modelo proposto, todo o período da manhã e metade da tarde já seriam contemplados com a iluminação natural.

Analisando-se ainda o solstício de inverno, o ponto C que no Modelo de Referência apresentava índices de iluminância abaixo do mínimo exigido pela norma durante todo o período analisado, após o redirecionamento da luz natural passa a utilizar 34% menos da iluminação artificial.

Figura 5. Comparação entre os períodos analisados em ambos os Modelos, determinando os períodos de economia de energia elétrica.

H	Ponto A			Ponto B			Ponto C			Ponto D					
	Inverno	Verão		Inverno	Verão		Inverno	Verão		Inverno	Verão				
	MR	MP	E	MR	MP	E	MR	MP	E	MR	MP	E	MR	MP	E
8:00	/		E				/		E	/		E	/		E
8:15	/		E				/		E	/		E	/		E
8:30	/		E				/		E	/		E	/		E
8:45	/		E				/		E	/		E	/		E
9:00	/		E				/		E	/		E	/		E
9:15	/		E				/		E	/		E	/		E
9:30	/		E				/		E	/		E	/		E
9:45	/		E				/		E	/		E	/		E
10:00							/		E	/		E	/		E
10:15							/		E	/		E	/		E
10:30							/		E	/		E	/		E
10:45							/		E	/		E	/		E
11:00										/		E	/		E
11:15										/		E	/		E
11:30										/		E	/		E
11:45										/		E	/		E
12:00										/		E	/		E
12:15										/		E	/		E
12:30										/		E	/		E
12:45										/		E	/		E
13:00										/		E	/		E
13:15							/		E	/		E	/		E
13:30							/		E	/		E	/		E
13:45							/		E	/		E	/		E
14:00							/		E	/		E	/		E
14:15	/		E				/		E	/		E	/		E
14:30	/		E				/		E	/		E	/		E
14:45	/		E				/		E	/		E	/		E
15:00	/		E				/		E	/		E	/		E
15:15	/		E				/		E	/		E	/		E
15:30	/		E			/		E	/		E	/			E
15:45	/		E			/		E	/		E	/			E
16:00	/		E			/		E	/		E	/			E
16:15	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
16:30	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
16:45	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
17:00	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
17:15	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
17:30	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
17:45	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
18:00	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
18:15	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E
18:30	/		E	/		E	/		E	/		E	/		E

Período de Uso		Período sem Uso	
/	Iluminação Artificial	/	Iluminação Artificial
	Luz Natura		Luz Natura
E	Economia de Energia Elétrica	E	Economia de Energia Elétrica

Para o solstício de verão, o menor índice de economia foi verificado no ponto B, apenas 9%, porém é neste mesmo ponto que a iluminação artificial era menos solicitada, e após a simulação com a prateleira de luz se pode observar que apenas durante 15 minutos do período analisado, é se seria necessário acender as lâmpadas da sala.

A tabela 1 mostra um resumo da economia que poderia ser obtida, com a utilização da prateleira de luz, reduzindo-se o uso do sistema de iluminação artificial.

Tabela 1. Economia de energia elétrica estimada.

Ponto	Período Analisado		Ponto	Período Analisado	
	Solst. de Inverno	Solst. de Verão		Solst. de Inverno	Solst. de Verão
Pto A	56%	22%	Pto C	41%	22%
Pto B	22%	9%	Pto D	34%	19%

## 5 CONCLUSÃO

Após as simulações feitas, pode-se dizer que a prateleira de luz contribuiu de forma positiva para a melhoria da eficiência energética do ambiente estudado.

O desempenho do sistema é melhor para o período do inverno, período em que a contribuição da luz natural direta é maior. Durante este período a economia de energia elétrica seria da ordem dos 56%. Apesar de no período do solstício de verão, os ganhos serem menores, há a economia média de 20% de energia elétrica para os pontos mais distantes da janela.

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

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.

CIE - 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)**. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20140203\\_1.pdf](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.

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.

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.