

## **O USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA A ANÁLISE DE DESEMPENHO LUMÍNICO EM UMA SALA DE ESCRITÓRIO, UTILIZANDO OS COBOGÓS COMO UMA SEGUNDA PELE**

**Ana Carolina A. Cordeiro (1); Marieli Azoia Lukiantchuki (2); Victor Figueiredo Roriz (3); Rosana Maria Caram (4)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Instituto de Arquitetura e Urbanismo– IAU/USP, ane\_cordeiro@hotmail.com

(2) Professora Doutora da Universidade Estadual de Maringá -UEM, mlukiantchuki@yahoo.com.br

(3) Professor Doutor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Faculdades Dom Pedro II, vroriz@terra.com.br

(4) Professora Associada do Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo – IAU/USP, rcaram@sc.usp.br

### **RESUMO**

Uma das principais características do território brasileiro é a abundância de luz natural, o que torna indispensável o seu aproveitamento no interior das edificações. Por outro lado, a radiação solar aumenta a temperatura dos ambientes internos, sendo fundamental o controle de sua incidência direta dentro dos edifícios. Diante disso, faz-se necessário o uso de estratégias projetuais que, ao mesmo tempo que possibilitem o uso da luz natural, protejam estes espaços internos da insolação direta. Dentre essas soluções projetuais destacam-se os cobogós, que atuam como filtros, controlando a incidência da radiação solar direta e permitindo a passagem da luz natural e dos ventos. O objetivo dessa pesquisa é avaliar o desempenho lumínico de duas diferentes configurações geométricas de cobogós em uma sala hipotética de escritório, considerando-se estes elementos como uma segunda pele da envoltória do edifício. O desempenho lumínico foi analisado, de acordo com os níveis de iluminância e a uniformidade da luz, por meio de simulação computacional de iluminação natural, utilizando como ferramenta o *software DIALux*. A avaliação das iluminâncias foi executada, utilizando as indicações estabelecidas pela Norma NBR ISO / 8995-1 (ABNT, 2013) e, em conjunto, também foi analisado o conceito UDI (*Useful Daylight Illuminance*), conforme proposto por Nabil e Mardaljevic (2006). Este estudo foi realizado em função de diferentes latitudes (0°, -10°, -20° e -30°), que abrangem a maior parte do território brasileiro. Os resultados das simulações mostraram que em ambientes compostos por fachadas com fechamento em vidro há um melhor aproveitamento de luz quando nestes são acoplados os cobogós. Outro parâmetro que causa uma influência significativa no comportamento do redirecionamento da luz ao ambiente interno é a área de abertura dos elementos vazados, sendo que quanto maior a área, melhor o desempenho da iluminância. No caso com menor abertura, apesar de uma boa uniformização da iluminação, é necessária a complementação da mesma com a luz artificial. Além disso, notou-se que o melhor desempenho lumínico para a utilização desses dispositivos de sombreamento foi a orientação Oeste e no solstício de inverno, tendo uma proteção superior a 60%.

Palavras-chave: cobogó; desempenho lumínico; níveis de iluminância e uniformidade.

### **ABSTRACT**

One of the main characteristics of the Brazilian territory is the abundance of natural light, which makes it indispensable to use it inside the buildings. On the other hand, the direct incidence of solar radiation increases the temperature of the internal environments, being fundamental the control of its direct incidence internally to the buildings. In view of this, it is necessary to use projective strategies that, while allowing the use of natural light, protect these internal spaces from direct sunlight. Among these projective solutions, we highlight the cobogogs, which act as filters, allowing the passage of natural light and wind, controlling the incidence of direct solar radiation. The goal of this research is to evaluate the light performance of two different geometric configurations of cobogogs in a hypothetical office room, considering these elements as a

second skin of the building envelope. The light performance was analyzed according to the levels of illuminance and the light uniformity, by means of computational simulation of natural light, using as a tool the DIALux software. The evaluation of the illuminances was carried out using the indications established by NBR ISO / 8998 -1 (ABNT, 2013) and, together, the UDI (useful daylight illuminance) concept was also analyzed, as proposed by Nabil and Mardaljevic (2006). The analysis was performed according to different latitudes (0 °, -10 °, -20 ° and -30 °) that cover most of the Brazilian territory. The results indicate that the use of the cobogós is more efficient than the environment composed only of glass. Another parameter that causes a significant influence on the behavior of light redirection to internal environment is the opening area of leaked elements, being as larger the area, better is the illuminance performance. In the case with less opening, despite a good standardization of lighting, it is necessary to complement it with artificial light. In addition, it was observed that the best light performance for the use of these shading devices was the western orientation and the winter solstice, having a protection superior to 60%.

Keywords: Cobogó; natural lighting; luminal performance; levels of illuminance and uniformity.

## 1. INTRODUÇÃO

A abundância de luz natural é uma das principais características do território brasileiro e essa condição deve ser levada em consideração pelos arquitetos ao realizar um projeto, proporcionando condições para um grande aproveitamento desta no interior das edificações. Desde a década de 70, grandes janelas e fachadas altamente envidraçadas vêm sendo bastante utilizadas na construção de edifícios, principalmente em projetos de escritórios, permitindo o acesso à luz do dia, o ganho de calor e o contato visual com o ambiente externo. No entanto, nestas construções, a incidência da radiação solar que atravessa as janelas não sombreadas e as fachadas envidraçadas aumentam significativamente a temperatura interna do ar no verão, e a reduz no inverno. Isso afeta negativamente o conforto térmico, aumenta a carga de refrigeração e por fim torna-se uma fonte de ofuscamento, o que prejudica o desenvolvimento de atividades visuais (FREEWAN, 2014).

A luz natural nos edifícios de escritórios exige uma arquitetura passiva devidamente concebida para proporcionar iluminação suficiente, se a elaboração de projetos arquitetônicos for adequada ao clima, com estratégias naturais de climatização e iluminação natural. Segundo EPE (2015), em 2014, as edificações comerciais foram responsáveis por 14,5% do consumo de energia gerada no Brasil. No entanto, esta demanda por energia elétrica no setor comercial pode ser minimizada por meio de soluções projetuais que reduzem este impacto através do uso da luz natural como, por exemplo, o cobogó.

O cobogó é uma criação brasileira que está voltando ao cenário arquitetônico como uma alternativa eficaz para proporcionar melhorias das condições climáticas no interior das edificações, principalmente naquelas que se encontram em regiões de clima mais quente, pois este elemento vazado permite a circulação do ar, reduz o excesso de luminosidade no ambiente e possibilita o contato visual com o exterior. É também um componente lúdico e versátil para ser aplicado nas edificações, proporcionando, inclusive, efeitos de luz e sombra, tanto em ambientes internos quanto em fachadas e muros.

Um dos primeiros arquitetos a adotá-lo, na década de 40, foi Lucio Costa, que o utilizou no Parque Guinle, um complexo de edifícios localizado no Rio de Janeiro. Posteriormente, o cobogó passou a ser bastante utilizado nas áreas de serviço, localizadas no fundo das casas, o que, com o tempo, o caracterizou como um elemento construtivo pejorativo, caindo em desuso (PAULERT, 2012).

Recentemente observou-se que incentivos a boas práticas de projeto de iluminação natural foram retomados, visando à eficiência energética e o conforto visual, que são alguns dos fatores considerados importantes para um bom desempenho de uma construção, principalmente, quando se pensa em edifícios de escritórios. Dessa maneira, aumentou-se significativamente o uso dos cobogós nos edifícios em suas diversas variações e diversos materiais.

No entanto, nota-se que o uso desse elemento ocorre de forma empírica, sem um estudo do impacto dos diversos parâmetros projetuais como geometria, proporção de cheio e vazio, orientação solar, entre outros.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar o desempenho lumínico de uma sala hipotética de escritório com janela de vidro incolor, em relação a uma sala composta de janela de vidro em conjunto com cobogós. Essa análise foi realizada para quatro latitudes brasileiras (entre 0°S e 30°S), avaliando o nível de iluminância e a uniformidade da luz.

### 3. MÉTODO

Para atingir os objetivos desse trabalho, utilizou-se uma metodologia dividida em três etapas:

1. Definição e montagem dos modelos avaliados;
2. Simulação computacional;
3. Parâmetros de análise.

Foram efetuadas três situações: Uma primeira, com a abertura da sala composta somente de vidro (caso de referência), e uma sala que teve a composição do vidro juntamente com duas diferentes geometrias de cobogós. Para reduzir a influência do vidro nesta comparação foram consideradas as janelas com cobogós, também com vidros, os quais poderiam ser omitidos em uma situação real.

As orientações utilizadas nas aberturas da sala foram a Norte e a Oeste, onde existe uma incidência solar maior e, portanto, esta proteção pode influenciar mais na radiação solar direta incidente no ambiente.

#### 3.1. Definição dos modelos avaliados

##### 3.1.1. Definição das latitudes analisadas

A latitude é um dos pontos que influenciam significativamente na quantidade e na disponibilidade de luz natural que chega ao solo, sendo, portanto, uma das variáveis fundamentais em um estudo paramétrico do tema. Além disso, o Brasil abrange uma ampla faixa de latitude (5°N à 34°S); para localidades próximas ao equador, a fachada sul recebe insolação, e é simétrica na latitude 0° em relação ao Norte; já para as cidades meridionais, a demanda de radiação é diferente, chegando ao caso onde é necessária insolação no período de inverno. (GUTIERREZ, 2004). Nesta pesquisa foram selecionadas quatro latitudes que abrangem a maior parte do território brasileiro (0°, -10°, -20° e -30°), conforme mostra a Figura 1.

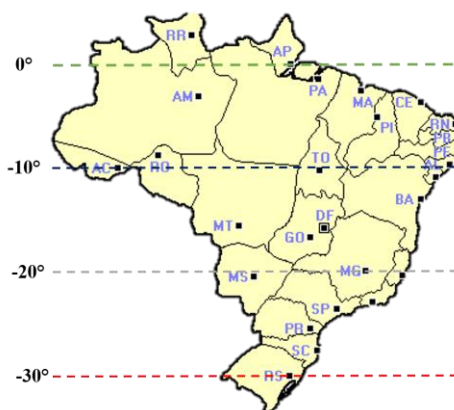


Figura 1. Latitudes selecionadas adaptado de (RORIZ, 2004)

##### 3.1.2. Geometria da sala hipotética

A sala avaliada foi definida no formato retangular, com posições de 4,00m x 8,00m e no pé direito de 3,00m, resultando em uma área de 96m<sup>3</sup>, conforme exposto na Figura 2.

Segundo Chaves (2012), são essas as configurações que mais se encontram no mercado imobiliário e, de acordo com Lamberts, Ghisi e Ramos (2006), 62% dos edifícios têm forma retangular.

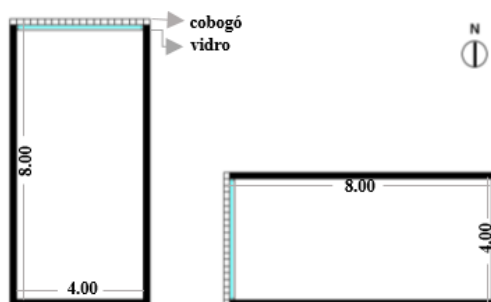


Figura 2. Dimensões dos modelos estudados e as orientações estudadas

As características dos materiais empregados para a elaboração da sala de estudo, foram baseadas em recomendações da literatura especializada, tais como: a tese de doutorado de Dornelles (2008), que disponibilizou dados de absorvância de várias cores e determinou a absorvância solar de superfícies opacas, obtendo valores mais realistas do que aqueles apresentados em tabelas publicadas até o momento atual. A publicação de Vianna e Gonçalves (2001), sendo que parte deste trabalho, foram feitas recomendações importantes sobre as cores internas dos ambientes. A norma NBR ISO/ 8995-1 (2013) também apresenta as faixas de refletância úteis para as superfícies internas. Por último, têm-se o trabalho de Castro et al (2003), cujo objetivo foi obter os valores de refletância de várias cores de tintas utilizadas em superfícies externas.

Diante disso, foram definidas pelos autores, as porcentagens de refletância das superfícies internas e dos cobogós, sendo que essas configurações foram pré-selecionadas pelo próprio programa *DIALux*. Dessa forma, optou-se pela cor branca nas superfícies das paredes e dos tetos, a qual resulta em um grau de reflexão de 86%; já o piso apresenta um grau de reflexão de 52% (madeira clara).

Todas as salas possuem vidro simples de 6 mm de espessura e com o fator de transmitância de 88%. Este tipo de configuração foi o mais encontrado em edifícios de escritórios, segundo o levantamento realizado por Lamberts, Ghisi e Ramos (2006). Para isso, foi definida como caso de referência, a sala que apresenta somente o uso de vidro, conforme pode se observar na Figura 3.

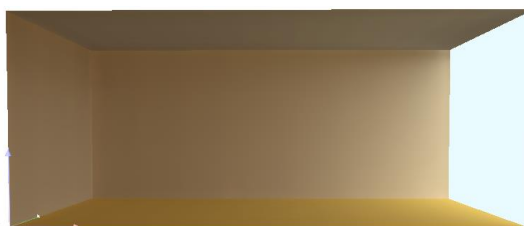


Figura 3. Modelo de referência da sala hipotética, no programa *DIALux*

### 3.1.3 Elaboração dos modelos de vidro + cobogó (Segunda pele)

Posteriormente, outros dois casos foram analisados, utilizando os modelos de vidro + cobogó (segunda pele). Esses modelos têm as mesmas características geométricas e de layout do caso de referência, porém, com cobogós na fachada, funcionando como uma segunda pele. Foram escolhidas duas geometrias de cobogós, conforme mostra a Figura 4, ambas com refletância de 86%. Chamamos de caso 1, o modelo com a geometria 1 e caso 2, o modelo com a geometria 2. O critério para a escolha das geometrias 1 e 2 dos cobogós ocorreu em decorrência da utilização das mesmas pelo arquiteto Lúcio Costa no Parque Guinle (projeto de 1948), um complexo de edifícios localizados no Rio de Janeiro. Além disso, ele foi um dos que cumpriu um papel exemplar na educação e na prática arquitetônica e ressaltava a importância da compreensão das condições climáticas e da geometria solar para concepção de projetos.

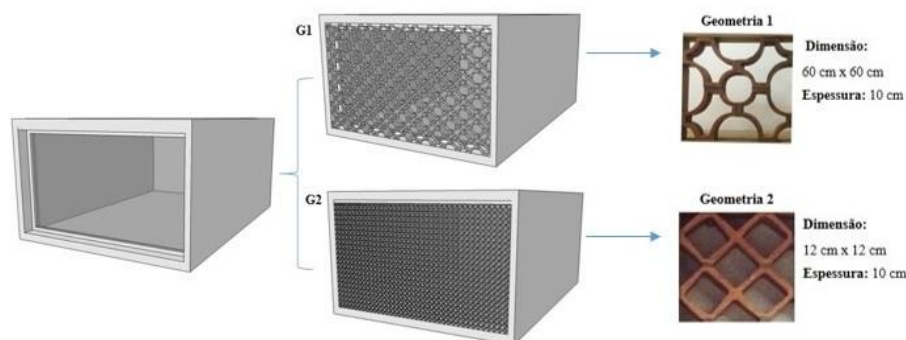


Figura 4. Modelo vidro + cobogó

## 3.2 Simulação computacional

As simulações computacionais do cálculo do nível de iluminância em um ambiente interno foram realizadas utilizando o programa computacional *DIALux*, versão 4.9.0.1. A escolha por essa ferramenta se deve ao fato de que, segundo Maioli e Alvarez (2015), neste programa é possível simular modelos com cálculos para radiação solar direta, difusa e reflexões da luz nos objetos e superfícies internas e externas. Além disso, a ferramenta é gratuita e possui uma interface gráfica de fácil utilização.

Os dias definidos para as simulações foram 22 de dezembro (solstício de verão) e 22 de junho (solstício de inverno), e os horários escolhidos foram 8h, 10h, 12h, 14h e 16h. Esses períodos foram estabelecidos, segundo a NBR15215-4 (ABNT, 2005), que recomenda a realização de medições em diferentes épocas do ano e em diferentes horas do dia, em função da variação frequente das condições do céu ao longo do dia e do ano, para se adquirir valores mais precisos de níveis de iluminação. Em condições que não seja possível a medição da iluminação natural ao longo do ano, recomenda-se medir a iluminância nas condições de céu mais representativas, que seria um dia próximo do solstício de verão e um dia próximo ao solstício de inverno. As horas foram baseadas nos horários em que há o aproveitamento da iluminação natural dentro do ambiente interno, assim como as recomendações da NBR15215-4 (ABNT, 2005), cujo monitoramento da iluminação natural deve ser de 2h em 2h

É importante entender também que no solstício de inverno, o sol está mais posicionado para o lado do Norte, ao passo que, no solstício de verão, a incidência de sol na fachada Norte ocorre apenas de maneira difusa. A fachada Oeste recebe sol da tarde durante todo o ano.

Nas simulações consideraram-se somente as componentes provenientes do sol e da abóbada celeste, sem obstrução de parte do céu por obstáculos construídos ou naturais, uma vez que dentro das cidades, as parcelas de luz refletidas podem variar bastante em relação às superfícies do entorno construído. Quanto ao tipo de céu, foi escolhido o céu claro, por contemplar a radiação solar direta. No entanto, a escolha deste tipo de céu pode mascarar o efeito de diminuição excessiva na iluminação em locais onde há predominância de céu encoberto. A análise de cobogós para esse tipo de céu seria de grande importância para uma conclusão mais exata sobre o desempenho dos cobogós e poderá ser realizada em trabalhos futuros.

### 3.2.1 Modelagem dos cobogós

A preparação do modelo tridimensional da sala hipotética foi realizada diretamente no próprio programa *DIALux*, enquanto que as geometrias dos cobogós foram modeladas no *SketchUp*, para posteriormente serem exportadas para o programa *DIALux*, em modelos tridimensionais e armazenados no formato 3DX. Durante a modelagem observou-se uma limitação no programa adotado, o qual conseguiu somente realizar a simulação com o cobogó colocado na fachada interna da sala, conforme ilustrado na Figura 5.

Para superar essa limitação, foi inserido na janela lateral, um vidro, de acordo com o valor de transmissão da luz adotado nesta pesquisa, juntamente com o cobogó, unidos entre si.

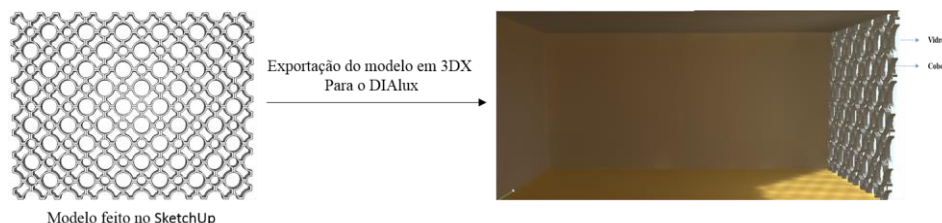


Figura 5. Confeção de modelagem dos cobogós para o *DIALux*

Para o estudo inicial, elaborou-se um modelo de referência constituído por uma fachada de vidro e, a partir dele, foi desenvolvido outro modelo, apresentando o vidro juntamente com o cobogó na fachada. Os coeficientes de refletância das paredes consideradas foram: teto = 86%; parede = 86%; piso = 52%, sendo que estas configurações já foram pré-definidas pelo próprio programa. As localizações geográficas utilizadas foram as de latitudes 0, -10, -20 e -30.

Durante a modelagem, também foi necessário definir o plano de uso que representasse uma superfície horizontal, localizada a 75 cm de altura do chão.

A partir das simulações efetuadas neste programa, foi possível entender o comportamento da luz natural nos espaços, em função do horário e da condição do céu para um determinado dia simulado.

## 3.3 Parâmetros de análise

### 3.3.1 Análise da iluminação natural em escritórios

A avaliação das iluminâncias foi realizada utilizando as indicações estabelecidas pela norma NBR ISO / 8995 -1 (ABNT, 2013), que especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos, para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente. Nesta norma, para o ambiente de escritório, o valor recomendado é de 500 lux. Em conjunto com a avaliação das iluminâncias, também foi analisado o conceito UDI (*Useful Daylight Illuminance*), conforme proposto por Nabil e Mardaljevic (2006). Este conceito especifica quatro faixas de iluminação, como consta na Tabela 1.



Tabela 1. Faixas de iluminância (UDI)

<b>Insuficiente</b>	<b>Eficiente</b>	<b>Desejável</b>	<b>Excessiva</b>
< 100 lux	Entre 100 e 500 lux	Entre 500 e 2000 lux	> 2000 lux

Fonte: NABIL e MARDALJEVIC (2006)

O valor máximo de iluminância recomendado em um ambiente de escritório é de 2.000lux. Acima deste valor, é considerado excessivo, podendo causar desconforto visual. A partir desses dados, foram adotados para a realização do presente trabalho, os valores de tolerância dentro do intervalo entre 500 a 2000 lux, podendo fornecer uma iluminação desejável aos ocupantes do ambiente.

Na análise da uniformidade (Emín/Eméd), utilizou-se, como referência, a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), com o objetivo de análise comparativa entre os dispositivos de sombreamento. O valor indicado pela norma não deve ser menor que 0,7.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Para identificar melhor os resultados obtidos a partir das simulações, a Figura 6 apresenta a média de iluminância média com valores obtidos em lux, da sala estudada com fechamento em vidro e duas alternativas de cobogós, avaliados para as quatro latitudes selecionadas.

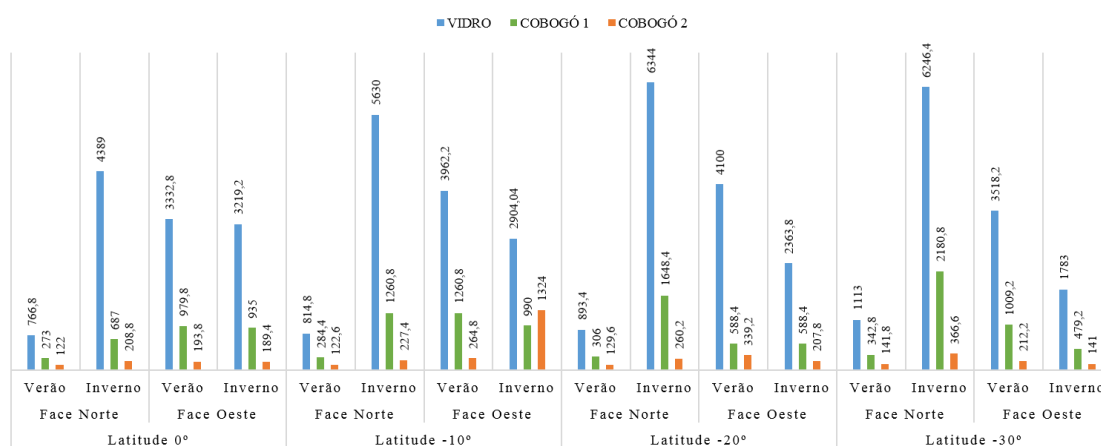


Figura 6. Média de Iluminância média (lux) da sala estudada para as quatro latitudes selecionadas

Pelos resultados obtidos, observa-se que à medida em que mudamos da latitude 0 para a latitude -30, ou seja, da região da linha do Equador para a região sul do Brasil, ocorre um aumento da iluminância medida na sala estudada. Isto ocorre em decorrência de que nas regiões mais próximas do Equador, a incidência solar está perpendicular ao solo e conforme avançamos para o sul, o ângulo de incidência solar com relação ao solo diminui, incidindo uma maior quantidade de sol pela abertura das janelas.

Quando se compara a iluminância na sala proveniente da abertura contendo apenas o vidro e aquelas provenientes do vidro com os cobogós, o resultado computacional mostra que houve uma redução da iluminância para o cobogó 2 (**caso 2**), conforme esperado, uma vez que este cobogó apresenta uma geometria com nichos menores do que o cobogó 1 (**caso 1**). Isto evidencia a funcionalidade dos cobogós como elementos de redução da incidência solar sobre ambientes internos.

A face Norte, no solstício de inverno apresenta uma iluminância maior do que a observada no solstício de verão. Isto ocorre em decorrência do ângulo de incidência com relação ao solo ser menor no inverno. Já para a face Oeste, tem-se um aumento da iluminância no verão do que a observada no inverno.

Com relação ao **caso 2**, a variação da iluminância ao longo dos solstícios de verão e inverno, assim como com as latitudes, apresentam variações pequenas, nada acentuadas como as verificadas no **caso de referência e no caso 1**.

As Figuras 7 a 10, apresentam o desempenho lumínico da sala estudada nos solstícios de verão e de inverno para as quatro latitudes. Estas Figuras exibem os valores do nível médio de iluminância (lux) e os valores da uniformidade em função das horas analisadas para as duas orientações (Norte e Oeste), respectivamente.

De uma maneira em geral, os parâmetros projetuais como: a utilização do modelo sem cobogós (somente vidro), a geometria dos elementos vazados e a sua área de abertura, a orientação solar e os períodos

analisados (verão e inverno), exercem uma influência significativa na distribuição e o redirecionamento da luz no ambiente interno da sala estudada.

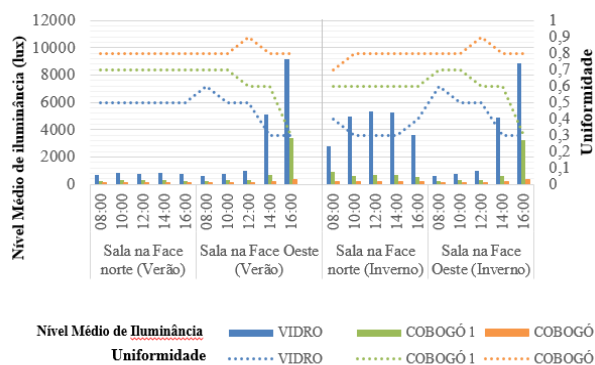


Figura 7. Desempenho lumínico da sala estudada no solstício de verão e no solstício de inverno – Latitude 0°

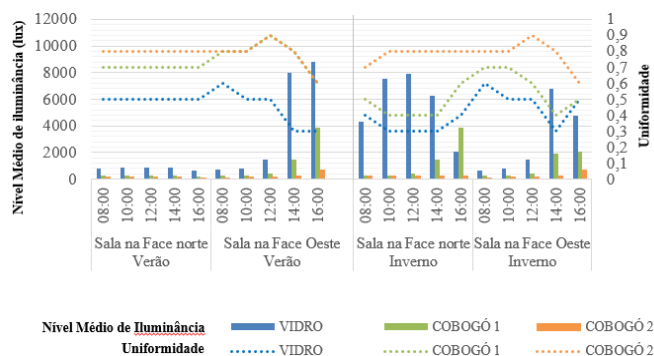


Figura 8. Desempenho lumínico da sala estudada no solstício de verão e no solstício de inverno – Latitude -10°

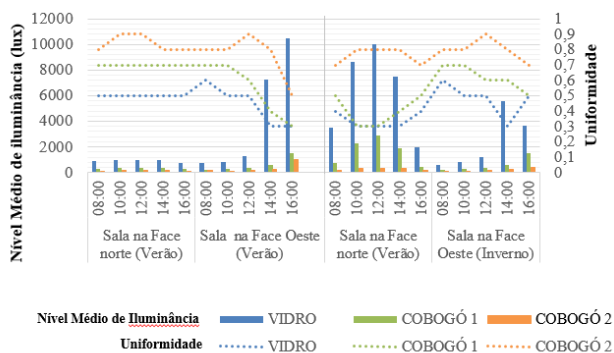


Figura 9. Desempenho lumínico da sala estudada no solstício de verão e no solstício de inverno – Latitude -20°

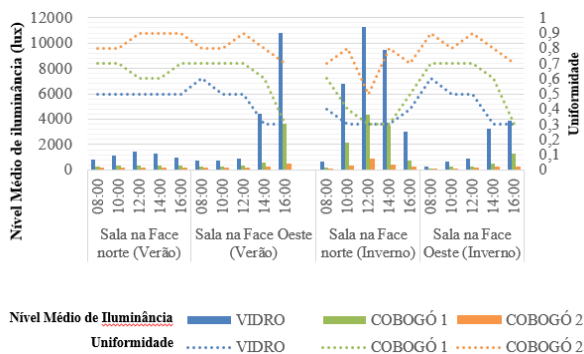


Figura 10. Desempenho lumínico da sala estudada no solstício de verão e no solstício de inverno – Latitude -30°

A maior parte dos resultados da simulação do **caso de referência**, na latitude 0, comprovou altos índices de iluminância (lux) no interior da sala, principalmente no solstício de inverno, sendo mais acentuado no período da tarde e na face Norte (Figuras 7). Já para a face Oeste, os valores encontrados nos solstícios de

inverno e verão são próximos, com uma variação maior no final da tarde, em consequência da maior radiação solar.

No **caso 1**, abertura composta por vidro + cobogó 1, na latitude 0, registra uma iluminância adequada tanto no solstício de inverno quanto no de verão, assim como para a face Norte e Oeste, exceto no horário das 16h, que atinge um patamar acima do ideal (2000 lux) ocorrido na face Oeste, o que pode causar desconforto visual, conforme destacado por Nabil e Mardaljevic (2006).

No **caso 2**, abertura composta por vidro + cobogó 2, na latitude 0, os resultados obtidos mostram uma acentuada redução de iluminância, abaixo dos 500 lux, para todas as variáveis.

Os cobogós, aplicados no vidro como segunda pele, funcionou de maneira eficiente como protetor solar, principalmente na orientação Oeste, tanto no solstício de verão como no de inverno, bloqueando mais de 60% dos raios solares diretos.

Na latitude -10, -20 e -30 os raios solares foram bloqueados acima dos 65%, quando se utiliza o cobogó 1, enquanto que para o cobogó 2 a redução de iluminância chega ao máximo de 96%, ou seja, na face Norte no solstício de inverno a iluminância reduz de 5630 para 227,4 com relação ao vidro.

A criação de uma abertura sem proteção propicia a entrada direta de sol nos ambientes internos, o que não é agradável em algumas horas e, ao analisar a uniformidade da luz, o comportamento se identifica com o encontrado para as iluminâncias. A distribuição de iluminância no ambiente interno é mais uniforme quando há a inserção dos cobogós, diferentemente do que ocorre com a abertura que não utiliza este elemento vazado.

Com relação à latitude 0° e -10°, os resultados obtidos com as janelas orientadas para o Norte e para o Oeste apresentaram diferenças entre si. Na abertura orientada para a face Norte no solstício de verão foram encontrados valores praticamente constantes para cada situação estudada, sendo atingidos, na maioria das vezes, os valores de 0,5 (para o **caso de referência**), de 0,7 (para o **caso 1**) e de 0,8 (para o caso 2). Já no solstício de inverno, tanto na face Norte quanto na face Oeste somente o **caso 2** foi o que apresentou uma melhor uniformidade em comparação com os outros casos.

Nas latitude -20° e -30°, pode-se notar através das Figuras 9 e 10, que a utilização do cobogó 2 (**caso 2**) continua a ter o melhor desempenho na uniformidade em todas as variáveis, com exceção da simulação da sala orientada para o Norte no inverno no horário das 12h (Figura 9).

Dessa forma, a uniformidade, de acordo com a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) igual ou acima de 0,7, indica que, no que diz respeito à iluminação, qualquer ponto da sala analisada estaria adequado como local de trabalho e, incorporando os dispositivos de sombreamento como os cobogós às janelas, a radiação direta costuma ser evitada e os fortes contrastes da iluminação natural, são suavizados.

As Figuras 11 e 12 apresentam a intensidade luminosa e a distribuição do nível de iluminância no ambiente interno na face Norte durante o solstício de verão e inverno, por meio de *false colour*, ou seja, cada cor corresponde a um determinado nível de iluminância, de acordo com uma escala apresentada abaixo das figuras, permitindo verificar como ocorre a distribuição da luz no ambiente interno. Com relação ao comportamento da distribuição de nível de iluminância interno nos dois períodos analisados (verão e inverno), notou-se uma influência significativa, pois no solstício de inverno permitiu que a incidência solar entrasse de forma direta, principalmente nos modelos simulados somente de vidro (**caso de referência**), conforme exposto nas Figuras 12. Os valores de iluminância para a fachada Norte mostraram que sem a presença do cobogó, os níveis de iluminâncias são altos, principalmente no espaço próximo à abertura, atingindo valores acima de 15.000 lux. Com a presença do cobogó, a tendência é de redução dos valores de iluminância. Neste contexto, conforme pode se observar nas Figuras 12, os valores obtidos para o **caso 1** não foram superiores a 800 lux. Observou-se também que, em alguns ambientes (Figura 12 (c) e (d)), ocorreu um alto nível de iluminância, ultrapassando valores acima de 15.000 lux ou acima de 800 lux.

Ainda, a partir dessas imagens é possível também observar as condições de contrastes e uniformidade de cada cenário simulado, uma vez que níveis e contrastes de iluminância muito baixos resultam em ambientes de trabalho sem estímulo, da mesma forma que iluminância muito alta pode causar ofuscamento.



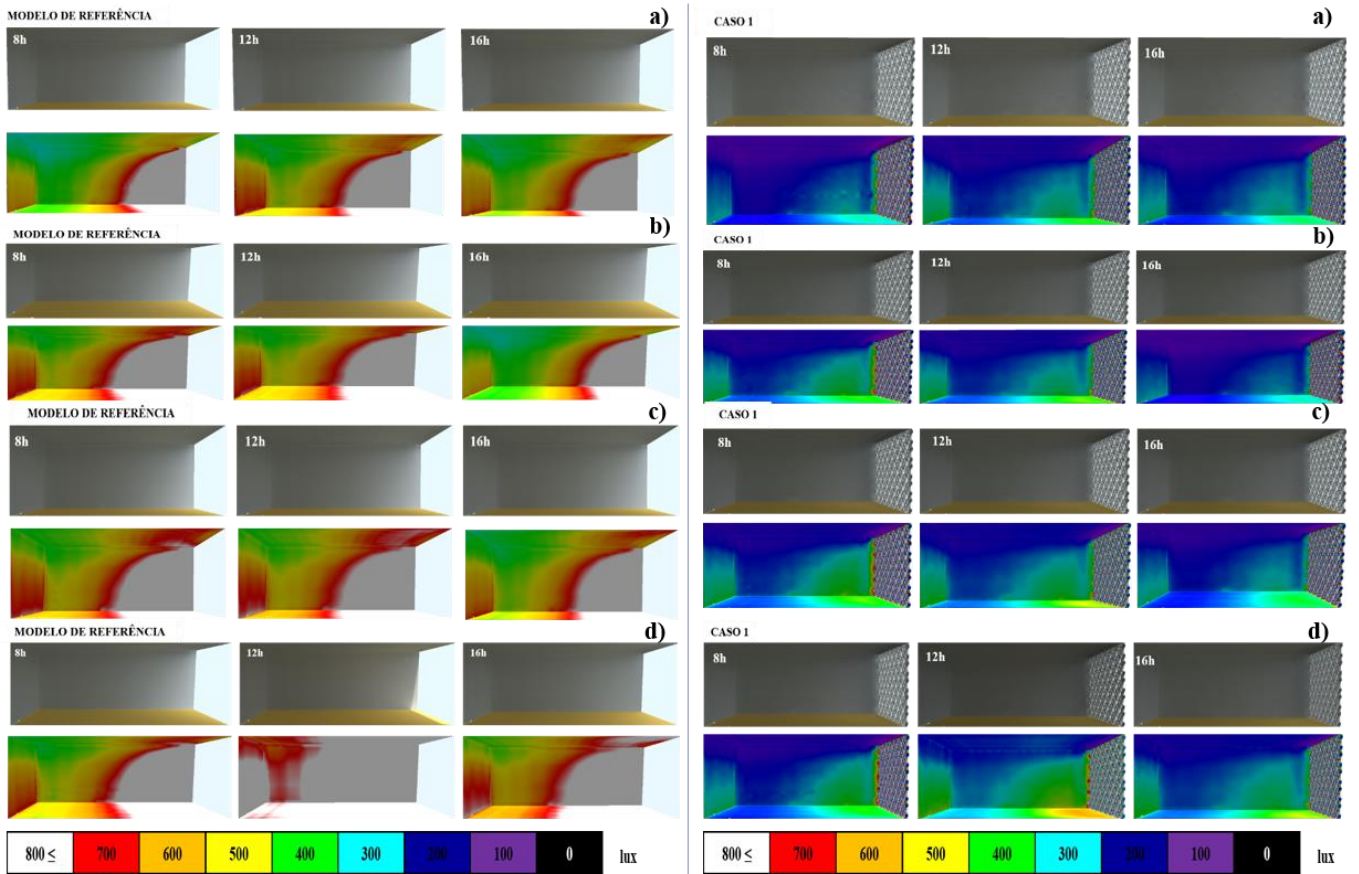


Figura 11. Simulação em cores falsas da sala a Norte para as latitudes  $0^\circ$  (a),  $-10^\circ$  (b),  $-20^\circ$  (c) e  $-30^\circ$  (d), no período de verão. As figuras à esquerda referem-se ao **caso de referência** e as figuras à direita ao **caso 1**.

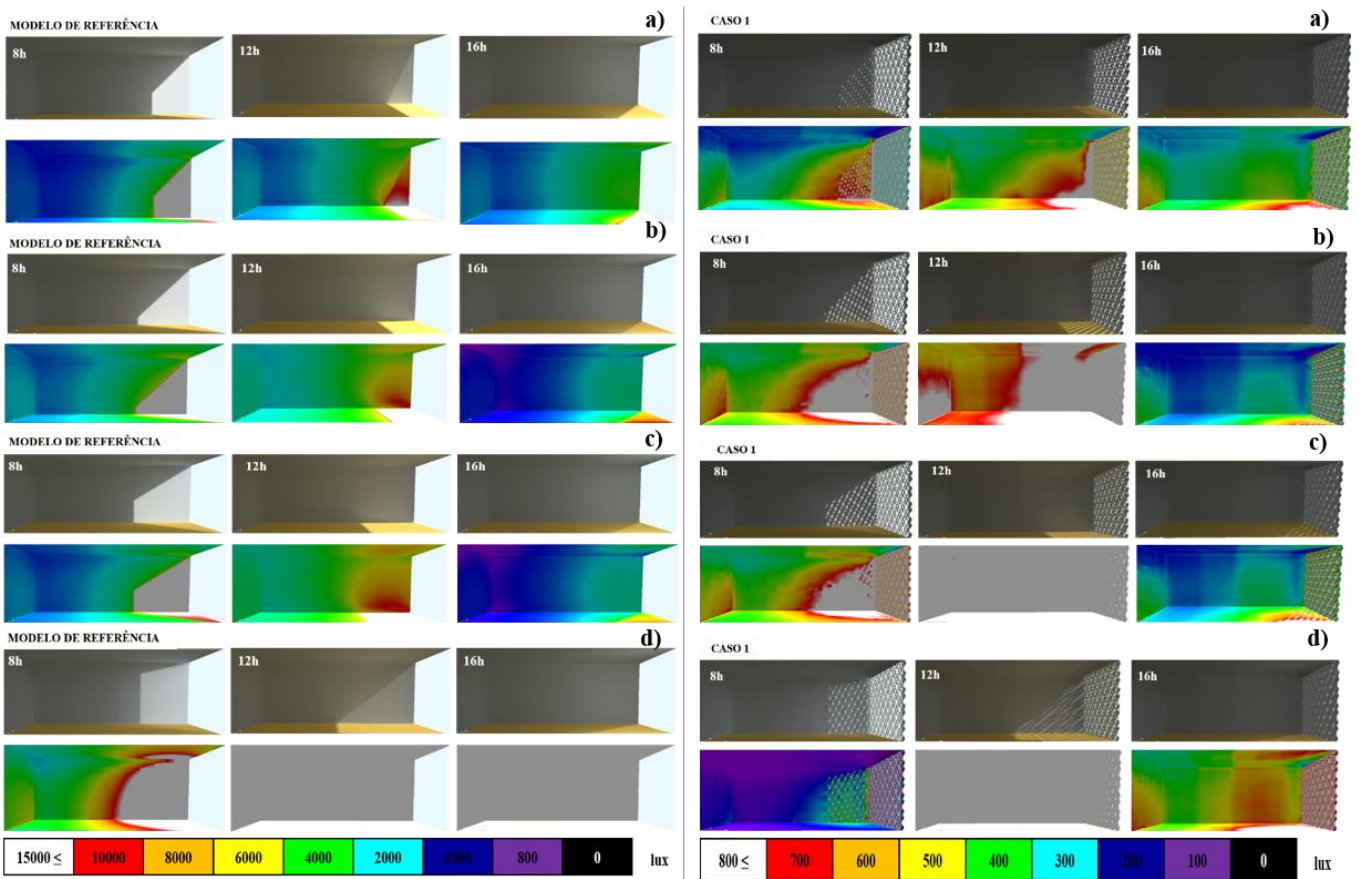


Figura 12. Simulação em cores falsas da sala a Norte para as latitudes  $0^\circ$  (a),  $-10^\circ$  (b),  $-20^\circ$  (c) e  $-30^\circ$  (d), no período de inverno. As figuras à esquerda referem-se ao **caso de referência** e as figuras à direita ao **caso 1**.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar um conjunto de fundamentos do aproveitamento e proteção da luz do dia por meio do vidro mais o cobogó, gerados por simulação computacional, onde se pode perceber que os cobogós melhoram o desempenho lumínico das salas estudadas em comparação com aquelas que apresentam somente vidro, principalmente no solstício de inverno e na face Oeste, onde foi observada uma forte presença de incidência de luz ao ambiente interno das salas.

Nas simulações da sala com os cobogós se percebe uma distribuição mais uniforme em comparação com o **caso de referência**, devido ao redirecionamento da luz ao ambiente interno, tendo uma redução de iluminância superior a 60% para o cobogó 1 (**caso 1**) e 70% para o cobogó 2 (**caso 2**), para a latitude 0°. Para as demais latitudes, o menor valor de redução de iluminância foi de 55% para o cobogó 2, enquanto que para o cobogó 1, o valor mínimo foi de 65%.

Com relação ao melhor desempenho de iluminância, o **caso 1** foi o que mostrou ser mais eficiente devido à sua área de abertura ser maior do que o **caso 2**. Para o **caso 2**, apesar da uniformização da iluminação natural no ambiente interno, ainda é necessária a complementação da mesma com a luz artificial, restringindo no horário das 16h para todas as latitudes, pois os valores obtidos foram superiores a 500 lux.

Dessa forma, vale ressaltar a importância de soluções projetuais que utilizem a relação entre a iluminação natural e os cobogós como protetores solares, principalmente se estes estiverem orientados para a face Oeste, protegendo assim, da luz direta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013. Parte 1: interior.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15215-4**: Iluminação natural. Rio de Janeiro, 2005d. Parte 3: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Métodos de medição.
- CASTRO, A. P. A. S.; LABAKI, L.C; CARAM, R.M; BASSO, A.; FERNANDES, M.R. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 2, p. 69-76, 2003.
- CHAVES, P. W. **Iluminação natural em escritórios**: o uso do painel prismático em aberturas laterais. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UNB, Brasília, 2012.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **Balanco energético nacional 2015**: Ano base 2014: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2015. 288p.
- DORNELLES, K.A. **Absortância solar de superfícies opacas**: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílico e pva. 2008. 160p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- FREEWAN, A. A. Y. Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions. **Solar Energy**, v.102, p. 14-30, 2014.
- GUTIERREZ, G.C.R. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de brise-soleil fixo**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 2004.
- LABORATORIO DE CONFORTO AMBIENTAL (LABCON). **Arquivos climáticos em formato TRY, SWERA, CSV e BIN**. (2005). Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>>. Acesso em: mar. 2017
- LAMBERTS, R.; GHISI, R.; RAMOS, G. **Impactos da adequação climática sobre a eficiência energética e o conforto térmico de edifícios de escritórios no Brasil**. Florianópolis: LABESEE, 2006. 49p.
- MAIOLI, R. N.; ALVAREZ, C.E. Análise da utilização de prateleiras de luz em Vitória-ES (Brasil). **Revista Habitat Sustentable**, v. 3, n. 1, p. 37-46, 2013. Disponível em: < <http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/Artigo3421058.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2016.
- NABIL, A; MARDALJEVIC, J. Useful Daylight Illuminances: a replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 905–913, 2006.
- RORIZ, M. **ZBBR**: Zoneamento bioclimático do Brasil. Versão 1.1. São Carlos: Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFSCar, 2004. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>>. Acesso em: mar. 2017
- PAULERT, R. **Uso de elementos vazados na arquitetura**: estudo de três obras educacionais contemporâneas. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- VIANNA, N.S.; GONÇALVES, J.C.S. Iluminação e arquitetura. São Paulo: Geros, 2001. 362p.

## AGRADECIMENTOS

O apoio financeiro da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), através da bolsa de mestrado.