

AValiação da Iluminação Natural em Salas de Aula da UNIBRASIL

Eimi V. Suzuki – eimisuzuki@unibrasil.com.br (Engenharia Civil/UNIBRASIL)

O uso da luz natural em uma sala de aula pode melhorar a qualidade da iluminação e melhorar a eficiência energética da edificação, mas em excesso pode acarretar problemas com o excesso de iluminação, e com o conforto térmico, já que a luz solar incidindo diretamente em uma sala de aula gerará aumento da temperatura. Em um ambiente de sala de aula é importante que esta proporcione conforto ambiental para seus ocupantes, a fim de se obter um bom rendimento dos alunos. É dentro desse contexto que o presente trabalho está inserido, tendo como objetivo estudar o desempenho luminoso de uma sala de aula, no que se refere a iluminação natural, verificando também a influência do uso de protetores solares na edificação. Para a análise será estudado o desempenho no período do verão e no período do inverno e também as duas orientações presentes no bloco: com as janelas do ambiente voltada para sudoeste e para nordeste. A sala de aula escolhida está originalmente localizada no Centro Universitário UNIBRASIL, no bloco 2, na cidade de Curitiba (PR). A análise foi realizada através de simulação computacional utilizando-se o programa TropLux. O estudo conclui que a orientação solar tem relevância no posicionamento de salas de aula e que quando não se é possível modificar a orientação da edificação pode-se utilizar barreiras que ajudem a controlar a incidência de luz natural.

Palavras-chaves: iluminação natural; TropLux; iluminancia.

The use of natural light in a classroom can improve the quality of illumination and increase energy efficiency of the building, but in excess can cause problems with excessive lighting and indoor thermal comfort, since sunlight shining directly into a classroom will generate increasing temperature. In a classroom environment is important the thermal comfort of the occupants in order to obtain a good yield from the students. It is in this context that the present paper is inserted, in order to study the luminous performance of a classroom, as regards natural lighting, also checking the influence of the use of brise-soleil in the building. For the analysis will be studied the performance in the summer period and at the winter period and the two guidelines on the block: with the windows facing the southwest and northeast. The chosen classroom is originally located in the Centro Universitário Unibrasil, in block 2, in Curitiba (PR). The analysis was performed by computer simulation using the software TropLux. The study concludes that solar orientation is relevant to locating classrooms and that when it is not possible to change the orientation of the building can be used barriers to help control the incidence of natural light.

Keywords: natural light, TropLux, illuminance.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Gazeta do Povo (2015) Curitiba foi a capital brasileira que teve o maior aumento no valor da energia elétrica nos últimos 12 meses (de outubro de 2014 a setembro de 2015), aproximadamente 70%. Este cenário mostra que deve-se encontrar formas de economizar energia elétrica, uma das formas mais conhecidas é o aumento do uso da iluminação natural, diminuindo concomitantemente a utilização da iluminação artificial. Sendo que num ambiente de sala de aula o nível de iluminância pedida pela NBR 5413, é de 300 lux (ABNT, 1992).

A ABNT (1992) descreve iluminância como sendo “Limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para zero.” Pode-se dizer também que é o fluxo luminoso que incide em uma superfície dividido pela área dela, e sua unidade é o lux. Já o fluxo luminoso pode ser definido como a potência luminosa emitida em todas as direções por uma fonte luminosa (PROCEL, 2015).

1.1.ILUMINAÇÃO EM SALAS DE AULA

Além das vantagens econômicas da utilização da iluminação solar em salas de aula também podemos citar as vantagens fisiológicas, pois em ambientes com baixa iluminação natural o organismo libera uma substância chamada melatonina, que causa sonolência e diminui a atenção e produtividade do estudante. Podemos citar também vantagens psicológicas, como o aumento do interesse pelo local, pois a variação da quantidade de luz, causado pelo caminho do Sol no céu, tornam o ambiente mais excitante, ante a variação de cores e contrastes. Outro aspecto é a ligação com o exterior, pois a variação da luminosidade do Sol indica a variação as horas do dia, do clima e até das estações do ano, e essas variações marcam os ritmos biológicos e psicológicos dos seres humanos.

A iluminação natural também possui seus aspectos negativos, como o ofuscamento, que causa fadiga visual e pode aumentar a ocorrência de erros pelos alunos; outro ponto negativo é o aumento na temperatura do ambiente que a radiação direta do Sol acarreta. Para os alunos que ficam expostos a luz solar diretamente há o risco de problemas mais sérios como o câncer de pele. Por esses motivos deve-se achar uma maneira de equilibrar a utilização da luz natural de maneira que se possa usufruir dos benefícios e minimizar os malefícios da iluminação natural em salas de aula (ALMEIDA; RUIZ; GRAÇA, 2012).

1.2. RADIAÇÃO SOLAR

Radiação solar é a radiação eletromagnética emitida pelo Sol, ela é formada por ondas de alta frequência, chamadas de ondas curtas. Grande parte dessa radiação solar atravessa a atmosfera terrestre chegando à superfície terrestre onde é absorvida. Parte dessa energia absorvida é "re-irradia", mas como a temperatura da superfície terrestre é inferior que a do Sol, a energia é emitida em ondas de baixa frequência, chamadas de ondas longas (HEWITT, 2008).

O conjunto de todas as formas de radiação solar, radiação de onda curta, é chamado de espectro solar. Ele é dividido em três parcelas: ultravioleta, luz ou espectro visível e infravermelho. A luz ultravioleta tem comprimento de onda menor que 400nm, é invisível e

representa 2% da energia solar. A luz ou espectro visível é a que nos permite ver, tendo comprimento de onda de 400nm a 700nm e representa 45% da energia solar. A última parcela é a infravermelha, que representa 53% da energia solar, tem comprimento de onda de 700nm a 3000nm, e, assim como a ultravioleta, é invisível. As três parcelas, quando absorvidas, viram calor, mas apenas a luz é energia luminosa (BAUER, 1994).

Segundo Corato (2001), quando a luz do sol entra em contato com os materiais transparentes (vidro e policarbonatos), pode ser refletida, absorvida e se converter em calor, sendo também transmitida para o interior. A proporção no qual ocorre a reflexão, absorção e transmissão da luz é dada em função das características do elemento transparente.

Segundo Bauer (1994), a quantidade refletida depende de dois fatores: a refletividade do vidro e o ângulo com que a luz incide no vidro. Outra parte da energia é absorvida pelo vidro e liberada para o interior e o exterior sob forma de calor (radiação de onda longa). A última parte da energia solar (luz visível) atravessa o vidro para o interior da edificação. Para o vidro comum incolor de 6mm, cerca de 78% da energia são transmitidos diretamente para o interior, 7% refletidos e 15% absorvidos pelo vidro. Dos 15% absorvidos, 5% são irradiados para o interior e 10% para o exterior. No total, o vidro comum permite a passagem de 83% da energia solar (Figura 1).

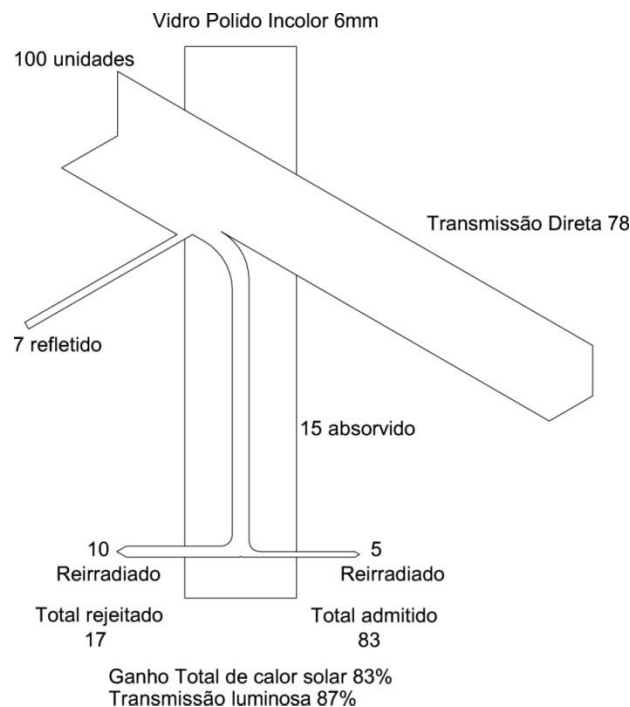


Figura 1 - Balanço energético para o vidro polido incolor de 6mm sob a incidência solar
Fonte: Bauer (1994).

1.3. ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR

Elementos de proteção solar, também chamados de “brise-soleil” ou simplesmente brises, são peças utilizadas para minimizar a entrada de radiação solar no ambiente interno, em certos momentos do dia. São uma ou mais placas que ficam na parte externa da edificação, que barram a

incidência direta da luz solar provocando sombreamento dentro da edificação. Podem ser horizontais, verticais ou mistas, como mostra a Figura 2 (GUTIERREZ, 2014).

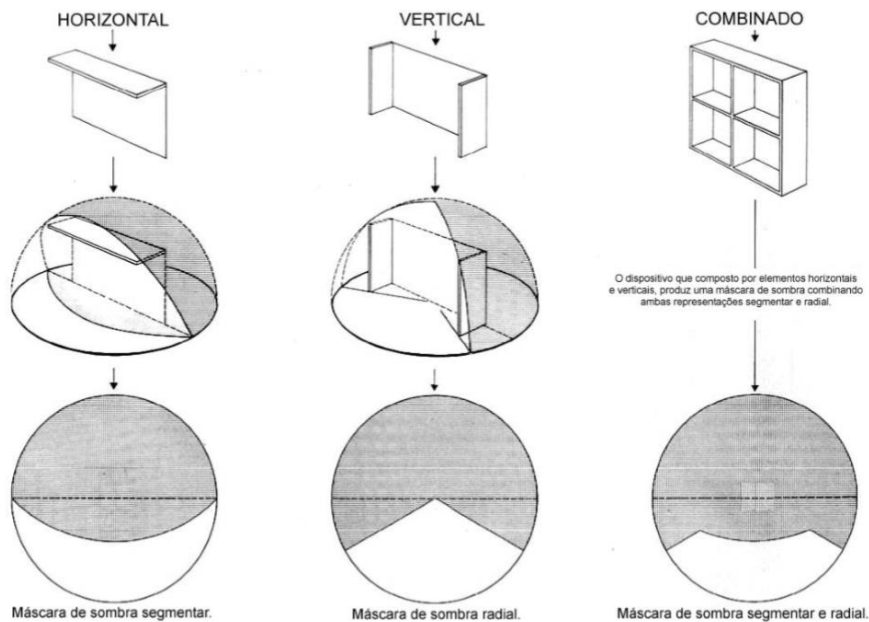


Figura 2 – Tipos de brise-soleil e suas máscaras de sombra

Fonte: Olgyay & Olgyay, 1957 (apud GUTIERREZ, 2014).

Segundo Gutierrez (2014) também podemos classificar os brise-soleils em fixos e móveis. Os móveis se adaptam a mudança de direção dos raios solares para promover uma maior eficiência, e também podem ser recolhidos para quando não há insolação. Este sistema pode ser automatizado, mas são sistemas com custos mais elevados e que exigem manutenção, ao contrário dos protetores solares fixos, que são mais baratos, não exigem manutenção, porém possuem uma eficiência menor.

2. METODOLOGIA

Para este estudo serão analisadas duas salas de aula do Centro Universitário Autônomo do Brasil – UniBrasil, com latitude 25°25'33"S e longitude 49°12'47"O. O Unibrasil está localizado na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, na região Sul do Brasil.

O Centro Universitário possui ao total 8 blocos, sendo que para esta pesquisa utilizou-se duas salas de aula do bloco 2, na Figura 3 circulado em vermelho. O bloco 2 possui 4 pavimentos, o segundo e o terceiro pavimentos possuem, cada um, 8 salas de aula, metade voltada para sudoeste e a outra metade para o sentido oposto, nordeste, sendo que as salas de aula escolhidas estão situadas no terceiro pavimento.



Figura 3 – Foto aérea do Centro Universitário Autônomo do Brasil – UniBrasil, destacando o bloco 2
Fonte: Google Earth (2015)

2.1. SALAS DE AULA

Para a simulação considerou-se as duas salas de aula com as mesmas dimensões, mas com orientações opostas, que foram medidas da sala voltada para sudoeste. Esta possui formato retangular com 7,3 metros de largura e 9,94 metros de profundidade. O pé direito é de 3,30 metros e a única face voltada para o exterior possui uma janela com 1,10 metros de altura e que ocupa todo o comprimento da parede, o quadro negro encontra-se ao lado da porta na face oposta a janela. A janela possui esquadrias de alumínio e vidro basculante que abre para o exterior, e para este estudo foram desconsideradas a influência das cortinas. Outra característica importante, do prédio onde estão situadas as salas de aula que foram estudadas, é que possui platibanda, ou seja, não existe interferência de beirais.

Para a simulação foi considerada a refletância do piso igual a 0,2, o teto possui refletância de 0,85 e as paredes têm 0,66 de refletância, para a janela a transmitância considerada é de 0,88.

2.2. SOFTWARE

O *Software* escolhido para fazer esta análise foi o TropLux 7.3.2, que foi primeiramente desenvolvido pelo Professor Ricardo C. Cabús e atualmente pelo Grupo de pesquisa em Iluminação da UFAL (Universidade Federal de Alagoas). Este software analisa a iluminância, no interior de uma edificação, originária da luz natural direta ou indireta.

Os dados de entrada estão listados a seguir:

- Latitude: Correspondente a cidade de Curitiba-PR;
- Período: Solstícios de inverno e verão e nos equinócios de outono e primavera;
- Horários: das 9:00 até as 11:00;
- Azimute do eixo X: 160° e 340° (conforme localização do bloco segundo Google Earth, 2015);

- Tipo de céu: céu claro;
- Plano de trabalho: 78 cm;
- Margem de erro: 5%.

Com os dados de entrada acima foram feitas duas simulações para comparar as iluminâncias internas: as salas de aula com um brise horizontal de 1 metro de comprimento sobre a janela, e a outra sem o brise horizontal .

2.3. AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL

A avaliação da iluminação natural será feita utilizando o paradigma chamado *useful daylight illuminance* (UDI), proposto por Nabil e Mardaljevic (2006). Este método de avaliação da iluminação natural divide os níveis de iluminância em faixas informando os níveis úteis de iluminância, e a possível ocorrência de níveis muito altos de iluminância que podem provocar o desconforto dos ocupantes e o ganho solar indesejado. Neste caso abordaremos somente os níveis de iluminação referentes a iluminação natural.

O UDI é dividido em quatro faixas, mas como pela NBR 5413 o valor mínimo de iluminância é de 300 lux, será feita uma adaptação para que a iluminância mínima atenda a norma (LIMA et al., 2011). As faixas são as seguintes:

- Iluminância insuficiente: $UDI < 300\text{lux}$;
- Iluminância suficiente: $300\text{lux} \leq UDI < 500\text{ lux}$;
- Iluminância desejável: $500\text{lux} \leq UDI < 2000\text{ lux}$;
- Iluminância excessiva: $UDI \geq 2000\text{ lux}$.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1.UDI

Foi analisado a UDI de dias de céu claro para as quatro datas analisadas, solstícios de inverno e verão e nos equinócios de outono e primavera, apenas nos horários da manhã, pois no período da tarde não há aulas no local. A sala é dividida em uma malha de 5x5, a área da malha estudada está nos fundos da sala, embaixo das janelas, como destacada na Figura 4.

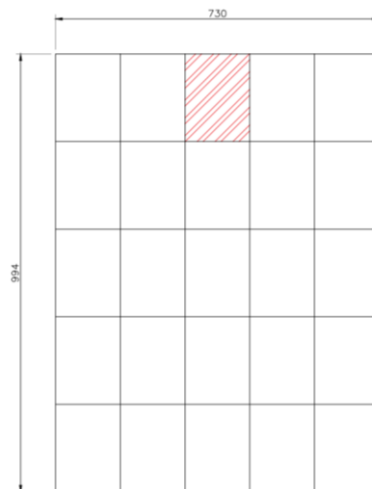


Figura 4 – Malha de 5x5, e área estudada da malha.

Para os equinócios, mostrados na Figura 5, pode-se ver que em nenhum momento entre as 9:00 até 11:59 da manhã a iluminação é insuficiente ou suficiente, quando há a presença do brise horizontal a iluminação sempre está na desejável, e sem o brise horizontal na maior parte do tempo a iluminação é considerada excessiva. A orientação faz pouca diferença na presença do brise horizontal, mas na ausência dela podemos ver que a fachada sudoeste possui menor porcentagem de iluminação excessiva.

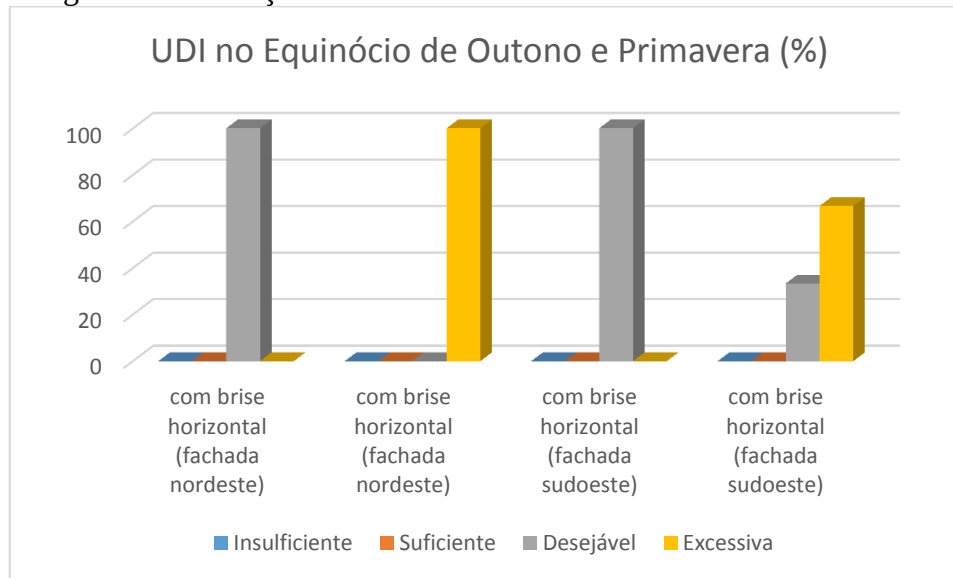


Figura 5 – UCI no equinócio de Outono, em porcentagem

No solstício de Inverno, Figura 6, o brise horizontal não se mostrou suficiente para evitar a UDI excessiva na fachada nordeste, mas resolveu este problema na fachada sudoeste. Sem a presença do brise horizontal em ambas as fachadas a predominância é a UDI excessiva.

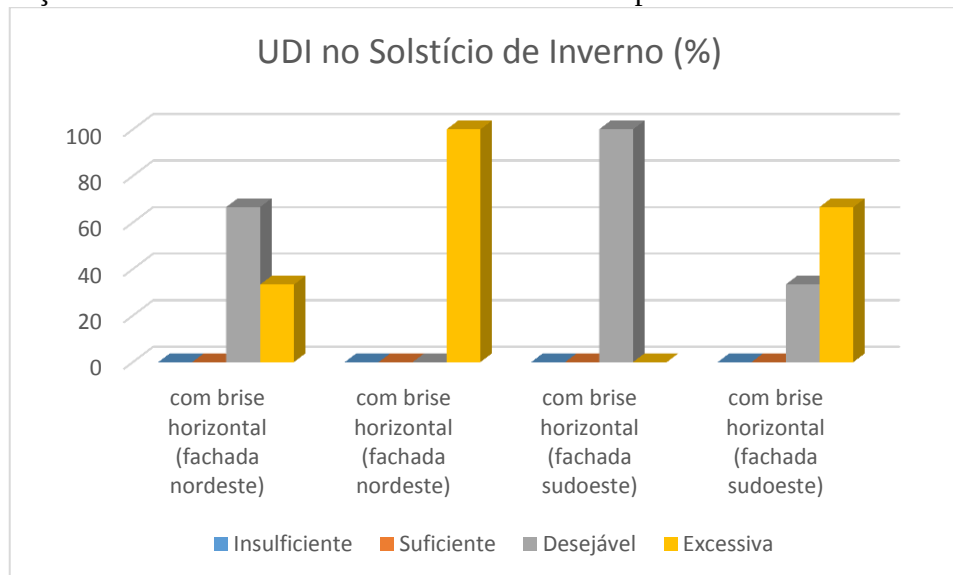


Figura 6 - UCI no solstício de Inverno, em porcentagem

Para o solstício de verão nota-se apenas uma ocorrência de UDI excessiva, na simulação sem brise horizontal da fachada sudoeste, nas outras situações a UDI foi a desejável. Em nenhum momento dos solstícios notamos a UDI insuficiente ou suficiente, assim como ocorreu nos equinócios.

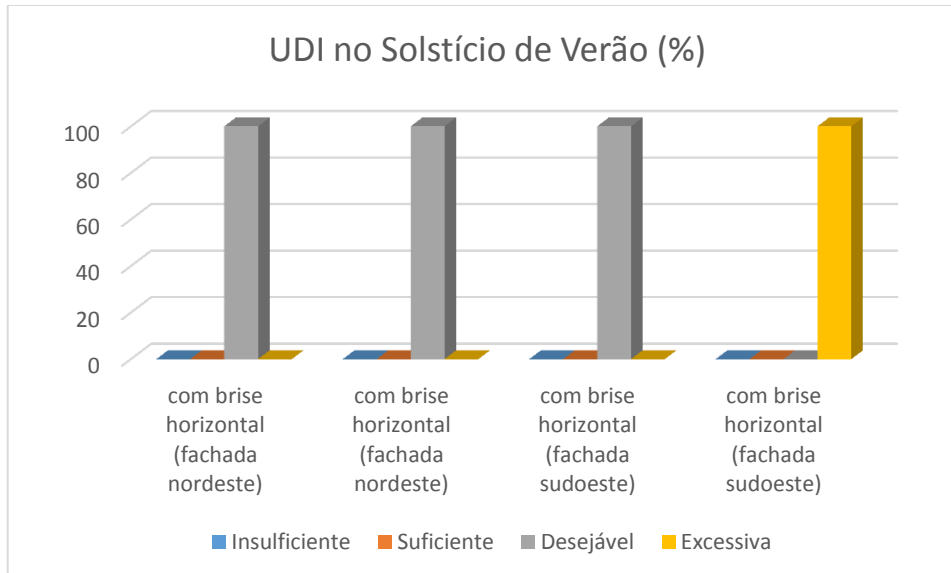


Figura 7 - UCI no solstício de Verão, em porcentagem

3.2.ISOCURVAS

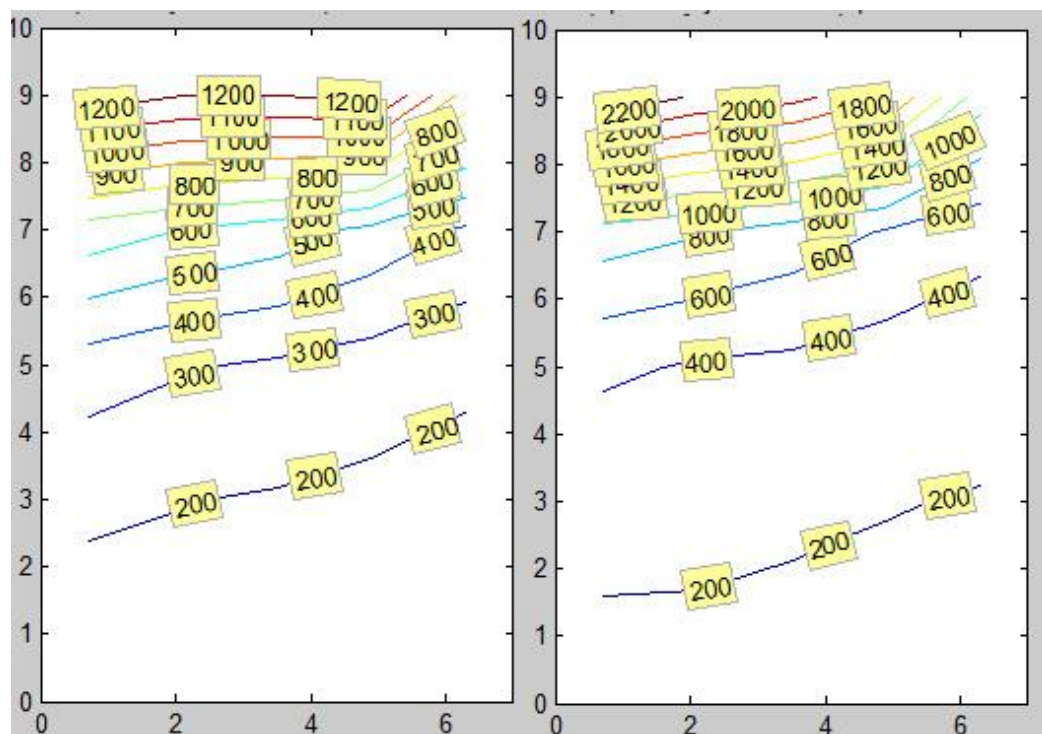


Figura 8 – Isocurvas com valores da Iluminância média para o período da manhã na fachada sudoeste, a primeira para a simulação com brise horizontal e a segunda sem brise horizontal

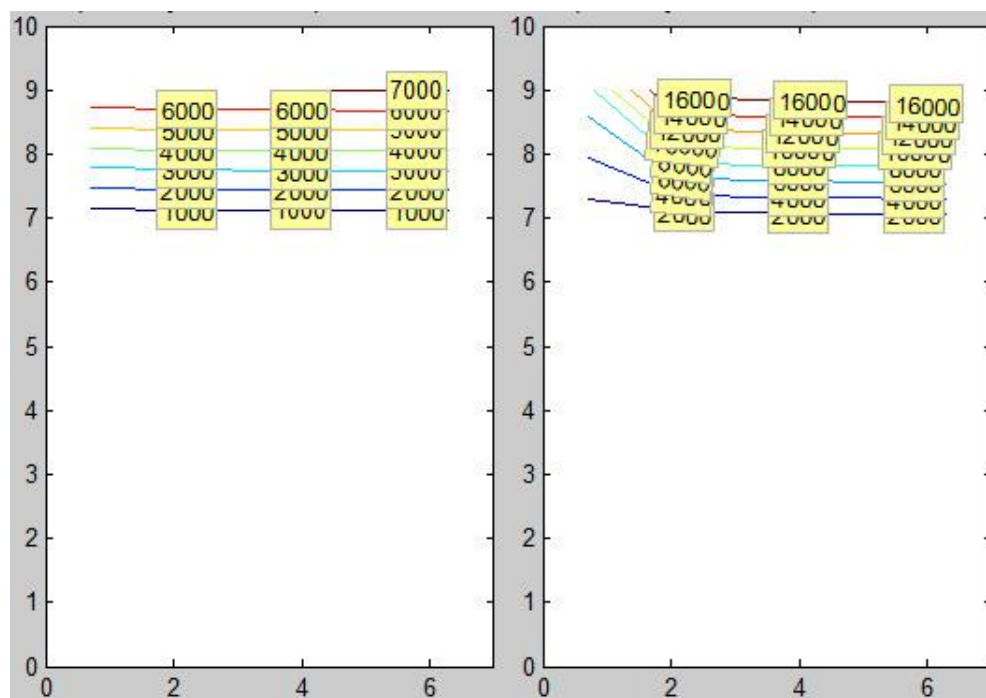


Figura 9 - Isocurvas com valores da Iluminância média para o período da manhã na fachada nordeste, a primeira para a simulação com brise horizontal e a segunda sem brise horizontal

Para uma maior análise escolheu-se o período do solstício de inverno, pois apresentou maiores porcentagens com iluminância excessiva. Cada uma das curvas, mostradas na Figura 8 e na Figura 9, possui o mesmo valor médio de iluminância. As curvas estão distribuídas em um esquema que representa o espaço da sala de aula, onde os maiores valores estão próximos da janela nos fundos da sala.

Analisando as isocurvas da Figura 8 e da Figura 9 podemos notar a diferença do maior valor mostrado, na fachada nordeste: 16000 lux, quando não temos o brise horizontal sobre a janela, para o menor valor: 1200 lux com o brise horizontal, na fachada sudoeste. Notando-se que no local atualmente temos a primeira situação. Por outro lado, sem o brise horizontal a iluminância ainda é suficiente em uma área maior da sala.

4. CONCLUSÕES

O estudo conclui que a orientação solar tem relevância no posicionamento de salas de aula, pode-se notar que, com exceção do verão, os maiores problemas com iluminância excessiva deus-se na fachada nordeste, as isocurvas também mostram valores muito maiores nesta fachada. Mas como os edifícios já estão construídos e não se pode mudar a orientação deles a opção é a utilização de protetores solares, ou brises. Neste artigo estudou-se especificamente a utilização de brises horizontais, que se mostraram eficazes para diminuir a iluminância quando excessiva, mas é uma solução que exige um estudo caso a caso para cada orientação de fachada, já que os valores podem variar muito para cada uma.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Merielen; RUIZ, Erickson de Oliveira; GRAÇA, Valéria Azzi Collet da. **Iluminação natural e saúde em salas de aula: a melhoria do desempenho ambiental através do controle da radiação solar direta no IFSP-SP**. Sinergia: Revista Científica do Instituto Federal São Paulo, São Paulo, v. 13, n. 1, p.42-53, jan./abr. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 13 p.

BAUER, L. A. Falcão. Materiais de Construção. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994. 2 v.

CORATO, Lucas L.; NAKANISHI, Tatiana M.; CARAM, Rosana. M. **Inovações tecnológicas em fachadas transparentes a partir da década de 70**. In: ENCAC, VI. 2001, São Pedro, SP.

GAZETA DO POVO. **Curitiba é a capital com a maior inflação do país**. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/curitiba-e-a-capital-com-a-maior-inflacao-do-pais-22o9s724uln2qgaflame89txw>>. Acesso em: 19 out. 2015.

GOOGLE EARTH. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/@-25.4951166,-49.2897982,11z?hl=en&hl=en>>. Acesso em: 09 out. 2015.

GUTIERREZ, Grace C.R. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de brise-soleil fixo**. 2004. 190p. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP. Campinas. 2004.

HEWITT, Paul G.; RICCI, Trieste F.; GRAVINA, Maria H.; CAVALCANTI, Cláudio J. H. **Física Conceitual**. Porto Alegre: 2008.

LIMA, Kamila Mendonça de et al. **A influência de protetores solares na iluminação natural no edifício sede da COMPESA**. In: XI ENCAC. 2011, Buzios.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors**. Energy and Buildings, London: Elsevier, v. 38, p. 905-913, 2006.

PROCEL Manual de Iluminação. Rio De Janeiro: ELETROBRAS, 2011. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf. Acesso em: 29/10/2015.