

## **DISPOSITIVO ZENITAL COM SELEÇÃO ANGULAR PARA A OTIMIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA.**

**Dimas Bertolotti (1); Norberto Corrêa da Silva Moura (2)**

(1) LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética – Depto. de Tecnologia da FAUUSP, Rua Professor Picarollo, 163, ap.82, Bela Vista, CEP 01332-020, São Paulo-SP, (11) 3141-7002, e-mail: [dimas@bertolotti.arq.br](mailto:dimas@bertolotti.arq.br)

(2) LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética – Depto. de Tecnologia da FAUUSP. Rua Huet Bacelar, 276, Ipiranga, CEP 04275-000, São Paulo-SP, (11) 5063-1549, e-mail: [norbertomoura@terra.com.br](mailto:norbertomoura@terra.com.br)

### **RESUMO**

As janelas das escolas públicas normalmente não possuem controle da radiação solar direta, ou então utilizam protetores mal dimensionados e obstrutivos que reduzem a luz natural, fazendo com que a iluminação elétrica permaneça acesa durante a maior parte do dia. Para otimizar o aproveitamento da luz natural, propõe-se um sistema integrando a abertura lateral convencional com uma abertura zenital, a primeira tratada com dispositivos de obstrução da penetração solar e a segunda contendo dispositivos com seleção angular, difusores opacos que promovem um adequado controle da radiação solar, aproveitando a luz natural, tanto difusa quanto direta refletida. O desempenho do sistema foi avaliado por meio de ensaios em modelo físico reduzido e simulações computacionais. O melhor aproveitamento da luz difusa e direta por reflexão possibilitou atingir o nível necessário de iluminação com qualidade - pois a distribuição da luz natural no interior da sala de aula mostrou boa uniformidade e ausência de ofuscamento nos planos de interesse - com implicações ainda no conforto térmico e no consumo de energia, resultando na autonomia em relação ao sistema artificial em grande parte do período diurno.

### **ABSTRACT**

Classroom windows in public schools usually don't have any control of direct sunlight. Sometimes the bad design of shading devices reduces daylight levels and electric lighting has to be on all day long. To optimize the use of daylight in classrooms, this article describes a daylight system that integrates the traditional lateral window with louvers and a roof monitor with interior diffusing baffles that promotes an adequate control of solar radiation, as well as enhances the use of daylight, diffuse and reflected. The system performance was evaluated through physical scale model testing under real sky conditions and computer simulation. The better performance of diffuse and direct light by reflection allowed the requested illumination level and quality, for interior daylight distribution in the classroom model resulted even and uniform, without glare in the main working planes. These results have also implications in thermal comfort and energy consumption, with an autonomy from artificial lighting in most part of daytime.

## 1. INTRODUÇÃO

A luz direta do Sol sobre os planos das mesas, carteiras e lousas é causa de ofuscamento e desconforto e, portanto, deve ser evitada. Os sistemas de janelas freqüentemente empregados em escolas no estado de São Paulo não costumam ter controles da radiação solar direta ou utilizam protetores como persianas, cortinas, brises e cobogós, que reduzem drasticamente a luz natural, fazendo quase sempre com que a iluminação elétrica permaneça acesa durante a maior parte do dia. No intuito de otimizar o aproveitamento da luz natural, foi projetado um sistema de iluminação natural compatível com as tipologias padrão de projetos para edifícios escolares da FDE<sup>1</sup>, podendo ser aplicado tanto em edifícios existentes como em novos projetos. O sistema consiste do tratamento da abertura lateral convencional, impedindo a penetração solar, e introduz uma abertura zenital contendo dispositivos com seleção angular e difusores opacos, que promovem um adequado controle da radiação solar direta, evitando o ofuscamento e aquecimento dos ambientes de salas de aula em climas quentes, ao mesmo tempo em que permite aproveitar a iluminação natural, tanto difusa quanto direta refletida, proporcionando maior conforto visual e economia de energia.

O desempenho do sistema proposto foi avaliado através de ensaios em modelo físico reduzido sob condições de céu real e simulações computacionais, para verificar sua influência na distribuição e controle da luz natural, otimizando seu uso como fonte principal de iluminação. Foram utilizados os métodos da geometria da insolação e do traçado de máscaras de sombra para a concepção e o dimensionamento do sistema zenital e para o tratamento da abertura lateral. Com os resultados dos ensaios e das simulações, foram determinadas as curvas de iluminância (isolux<sup>2</sup> e FLD<sup>3</sup>). Ao mesmo tempo, a observação visual e fotográfica do modelo permitiu uma análise da qualidade da iluminação interna e a verificação de possíveis fontes de ofuscamento que pudessem causar desconforto.

## 2. METODOLOGIA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objetivo desse trabalho está em propor e avaliar estratégias passivas capazes de aumentar a qualidade da iluminação e a conservação de energia nos edifícios escolares no Brasil. Essas estratégias têm sido aplicadas com sucesso em vários países, melhorando o desempenho e o bem-estar dos estudantes e conservando energia. Entre essas estratégias, os autores selecionaram um dispositivo zenital para iluminação natural com seleção angular e difusores opacos, de construção simples e custo adequado, de acordo com a realidade das escolas públicas brasileiras.

Para a qualidade da iluminação natural em escolas, uma providência importante a ser considerada no projeto arquitetônico é impedir a penetração direta de raios solares sobre o plano de trabalho, o que pode causar ofuscamento e fadiga visual e também constituir uma fonte de aquecimento indesejado durante o verão. Outro item importante é evitar a invasão da abóbada celeste no campo visual do usuário, porque o alto contraste de luminâncias pode ser fonte de ofuscamento. Ao mesmo tempo, é importante preservar a visão do ambiente exterior, que influencia o bem estar de seus ocupantes e promove uma constante mudança da distância focal de visão, ajudando a manter a saúde do olho.

Conforme CORBELLA e YANNAS (2003), a utilização de iluminação lateral “quando provinda de um só lado, causa um problema de distribuição da luz, que decresce rapidamente com a profundidade do cômodo”. A utilização de dispositivos para iluminação zenital pode propiciar uma distribuição mais uniforme da luz natural desde que protegidos para não causarem aumento excessivo da carga térmica. Em relação à carga térmica, MOORE (1985) enfatiza que a luz natural, tanto a direta do Sol como a difusa do céu, produz menos calor por unidade de energia do que as lâmpadas elétricas disponíveis

---

<sup>1</sup> Fundação para o Desenvolvimento da Educação do governo do Estado de São Paulo.

<sup>2</sup> Lugar geométrico dos pontos do plano de trabalho que possuem igual nível de iluminação.

<sup>3</sup> “Fator de luz diurna: razão entre a iluminação natural num determinado ponto num plano horizontal interno devido à luz recebida direta ou indiretamente da abóbada celeste com uma distribuição de luminâncias conhecida, e a iluminação num plano horizontal externo produzida pela abóbada celeste totalmente desobstruída, expressa como uma porcentagem” (ABNT, 2005).

comercialmente<sup>4</sup>. Portanto, “para uma mesma quantidade de luz, elementos zenitais podem introduzir menos carga térmica do que a iluminação elétrica, desde que toda a luz natural possa ser efetivamente usada e distribuída” (MOORE, 1985).

Uma das formas de otimizar o uso e a distribuição da luz natural, advinda de um dispositivo zenital, é a reflexão dessa luz em múltiplas superfícies. Para isso é possível, por exemplo, utilizar difusores brancos opacos. Segundo MOORE (1985) esta estratégia é capaz de dobrar a iluminância interna, comparada com a utilização isolada de elementos zenitais transparentes.

MOORE (1985) descreve um dispositivo zenital composto por um painel de vidro vertical combinado com beiral e difusores verticais internos. Esse dispositivo é dimensionado a partir de ângulos de corte (ou seleção angular) para barrar toda a penetração direta da luz do sol. Moore apresenta um procedimento geométrico para o desenho desse dispositivo.

Dentro do padrão de projeto FDE, o sistema proposto neste trabalho pode se adequar a qualquer orientação. Para testar seu desempenho, selecionou-se a tipologia com abertura lateral orientada para Norte e abertura zenital para Sul. Foi realizado um ensaio experimental em um modelo físico reduzido de uma sala de aula padrão FDE, sob condições de céu real e os resultados foram analisados comparativamente com simulações computacionais.

## 2.1 Projeto do Dispositivo

No decorrer desta pesquisa, percebeu-se que os ângulos de obstrução pelo método proposto por Moore resultam em obstrução total da abóbada celeste, o que não é necessário na orientação Sul, na qual os ângulos poderiam ser relacionados com o azimute e a altura solar, permitindo uma regra de dimensionamento desses difusores, quando nesta orientação, conforme a seguinte relação:

$$d = \frac{h \operatorname{sen} \theta_a}{\operatorname{tg} \theta_h} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

d = distância entre difusores

h = altura dos difusores

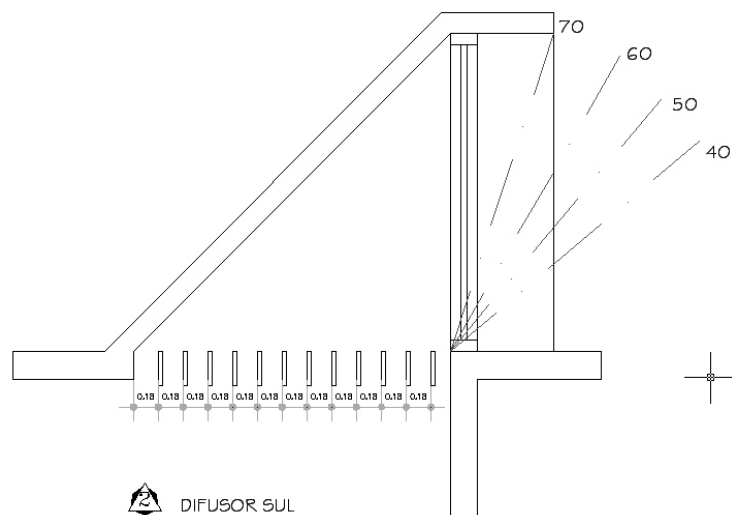
$\theta_a$  = ângulo de azimute do Sol

$\theta_h$  = ângulo da altura do Sol

Com a equação acima definida [Eq. 01], foram escolhidos na carta solar para São Paulo (24° latitude sul) os ângulos de azimute e altura solar que permitissem o bloqueio da radiação solar direta a partir das 7 horas da manhã. Para o difusor com orientação Sul, foram selecionados os ângulos 18° e 23° respectivamente, resultando na geometria representada na Figura 1. De forma complementar, foram projetados quebra sóis verticais para bloquear a incidência de raios solares laterais na época do verão. No pano de vidro vertical da abertura zenital, adotaram-se as mesmas dimensões da janela lateral, possibilitando uma verificação comparativa do desempenho de cada uma.

---

<sup>4</sup> “...aproximadamente 125 lumens por Watt para a luz do Sol e do céu comparado com 65 para lâmpadas fluorescentes, 30 para lâmpadas incandescentes e 110 para lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão” (MOORE, 1985). Atualmente, existem lâmpadas fluorescentes e de vapor metálico que alcançam a eficácia luminosa de 90 lumens por Watt. Também se encontram lâmpadas de vapor de sódio entre 80 e 140 lumens por Watt, mas estas não se aplicam à iluminação de salas de aula devido ao baixo índice de reprodução de cores.



**Figura 1. Detalhe do Dispositivo Zenital com Difusores.**

## 2.2 Ensaio Experimental

O ensaio do modelo sob condições de céu real foi realizado no pátio do Laboratório de Modelos e Ensaios da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, no campus da Universidade de São Paulo, no dia 09 de novembro de 2006, entre as 10:00 e 16:00 hs. O local escolhido era suficientemente desobstruído para os objetivos do ensaio no que diz respeito à influência do albedo e das obstruções externas. Avaliaram-se as aberturas em relação ao Norte verdadeiro (declinação magnética =  $20^{\circ} 03' 27''$ ). Para avaliar o desempenho do dispositivo, o modelo foi colocado de forma que a janela lateral, com protetores fixos horizontais, ficasse orientada para Norte e o elemento zenital com os difusores para Sul.

A medição dos níveis de iluminância interna foi feita em uma malha de nove pontos no plano de trabalho, utilizando fotocélulas LI-COR conectadas a um datalogger ELE International, modelo MM900, com 16 canais receptores e 4 analógicos. Foram anotados os códigos dessas fotocélulas e relacionados com os canais de entrada do datalogger para a análise posterior dos dados obtidos em cada posição. Externamente foi colocada uma fotocélula desobstruída para medir a iluminância global do céu e outra protegida por um anel de suporte para sombreamento marca Kipp & Zonen, modelo CM 121, que cobre o percurso aparente do Sol, permitindo a medição somente da luz externa difusa. Foi utilizado um Luxímetro Digital Homis para verificação periódica das medições realizadas pelas fotocélulas conectadas ao datalogger.

Foram feitas medições simultâneas das iluminâncias internas e externas. Durante as medições foram tiradas fotos internas da maquete e externas do céu, com a câmera fotográfica digital marca Nikon, modelo Coolpix 4500, com objetiva 180 graus marca Nikon, modelo FC-E8, tanto para o registro do tipo de céu em cada medição como para a análise visual qualitativa da iluminação interior. Também foi utilizada uma câmera fotográfica digital de 7.2 megapixels marca Sony, modelo DSC-W7 com objetiva grande angular VCL-DH 0730, sem o uso de flash, para avaliação visual do aspecto da iluminação natural no interior do modelo.

O datalogger foi ajustado para registrar as iluminâncias na malha de pontos a cada segundo, fornecendo as médias das medições realizadas por minuto em cada ponto da malha. Posteriormente, foi feita uma média por ponto em cada sessão de medições realizada. Nas medidas de radiação externa difusa, como o anel de sombreamento encobre parte da abóbada celeste, foi aplicado um fator de correção de 1,14 de acordo com o catálogo do fabricante do anel (Kipp & Zonen Instruction manual CM 121, p. 19-20).

Após o cálculo do desvio padrão das amostras, os valores foram normalizados para “permitir a comparação entre vários estudos” e “para serem utilizados em análises e comparações com diferentes

condições de céu” conforme recomendação da Norma Brasileira de Iluminação Natural (ABNT, 2005, parte 2, p. 8-9), de acordo com a seguinte expressão:

$$A_2 = \left( \frac{B_2 \cdot A_1}{B_1} \right) \cdot F \cdot T \quad [\text{Eq. 02}]$$

Onde:

$A_2$  = projeção do nível de iluminação no edifício (lux)

$A_1$  = iluminância medida no modelo em estudo (lux)

$B_2$  = iluminância de referência para a região onde se localiza o edifício (lux)

$B_1$  = iluminância de referência medida no modelo em estudo (lux)

F = fator de manutenção para vidros (0,85)

T = transmissividade do vidro (0,85)

A iluminação de referência em cada região da Terra é normalmente obtida através de dados coletados por estações medidoras. Como não existem dados sistemáticos medidos para São Paulo, optou-se por utilizar os dados de disponibilidade de luz natural calculados pelos algoritmos do programa DLN (SCARAZZATO, 1995), que são baseados no documento RP 21-84 da IESNA intitulado “Recommended Practice for the Calculation of Daylight Availability”, que apresenta uma série de “algoritmos universalmente aplicáveis e que foram baseados na interação entre medições realizadas e métodos preditivos desenvolvidos ao longo das décadas de 1920 a 1980 em vários países, incluindo três tipologias básicas de céu: claro, parcialmente nublado ou intermediário e encoberto” (SCARAZZATO, 1995).

A FIG 2 apresenta imagens do ensaio, incluindo as duas aberturas do sistema, e a FIG. 3 sintetiza os resultados de uma das séries de medições no modelo físico, ocorrida entre 13:00 e 14:00 h, sob condição de céu real variando de Céu Encoberto a Céu Intermediário.



(a)



(b)



(c)



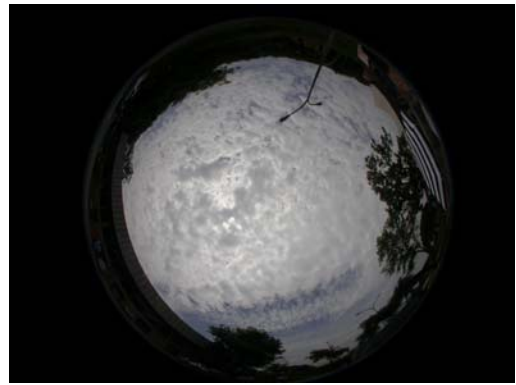
(d)

**Figura 2. Fotos do Ensaio.**

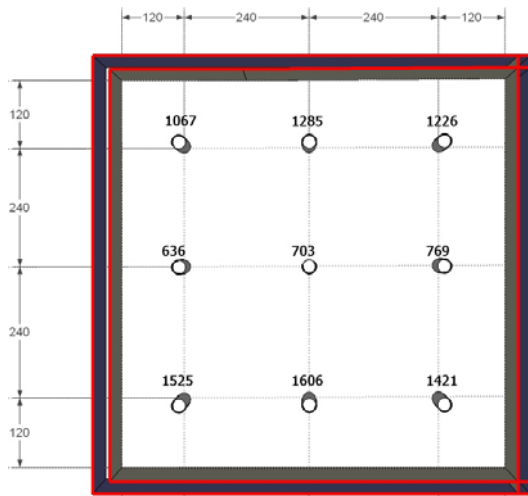
**(a) Vista Geral. (b) Estação de Trabalho. (c) Abertura Lateral Norte (d) Abertura Zenital Sul**



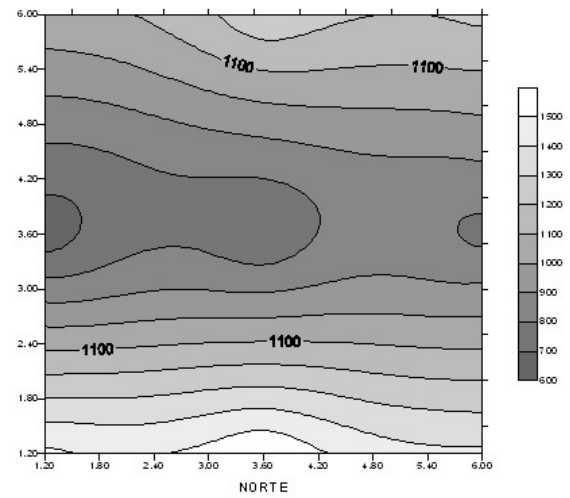
(a) Externa difusa 47.869 LUX



(a) Externa global 81.895 LUX



(b)



(c)



(d)



(d)

**Figura 3. Principais Resultados do Ensaio Experimental sob Condição de Céu Real. (A) Fotos e Medições do Céu. (B) Medidas Normalizadas nos Pontos da Malha de Sensores Internos (Lux). (C) Curvas Isolux. (D) Fotos Internas do Modelo.**

### 2.3 Simulação Computacional

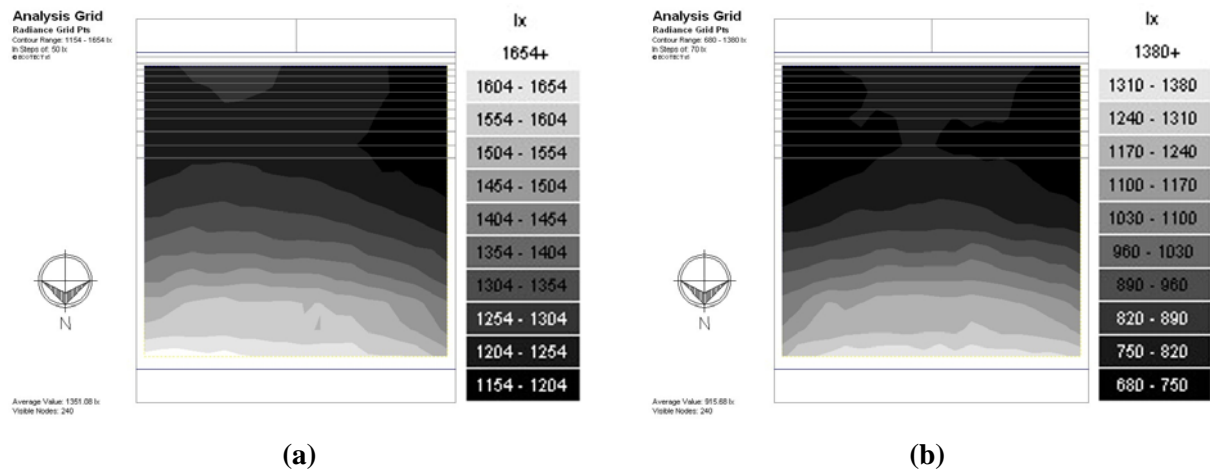
Foram elaboradas duas simulações através dos aplicativos RADIANCE / ECOTECT. A **Simulação 1** foi feita para confrontar os resultados com as medições do ensaio, buscando compatibilizar as condições de céu, horário e data. A **Simulação 2** adotou o Céu Encoberto para obtenção do Fator de Luz Diurna (FLD) no plano de trabalho. Assim, foram adotados os seguintes parâmetros (TAB.1):

**Tabela 1 – Parâmetros das Simulações.**

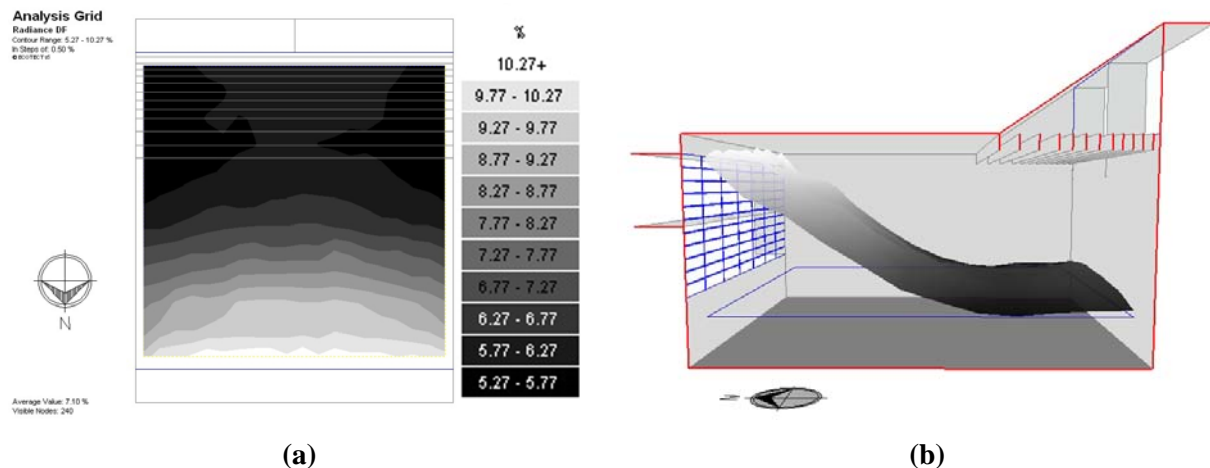
	<b>Local</b> Lat. / Long.	<b>Refletâncias</b> Parede - Piso - Teto	<b>Tipo de Céu</b>	<b>Data</b>	<b>Hora</b>
<b>Simulação 1</b>	-23,4° / -46,7°	0,85 - 0,50 - 0,85	Intermediário	9 novembro	13:00 h
<b>Simulação 2</b>	-23,4° / -46,7°	0,85 - 0,50 - 0,85	Encoberto	22 junho	12:00 h

Na data e horário escolhidos para a **Simulação 2**, tem-se a Iluminância de 12.900 lux, no plano horizontal desobstruído, para as condições de Céu Encoberto. Estima-se que este nível de iluminação seja um valor mínimo de referência atingido na cidade de São Paulo (Latitude 23,4°S; Longitude 46,7°O) 75% do período anual (ALUCCI, 2003). Esta frequência de ocorrência é considerada do nascente ao poente e, ao admitir o período de ocupação, deverá estar entre 80 e 85%, mostrando-se adequada para avaliar o desempenho luminoso do ambiente.

A FIG.4 apresenta as curvas isolux para as duas simulações, e a FIG.5 ilustra a distribuição do Fator de Luz Diurna no plano de trabalho (h = 0,80m).



**Figura 4. Níveis de Iluminação. (a) Simulação 1. (b) Simulação 2**



**Figura 5 Fator de Luz Diurna – FLD. (a) Planta. (b) Corte**

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 3.1 Níveis de iluminação

Confrontando os resultados da **Simulação 1** com os valores normalizados do ensaio, tanto as iluminâncias como a distribuição da luz estiveram próximas. Mesmo quando alteradas as condições de céu, houve pouca variação na iluminação do ambiente, mostrando bom desempenho do sistema e correspondência da metodologia adotada com as condições reais de céu.

A abertura lateral potencializou as regiões em suas imediações, onde se observaram os valores mais elevados. Considerando a maior facilidade de controle da luz através da abertura lateral, esta situação é favorável, pois possibilita ajustar a luz interior conforme convenha, em função da disponibilidade de luz exterior.

O FLD esteve entre 5% e 10% em todo o ambiente, com uniformidade em torno de 0,75, adequada segundo a recomendação DIN 5035 para luz artificial. A partir da metade do ambiente em direção ao fundo da sala, onde estão os difusores, a iluminação é praticamente constante, o que revela o potencial do dispositivo zenital quanto ao controle, distribuição e aproveitamento da luz natural difusa.

No dia e hora do ensaio, os níveis de iluminação interna dos pontos medidos estão acima dos exigidos por norma, indicando um grande potencial de autonomia da iluminação natural em relação ao sistema artificial. A combinação da abertura lateral protegida com o dispositivo de iluminação zenital dotado de refletores possibilitou um melhor balanceamento entre as luz natural advinda das aberturas, resultando em uma boa distribuição no espaço interior. As curvas isolux no centro da figura apresentaram uma variação suave, mantendo níveis bem próximos tanto ao lado da abertura lateral quanto no fundo da sala. Esta homogeneidade corrige um dos principais problemas de salas de aula dotadas apenas de abertura lateral, ou seja, a queda abrupta dos níveis de iluminação à medida que se afasta da abertura.

As fotos na parte inferior da FIG.3 permitem visualizar que a utilização do sistema proposto evita a incidência direta de radiação solar ao mesmo tempo em que impede a visão direta da abóbada celeste, sem prejuízo dos níveis de iluminação, pois a luz natural é redirecionada por reflexão para todo o ambiente. Isto confere à luz do ambiente uma aparência brilhante e uniforme, sem fontes potenciais de ofuscamento.

#### 3.2 Estimativa de conservação de energia

Para a estimativa do potencial de conservação de energia do modelo proposto foi utilizado o método apresentado por MANSY (2004), que considera a situação de projeto mais desfavorável, ou seja, os períodos em que os níveis mínimos de iluminação necessária ao desempenho da tarefa visual serão supridos pela iluminação natural proveniente de uma condição de céu totalmente encoberto. Para tanto, foram selecionadas das medidas tomadas durante as medições aquelas que ocorreram sob condição de céu encoberto. Em seguida foram calculados os FLD para as medidas realizadas pelo datalogger e a média dos FLD nos pontos medidos.

A partir do FLD obtido foi possível prever a iluminância num ponto durante um determinado dia do ano multiplicando-se seu valor pelo valor da disponibilidade de luz externa prevista para o mesmo dia, conforme a expressão:

$$E_{int} = E_{ext} \times FLD \quad [Eq. 03]$$

Onde:

E int = Iluminância interna

E ext = iluminância externa

FLD = Fator de luz do dia



A disponibilidade de luz externa nos dias mais significativos do ano (solstício de verão, solstício de inverno e equinócios), sob a condição de céu encoberto, foi calculada através do programa DLN (SCARAZZATO, 1995).

Os valores mínimos de iluminância requeridos para o desempenho de uma determinada tarefa são determinados em laboratórios. A recomendação da FDE para salas de aula é de 500 lux, valor baseado na norma de iluminação artificial NB-57. Como não existe uma especificação de níveis mínimos para iluminação natural nas normas brasileiras, o valor mínimo de iluminância considerado para este trabalho foi o recomendado pela norma alemã DIN 5034-1 (1985), ou seja, 60 % do nível recomendado para iluminação artificial no ponto mais desfavorável, portanto igual a 300 lux.

Com os valores obtidos pode-se observar que a utilização do sistema proposto permite que as lâmpadas fiquem desligadas na maior parte do tempo durante o horário escolar do período diurno no decorrer de todo o ano letivo. Deverão ser acionadas somente poucas horas no início da manhã e no final da tarde, principalmente durante os meses de inverno. A partir dos dados assim obtidos pode-se estimar o potencial de conservação de energia em duas situações distintas.

A primeira considera que toda vez que o nível de iluminância interno for igual ou superior ao nível recomendado para projeto, o potencial de economia será máximo (100%). Quando o nível estiver abaixo desse mínimo, é calculada a porcentagem de contribuição da luz natural para os níveis de iluminância internos dividindo-se o nível previsto para o ponto pelo nível recomendado para projeto. Calcula-se então o potencial de conservação sazonal, pela média aritmética dos valores nos pontos em todos os horários de ocupação do dia representativo da estação do ano. A seguir, calcula-se o potencial de conservação anual médio, pela média aritmética dos potenciais das quatro estações do ano. Neste caso, o potencial estimado foi de 82%.

A segunda situação considera que não serão utilizados controles automáticos para acionamento da iluminação artificial, restando, portanto, apenas duas possibilidades: potencial de conservação de 100%, quando os níveis internos atingem o mínimo recomendado para projeto e potencial nulo, quando não atingem. As médias sazonal e anual foram calculadas da mesma forma que na situação anterior e o potencial de conservação de energia anual previsto para essa situação foi de 65%.

### **3.3 Conclusões**

Um dos maiores desafios na utilização da luz natural em projetos arquitetônicos está na dificuldade de prever efeitos não desejáveis, como ofuscamento e distribuição desigual. Essa pesquisa propõe um caminho que permite vencer esse obstáculo, pois a proposta leva em consideração não apenas aspectos quantitativos da iluminação natural, mas também qualitativos. Alguns dos aspectos qualitativos que podem, com o auxílio dessa metodologia, ser melhorados, são, por exemplo, a uniformidade na distribuição da luz natural no interior da sala de aula e a ausência de ofuscamento nos planos de interesse – dois dos problemas mais comuns apresentados na utilização empírica e não otimizada de dispositivos de controle de entrada de luz natural.

O sistema proposto permitiu atender ainda a uma outra necessidade das escolas públicas brasileiras: reduzir gastos com consumo de luz artificial. Embora não fosse da alçada desse trabalho chegar a valores específicos de economia, as medições do experimento mostraram a possibilidade de atingir a iluminação interior adequada com o uso otimizado do sistema natural. Os cálculos revelaram posteriormente uma autonomia em relação ao sistema artificial na maior parte do período de ocupação, devido ao bom aproveitamento da luz difusa e da luz direta por reflexão.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15215-4: Iluminação Natural – Parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Método de medição*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ALUCCI, M. P. (2003) *Climaticus 1.0*. São Paulo: FAUUSP.
- CORBELLA, O., YANNAS, S. (2003). *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental*. Rio de Janeiro: Editora Revan, 287 p.
- BERKELEY LAB. *Desktop Radiance 2.0 Beta*, Marinsoft & Lawrence Berkeley National Laboratory, 2001
- DIN 5034 - DEUSTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1985 ). *Daylighting in interiors: general requirements (Part 1)*. Berlin, 5 p.
- DIN 5035 – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1979). *Artificial Lighting of Interiors, Part 1*, Berlin, p.3.
- IESNA – Illuminating Engineering Society of North America (2000). *IES Lighting Handbook, reference and application*. 9<sup>th</sup> edition. New York: IESNA.
- MANSY,K. (2004). *A user-friendly procedure to visualize the hourly quantitative performance of daylighting systems*. Solar Energy, vol.77, p.373-380. London: Elsevier.
- MARSH, A. *Ecotect. Square One*, 2003.
- MOORE, F. (1985). *Concepts and practice of architectural daylighting*. New York: Van Nostrand Reinhold, 290 p.
- SCARAZZATO, P. S. (1995). *DLN*. São Paulo: FAUUSP.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao LABAUT - Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da FAUUSP pelo apoio e fornecimento dos equipamentos para as medições.