

O EFEITO DE DUTOS DE LUZ VERTICAIS NA ILUMINAÇÃO NATURAL DE AMBIENTES ESCOLARES

Leonardo Salazar Bittencourt (1); Juliana Oliveira Batista (2)

(1) (2) Universidade Federal de Alagoas, Depto. De Arquitetura e Urbanismo/CTEC, Campus AC Simões, Tabuleiro dos Martins, Maceió-AL, CEP 57072-970.

Fones: 214 1283/9972 8727. (1) E-mail: lsb@ctec.ufal.br

(2) Bolsista PIBIC/CNPq. E-mail: juobatista@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da investigação sobre a influência de clarabóias, constituídas por dutos de luz verticais, no desempenho luminoso de ambientes escolares localizados em Maceió-AL. Para tal utilizou-se um modelo computacional simulado sob diversas combinações dos seguintes parâmetros: condição de céu; período do ano; reflectância internas das salas; dimensões das aberturas dos dutos de luz e orientação das salas. Foram avaliados os níveis de iluminância, bem como os índices de uniformidade luminosa, e comparados com valores recomendados pela ABNT (1991) para ambientes escolares. Foram considerados os desempenhos de salas orientadas ao norte e ao sul, antes e após a inserção das clarabóias. Observou-se que a introdução das mesmas incrementou os níveis de iluminância das salas e também elevou o grau de uniformidade luminosa, reduzindo as deficiências da iluminação unilateral graças à parcela de luz adicionada no fundo das salas. Os resultados demonstraram que o dispositivo examinado é capaz de promover melhoria na uniformidade luminosa do ambiente e nos níveis de iluminância necessários ao desempenho de atividades escolares; evitando-se a utilização de sistemas de iluminação artificial nos turnos diurnos e, conseqüentemente, o desperdício de energia elétrica.

ABSTRACT

The paper presents the results of an investigation regarding the influence on daylighting performance of a vertical shaft placed in the the corridor of typical school buildings located in Maceió-AL, Brazil. Computer simulations were carried out to assess the combined effects produced by the following parameters: sky condition; period of the year; internal walls reflectance; shaft openings size and rooms orientation. Achieved illuminance values and uniformity ratios were compared to those recommended by Brazilian Standards for school buildings (ABNT, 1991). Performance of rooms oriented North and South were analysed before and after the introduction of the considered device. Results show that the shaft introduction produced better daylighting uniformity ratio, and a significant increment in the illuminance levels at rooms' deeper areas. The investigation has led to the conclusion that, considering typical school buildings configuration, the shafts may promote adequate daylighting patterns to school activities; avoiding artificial lighting and, thus, energy waste.

1. INTRODUÇÃO

Durante o ano de 2001, o país foi surpreendido pela ameaça de “apagões” e teve de se adaptar ao racionamento de energia a fim de evitar um verdadeiro “colapso energético” (ABRANCHES, 2001). Dentre as várias justificativas para tais acontecimentos, o desperdício de energia elétrica nas edificações pode ser apontado como uma das razões fundamentais (COSTA, 2001). No âmbito do

ambiente construído, a dependência de sistemas artificiais de refrigeração e de iluminação se destaca, pois é representativa da inadequação das edificações ao meio onde estão inseridas (CASTRO, 2001).

As edificações escolares em Maceió, possuem uma configuração típica composta por blocos de salas de aula dispostos ao longo de um corredor central, iluminadas unilateralmente por uma janela na fachada (ver Figura 1). Esta configuração costuma apresentar problemas de desconforto térmico e visual. Quanto à ventilação, o desempenho é satisfatório apenas quando a sala está voltada para a direção dos ventos dominantes, ficando a sala oposta em situação prejudicial. A opção pela iluminação unilateral resulta numa queda significativa dos níveis de iluminância nos fundos da sala em relação aos níveis obtidos junto à janela, prejudicando a uniformidade lumínica e o conforto visual¹.

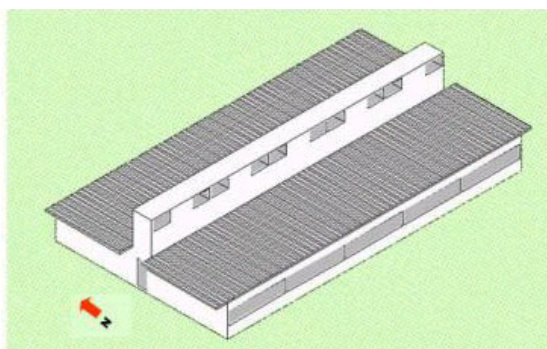


Figura. 1: Vista externa das salas de aula.

Visando promover o aproveitamento da luz natural, investigou-se o desempenho de um dispositivo que funciona simultaneamente como clarabóia e como captador de vento. Esses dispositivos são largamente utilizados em países da Ásia e do Oriente Médio, ainda pouco empregados no Brasil e cujo potencial para captação de luz tem sido pouco explorado, ficando sua utilização restrita à captação/exaustão dos ventos dominantes.

O modelo ora proposto apresenta-se sob o formato de dutos verticais, posicionados sobre o corredor central localizado entre dois blocos de salas de aula, orientados no sentido norte-sul. Essa orientação é recomendável do ponto de vista da insolação, pois facilita o emprego de beirais para proteger as salas, evitando a exposição de suas janelas à insolação direta. Esses dutos possuem aberturas verticais, dispostas alternadamente e voltadas para o norte e para o sul (ver figura. 2).

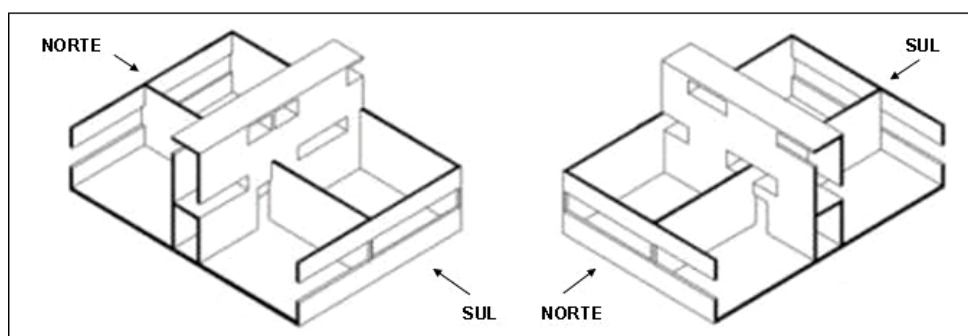


FIG. 2: Disposição e orientação das aberturas das salas de aula

O fechamento horizontal do duto é em vidro comum, com transmitância de 85%, possibilitando uma maior penetração da luz do que aquela incidente nas aberturas verticais orientadas para norte e sul. Em relação à iluminação, o duto produz um aumento nos níveis de iluminância obtidos nos fundos da sala devido à parcela de luz introduzida através de sua abertura inferior, proporcionando um grau de uniformidade lumínica superior ao encontrado em salas de aula existentes (iluminadas exclusivamente

¹ Segundo VIANNA, 2001, a penetração da luz através de uma janela ocorre de forma satisfatória até uma distância máxima correspondente a 1,5 a 2 vezes a distância entre o piso e o limite superior da janela.

através de uma janela voltada para o exterior). De acordo com o CIBSE (1984), “mudanças bruscas na iluminância de uma região costumam causar distração e insatisfação e podem afetar o desempenho de uma tarefa visual”. Desse modo, quanto menos uniforme a iluminação produzida num ambiente, maior o prejuízo ao desenvolvimento das tarefas escolares.

2. OBJETIVOS

Este trabalho pretende analisar as vantagens quantitativas e qualitativas proporcionadas pela utilização dos dutos verticais, avaliando a potencialidade deste dispositivo para produzir melhores condições de iluminação natural em ambientes de salas de aula, bem como a possibilidade de se reduzir a utilização de sistemas de iluminação artificial mediante um melhor aproveitamento da luz natural disponível.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido através de simulações de um modelo computacional representativo da configuração típica de salas de aula encontrada em Maceió – AL. Para tal foram desenvolvidas simulações de iluminação natural realizadas com o programa computacional *Lumen Micro v. 2000*. Construiu-se um modelo constituído por dois blocos com cinco salas de aula cada, dispostas ao longo de um corredor central medindo 2 m de largura, correspondente à configuração típica das escolas de Maceió. As salas medem 6 x 6 m e têm pé-direito igual a 3,10 m (ver Figura 3). Um outro modelo, similar à configuração típica, foi construído. Neste, foram incorporados dutos verticais, posicionados sobre o corredor central e com altura total de 4,75 m, sendo as paredes internas na cor branca (reflectância=0,8) (ver Figura 4).

Foram consideradas diversas combinações dos seguintes parâmetros: condição de céu; período do ano; reflectância do teto do ambiente e dimensões das aberturas dos dutos verticais. Cada trecho do duto correspondente a uma sala de aula apresenta-se subdividido em 4 seções (ver Figura 5). As duas seções centrais possuem a abertura vertical superior orientada para o norte, enquanto nas seções das extremidades essas aberturas estão voltadas para o sul. A altura dessas aberturas variou entre 0,40m, 0,60 m e 1,20m. A abertura inferior do duto possui um trecho completamente aberto, destinado à ventilação, e outro trecho em vidro, permitindo o aproveitamento da parcela total de luz introduzida pela clarabóia.

Foram realizadas simulações para salas orientadas ao norte e ao sul, sendo que as reflectâncias internas para paredes, piso e teto foram, respectivamente, 0,5; 0,3 e 0,7 (sala “clara”) e 0,5; 0,3 e 0,5 (sala “medianamente clara”). Consideraram-se três períodos do ano: equinócio (21/03), solstício de inverno (22/06) e solstício de verão (22/12) e duas condições de céu: parcialmente encoberto e encoberto. O céu parcialmente encoberto representa aquele tipicamente encontrado no litoral nordestino, enquanto o céu encoberto representa a condição mais desfavorável quanto ao emprego da iluminação natural.

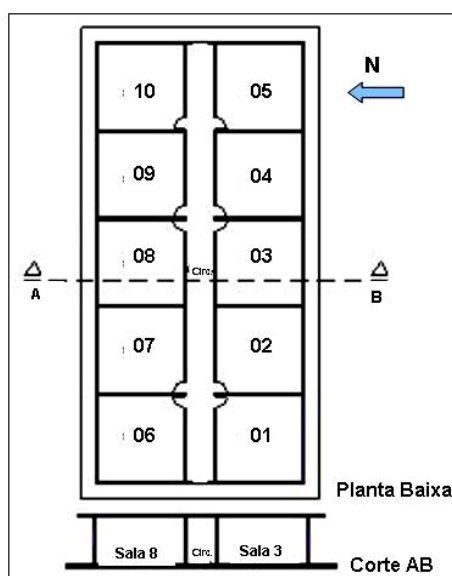


Figura.3: Modelo da configuração típica de salas de aula de Maceió

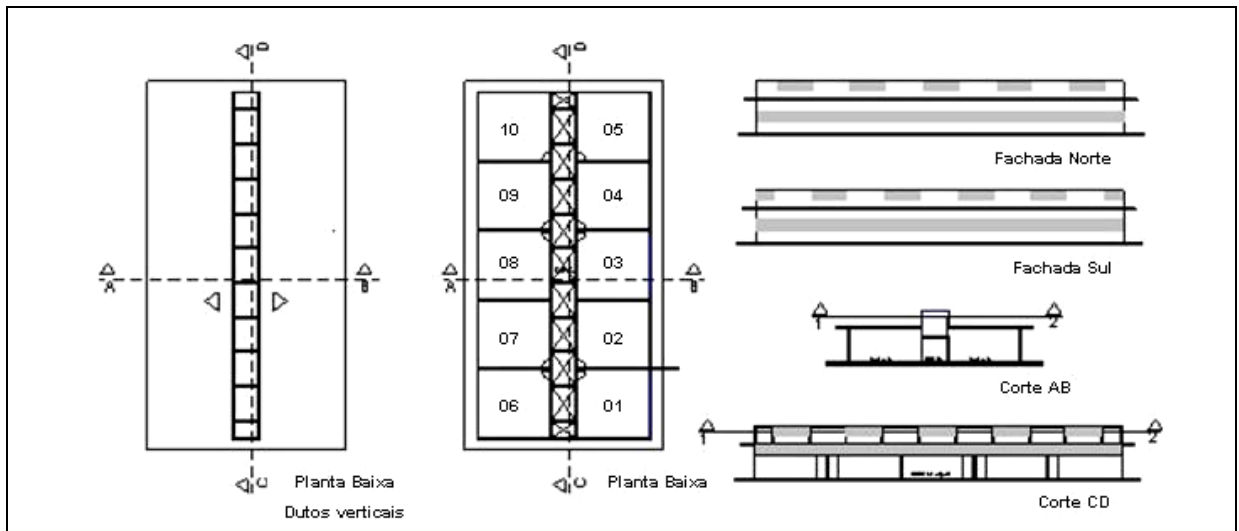


Figura 4: Modelo de salas de aula dotados de dutos verticais (captadores de vento e luz).

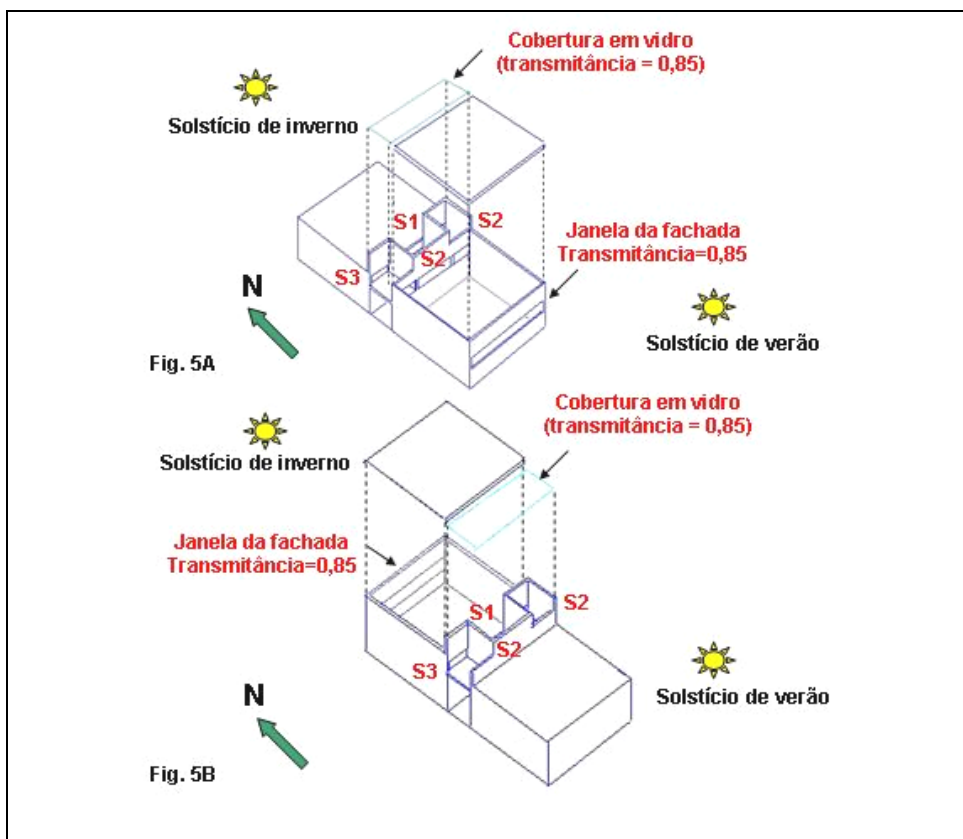


Figura 5: Esquema das salas de aula e os dutos verticais. 5A – Salas orientadas ao sul; 5B – Salas orientadas ao norte. S1: abertura concentrada; S2: aberturas distribuídas; S3: abertura inferior da clarabóia.

Os dados de iluminação natural são analisados através da iluminância média obtida para cada zona da sala, através da média aritmética de grelha constituída por 36 pontos uniformemente distribuídos, (ver Figura 6). Após a introdução das clarabóias, foram avaliados os acréscimos nos níveis de iluminância nos fundos da sala, assim como os percentuais de decréscimo desses níveis em relação àqueles obtidos na área próxima à janela da fachada.

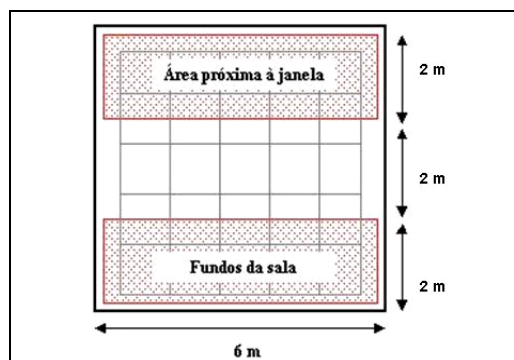


Figura 6: Grelha utilizada para avaliação do desempenho luminoso das salas de aula.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

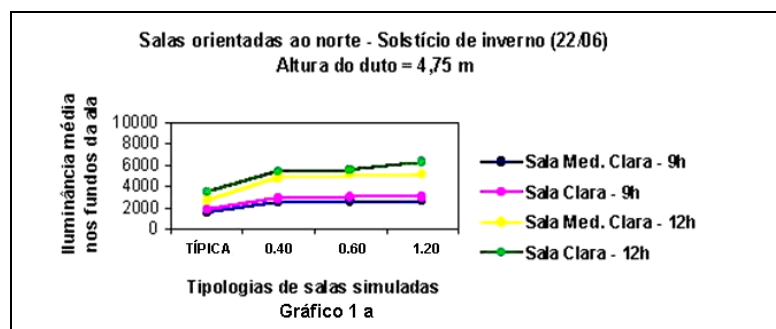
4.1. Desempenho Luminoso Sob Condição De Céu Encoberto

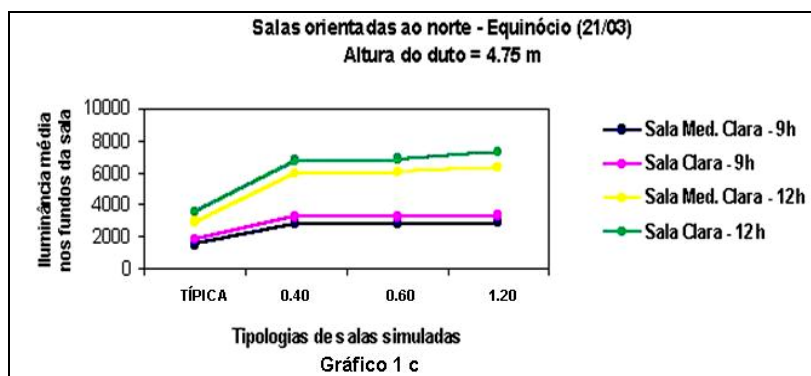
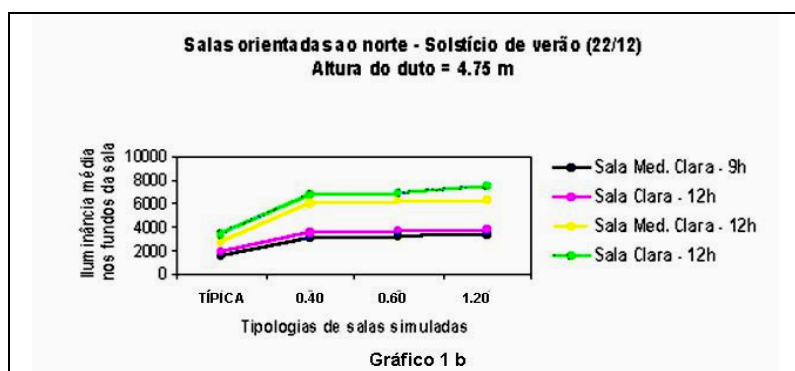
Em comparação com a configuração típica desprovida de clarabóia, verificaram-se ganhos significativos nos níveis de iluminância, principalmente nos fundos da sala. Observando-se as salas centrais do conjunto simulado (salas 3 e 8 da Figura 4), observou-se que após a inserção da clarabóia obteve-se uma duplicação na iluminância média nos fundos do ambiente. A iluminância nos fundos da sala alcançou um incremento médio da ordem de 126%. Em relação à uniformidade luminosa, a configuração típica apresentou decréscimos na iluminância dos fundos da sala, em relação aos níveis obtidos junto à janela da fachada, iguais a 69% e 72%, para a sala *clara* e *medianamente clara*, respectivamente. Após a introdução da clarabóia, a iluminância média nos fundos do ambiente passou a valer aproximadamente a 1/2 da iluminância média verificada junto à janela da fachada. Já na configuração típica, esses valores correspondiam apenas a 1/3. Verificou-se também que, sob tais condições de céu, o efeito da variação do tamanho das aberturas do duto foi pouco significativo, devido ao fato de que a incidência da luz solar nas fachadas se deu apenas através da radiação difusa proveniente da abóbada celeste, não havendo incidência direta da luz solar.

4.2. Desempenho Luminoso Sob Condição De Céu Parcialmente Encoberto

Sob condição de céu parcialmente encoberto, a mais comum em locais de clima quente e úmido, a incidência da radiação solar direta se dá de modos diferentes ao longo do dia e do ano para cada fachada da edificação, resultado em diferenças significativas entre o desempenho luminoso das salas orientadas ao norte e aquelas orientadas ao sul:

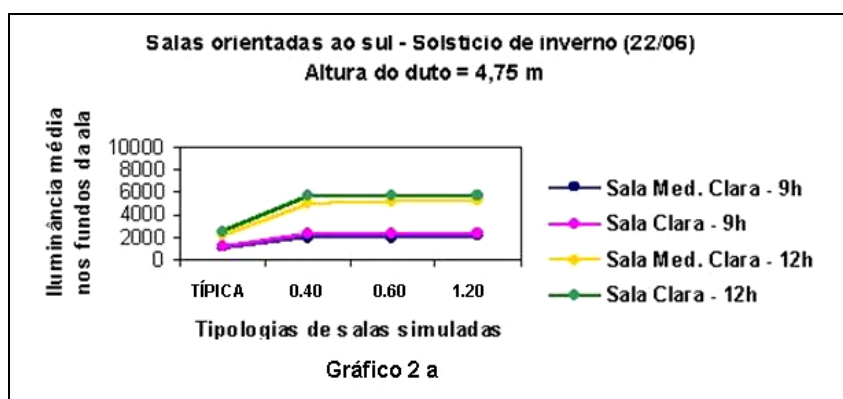
- **Salas orientadas ao norte** – A introdução da clarabóia proporcionou aumentos superiores a 60% na iluminância média dos fundos da sala no solstício de inverno, tanto com as salas *claras* como *medianamente claras*, conforme ilustrado no Gráfico 1a. No solstício de verão e nos equinócios esse aumento foi da ordem de 90%. Quanto aos decréscimos das iluminâncias obtidas nos fundos das salas em comparação aos valores obtidos na região próxima às janelas nessas datas, observaram-se os percentuais médios de 40% e 43%, para as salas *clara* e *medianamente clara*, respectivamente. No solstício de inverno esses percentuais foram da ordem de 73%. Os gráficos abaixo mostram os níveis de iluminância média obtidos nos fundos das salas, comparando-se o desempenho luminoso da configuração típica com aquele verificado para as salas dotadas de clarabóias:

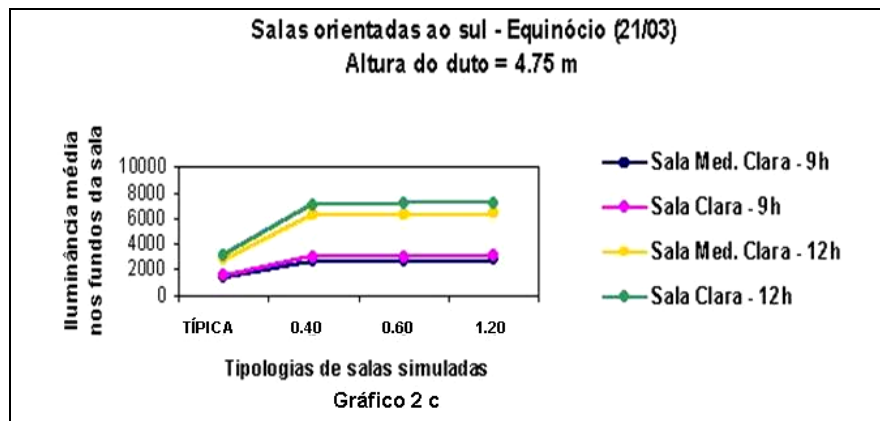
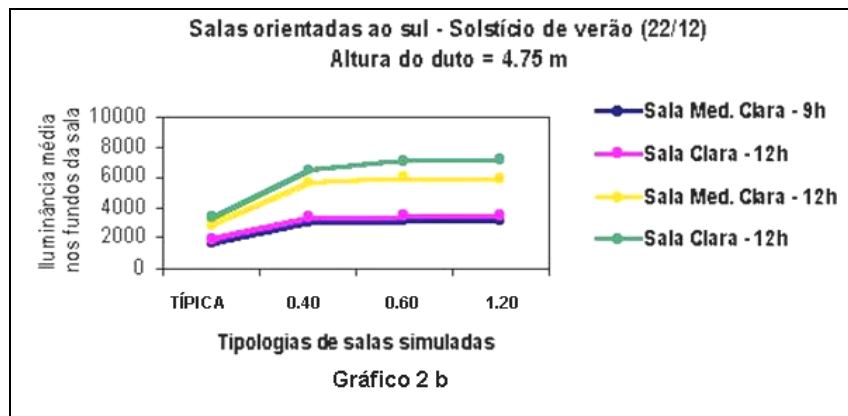




Gráficos 1 a – 1 c: Níveis de iluminância média obtidos nos fundos das salas orientadas ao norte: comparação entre diferentes tipologias de salas de aula. Configuração típica e dutos com aberturas com alturas iguais a 0,40 m; 0,60 m e 1,20 m.

- **Salas orientadas ao sul** – A introdução da clarabóia proporcionou aumentos superiores a 90% na iluminância média dos fundos da sala (com as configurações *clara* e *medianamente clara*) no solstício de inverno, conforme ilustrado no gráfico 2a. Nesta data, às 12h, ocorreu uma penetração da radiação direta através dos dutos da clarabóia. Isto resultou em decréscimos inferiores a 30% nas iluminâncias verificadas nos fundos da sala, em comparação aquelas obtidas nas proximidades da fachada. No entanto, a qualidade da iluminação pode ficar comprometida com a incidência direta da luz solar, causando ofuscamento no plano de trabalho e prejudicando o desempenho visual dos alunos. No solstício de verão e no equinócio, os percentuais de decréscimo situaram-se em torno de 50% e 40%, respectivamente. Os gráficos abaixo demonstram o aumento do nível de iluminância nos fundos da sala em decorrência da variação do tamanho das aberturas do duto, em comparação com a configuração típica desprovida de clarabóias:





Gráficos 2 a - 2c: Níveis de iluminância média obtidos nos fundos das salas orientadas ao sul: comparação entre diferentes tipologias de salas de aula. Configuração típica e Dutos com aberturas com alturas iguais a 0,40 m; 0,60 m e 1,20 m.

Os resultados obtidos representam melhoras significativas no desempenho luminoso das salas de aula dotadas de clarabóia, no que diz respeito aos acréscimos na iluminância média da área dos fundos da sala (ver Gráficos 1 e 2). Em todas as situações simuladas, as salas de aula dotadas de clarabóias alcançaram o nível de iluminância mínimo de 300 lux, estabelecido pelas normas da ABNT (1991) para ambientes escolares: Já a configuração típica desprovida de clarabóias apresentou níveis de iluminância inferiores a 300 lux nos fundos das salas durante o solstício de inverno, sob condição de céu nublado. Quanto à mudança na reflectância do teto, as diferenças verificadas entre as salas com teto *claro* (reflectância = 0,7) e aquelas com teto *medianamente claro* (reflectância = 0,5) mantiveram-se constantes e em torno de 3%, conforme ilustrado na Figura 7.

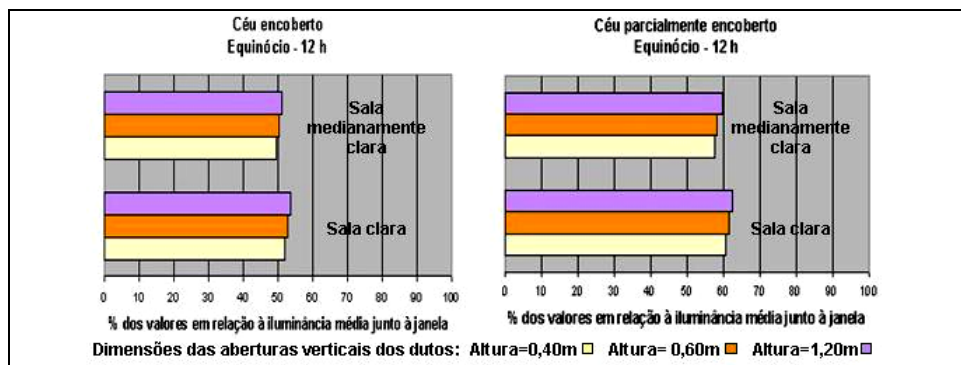


Figura 7: Comparação entre a iluminância média obtida nos fundos e nas proximidades da janela da fachada das salas orientadas ao norte. Reflectâncias do teto: 0,7 e 0,5, sala clara e medianamente clara, respectivamente. Equinócio (21/03).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sob condição de céu nublado demonstram que os captadores de vento podem também funcionar como captadores de luz, proporcionando um aumento na uniformidade da iluminação natural obtida, além de também elevar a iluminância interior.

Pôde-se concluir que a utilização das clarabóias produz efeitos tanto positivos como negativos no desempenho luminoso das salas de aula. Quanto aos aspectos negativos, verifica-se que a incidência de radiação direta através do duto é prejudicial ao conforto visual dos alunos, ocasionando ofuscamento no plano de trabalho. Tal problema é passível de solução mediante adaptações na configuração das clarabóias investigadas, como modificações nas configurações do duto. Como efeitos positivos, observou-se um incremento na iluminância média das salas, especialmente nos fundos das mesmas, com conseqüências positivas quanto à uniformidade da iluminação natural. Além disso, o dispositivo investigado na presente pesquisa apresenta a possibilidade de beneficiar as condições de conforto térmico dos usuários, pois também funciona como captador de vento.

A utilização de clarabóias representa a possibilidade de se obter edificações mais eficientes do ponto de vista energético, pois o aproveitamento adequado da oferta de luz natural disponível proporciona a redução na demanda de energia elétrica para iluminação artificial e refrigeração.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413: iluminância em interiores: Especificação*. Rio de Janeiro, 1991.

ABRANCHES, Sérgio. *A Tragédia dos Comuns*. Veja, São Paulo, p. 124, 30 mai. 2001.

CASTRO, Cláudio. de M. *A Orangerie Tropical*. Veja, São Paulo, p. 22, 27 de jun. 2001.

CIBSE. *CIBSE Code for Interior Lighting*. London, The Chartered Institution of Building. p. 12

COSTA, Guilherme. *Mudança de Hábito à Força*. Mais Arquitetura. Mais Suplemento, São Paulo, p. 23-26, jul. 2001.

VIANNA, Nelson., GONCALVES, Joana. C. S. *Iluminação e Arquitetura*. São Paulo, Virtus s/c Ltda. p. 217 – 119.