2000/2

ILUMINAÇÃO NATURAL DE SALAS DE AULA: O CASO DAS ESCOLAS "FAEC" EM SALVADOR/BA

habitat

Márcia Freire

habitat

habitat

habitat

habitat

habitat

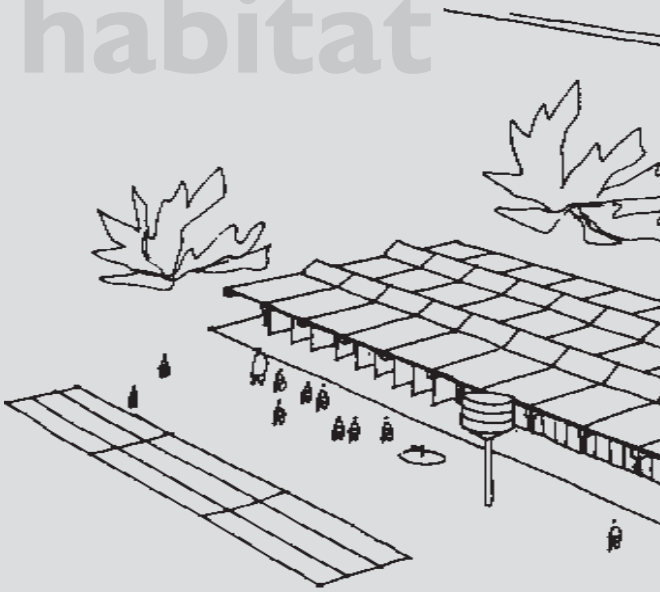
Este artigo trata do resultado de uma pesquisa desenvolvida durante o mestrado em arquitetura na UFRGS, que avalia o desempenho luminoso de salas de aula pertencentes a um mesmo padrão de edificação escolar, desenvolvido com a tecnologia de pré-fabricação em argamassa armada. O projeto é de autoria do arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé). A escolha deste padrão de edificação foi feita em função do seu caráter inovador, que pretendia oferecer as vantagens de um melhor controle do conforto ambiental através de sistemas construtivos bem elaborados, com recursos adicionais de ventilação e iluminação zenital. Um protótipo desse tipo de edificação fora inicialmente implantado no município de Albadiânia (Goiás) para o funcionamento de escolas rurais. Mais tarde, ainda na década de 80, foi adotado pela prefeitura da cidade de Salvador(Bahia) através da Fábrica de Equipamentos Comunitários (FAEC) e implantado em larga escala para atender ao setor educacional público daquele município.

Protótipo de sala de aula para clima quente e úmido.

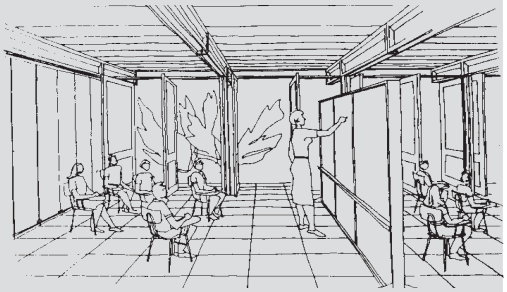
No projeto estão presentes os dois princípios básicos para obtenção do conforto ambiental por vias passivas em salas de aula para localidades de clima quente-úmido: a possibilidade de se obter uma grande circulação de ar e a admissão da luz difusa, ambos na ausência da radiação solar direta. Para isso, foram adotadas amplas aberturas para iluminação e ventilação, que, segundo as diretrizes de projeto, deveriam estar voltadas sempre nas direções Norte ou Sul (que em baixas latitudes recebem radiação com menor intensidade nas superfícies verticais), além de protegidas com marquises de 2,00 m de largura.

O partido básico adotado gerava edificações de um ou dois pavimentos, conforme a extensão do programa e disponibilidade de terreno. As salas de aula têm dimensões padronizadas de 6,25m x 7,5m. Segundo Lelé[1], a escolha do módulo construtivo para a edificação escolar resultou do ajuste de fatores de ordem econômica - relacionados com o aproveitamento máximo de materiais industrializados - aos de ordem funcional, sobretudo no que diz respeito ao dimensionamento correto dos ambientes internos. As vedações são independentes do sistema estrutural pilar-viga, permitindo alguma flexibilidade no arranjo espacial, com crescimento longitudinal e agregação ortogonal de outros blocos.

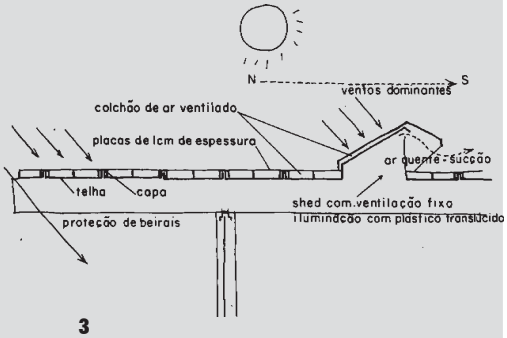
O sistema de iluminação e ventilação naturais das salas é dotado de



1
Perspectiva do protótipo inicial das escolas em argamassa armada.
LIMA, J. F., 1984.

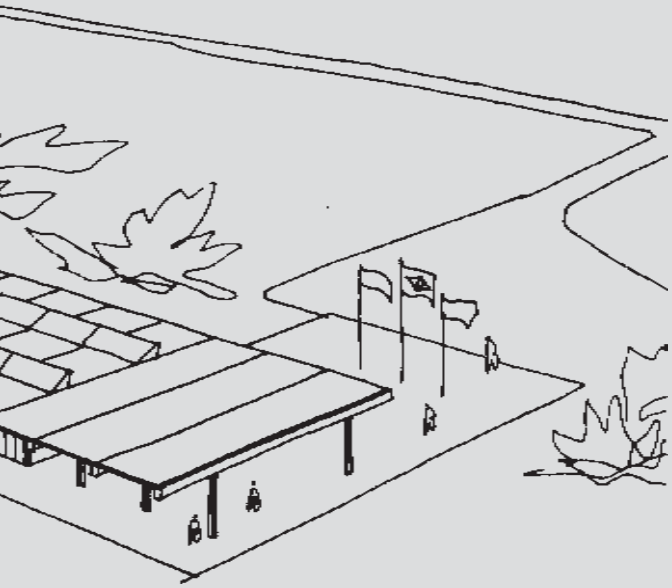


2
Perspectiva do interior da sala: vista do sistema de iluminação lateral.
LIMA, J. F., 1984.



3
Corte do shed.
LIMA, J. F., 1984.

habitat



habitat

aberturas com painéis giratórios em torno do eixo vertical até um ângulo de 90°. Esta abertura ocupa um dos vãos laterais do ambiente, desde o piso até a altura de 2,4 m. Nas salas que ocupam os pavimentos superiores foram utilizadas, como recurso adicional de iluminação e ventilação, aberturas tipo *shed*, dispostas longitudinalmente, ou seja, paralelas às aberturas laterais. O fechamento do *shed* é com plástico translúcido, deixando uma abertura de 5 cm na sua parte superior para promover a extração de ar quente que se aloja nas partes mais altas do ambiente interno[2]. Esta extração ocorreria por efeito de sucção, conforme a direção dos ventos dominantes[3] (fig. 3).

Aspectos do desempenho luminoso em edificações escolares FAEC.

A iluminação nos planos de trabalho.

De maneira geral, nas salas iluminadas lateralmente com entorno desobstruído e orientadas de acordo com as diretrizes do projeto, a iluminância que chega ao plano de trabalho horizontal ultrapassa os 300 lux (valor considerado mínimo satisfatório para salas de aula) nos pontos situados a uma distância de 2,00 m a 3,00 m da janela lateral (aproximadamente no centro da sala), podendo avançar um pouco mais nas salas que possuem recurso adicional de iluminação zenital. À medida em que se distancia da janela lateral, a iluminância decresce, podendo alcançar 150 lux em dias de céu parcialmente nublado ou somente 30 lux em dias de céu nublado[4].

Quanto às superfícies verticais, a parede onde está situado o quadro de giz, assim como acontece com a maioria das salas de aula em construções convencionais, apresenta uma acentuada gradação de luz ao longo de sua extensão, o que desfavorece o desempenho visual. A junção de diferentes luminâncias num mesmo campo de visão provoca desconforto e redução da acuidade visual, pois o olho tende a adaptar-se à média das iluminâncias, tornando-se difícil discernir detalhes em cada área, especialmente naquelas mais escuras. A situação torna-se ainda mais crítica quando a superfície do quadro de giz, devido a seu material de acabamento, reflete parte da luz que entra através da janela de forma especular. Neste caso, a depender da posição do observador (aluno), a luz vinda do meio exterior pode ser refletida por aquela superfície diretamente para seu olho, ofuscando sua visão e impedindo a leitura do que está escrito naquele trecho do quadro[5] (fig. 5).

Já na parede oposta à janela, observa-se que a iluminação, além de estar uniformemente distribuída, no geral equivale àquela do plano de trabalho horizontal nos pontos mais próximos à janela lateral. Isto acontece porque a parede oposta à janela recebe a luz perpendicularmente, e portanto com maior intensidade. Por esse motivo possui potencial para ser uma eficiente fonte secundária de luz. No entanto, devido a sua baixa refletância (cimento aparente), ela pouco contribui para aumentar a iluminação local ou mesmo dar a impressão de maior claridade naquela região mais afastada da janela. Esta parede também poderia ser mais adequada para posicionar o quadro de giz, devido à melhor distribuição da luz na sua superfície.

O DESEMPENHO DOS *SHEDS* (ILUMINAÇÃO ZENITAL).

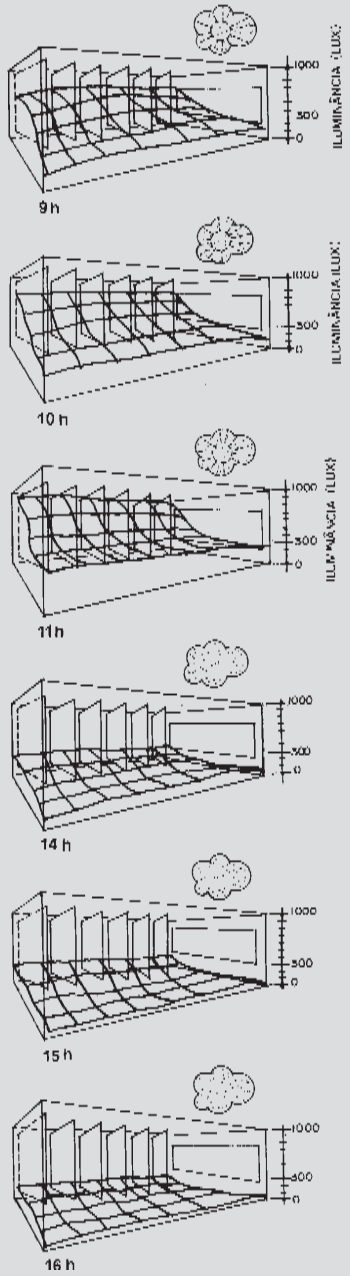
Embora as aberturas *shed* criadas para ser um recurso adicional de iluminação e ventilação fossem um aspecto significativo da proposta arquitetônica, o seu desempenho luminoso ainda não é tão eficiente quanto se pretendia. O desafio de projetar um elemento para promover iluminação zenital em localidades de baixa latitude, onde o sol aparece próximo ao zênite durante todo o ano, justifica a preocupação do arquiteto em protegê-lo contra a radiação solar direta. Em conseqüência, a contribuição do elemento zenital para a iluminação geral dos ambientes estudados é consideravelmente menor que a da janela lateral. Além do tamanho da abertura zenital ser bem inferior ao da abertura lateral, a forma do *shed* foi concebida para evitar a incidência da radiação solar direta na sua parte translúcida a ângulos acima de 60°, sendo que o seu elemento de proteção representa um fator de sombra elevado, pois obstrui um grande trecho da abóbada celeste e não aproveita outras superfícies como refletoras e difusoras da luz natural[6].

Além disso, se a orientação do *shed* não segue as diretrizes originais do projeto, este elemento perde a capacidade de controle sobre a iluminação natural na sala de aula. Quando a abóbada celeste apresenta-se parcialmente nublada, a luz que vem do meio exterior pode tornar-se demasiadamente instável devido ao constante movimento das nuvens, com momentos de radiação difusa e outros com a presença da radiação solar direta (fig. 7). Como conseqüência, a iluminância no ambiente interno sofre rápidas alterações, que são desconfortáveis para a visão, pois a readaptação ocular é lenta e o desempenho visual geralmente é prejudicado. Outro fator que não contribui para a distribuição uniforme da iluminação no ambiente é o fato de os *sheds* nas salas estudadas estarem orientados em direção oposta à janela lateral. Como conseqüência, ela direciona o facho de luz zenital predominantemente para os pontos mais próximos à janela, ou seja, para aqueles que já recebem maior iluminância.

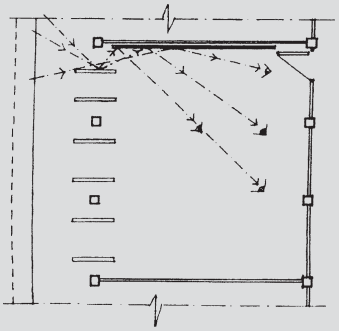
O incremento da iluminância devido ao elemento *shed* também varia de acordo com a orientação e a hora do dia. Observa-se que nos horários em que o sol se encontra no hemisfério da abóbada celeste para o qual o *shed* está direcionado (ainda que a radiação não atinja a sua parte translúcida), este aumento pode ser significativo na região central da sala. Nessa situação, foi observado um incremento da ordem de 100%, enquanto nos demais horários este foi muitas vezes imperceptível.

A INFLUÊNCIA DO ENTORNO.

Um aspecto importante a se considerar é a grande influência do entorno na iluminação desses ambientes. Nos casos em que o partido fora originalmente concebido para ser implantado em zonas rurais e transposto para zonas urbanas densamente ocupadas, nem sempre foi possível orientar a edificação de acordo com as recomendações do projeto. Muitas vezes uma má orientação invalida a capacidade de a marquise e o elemento de proteção do *shed* impedirem a penetração da radiação solar direta no interior



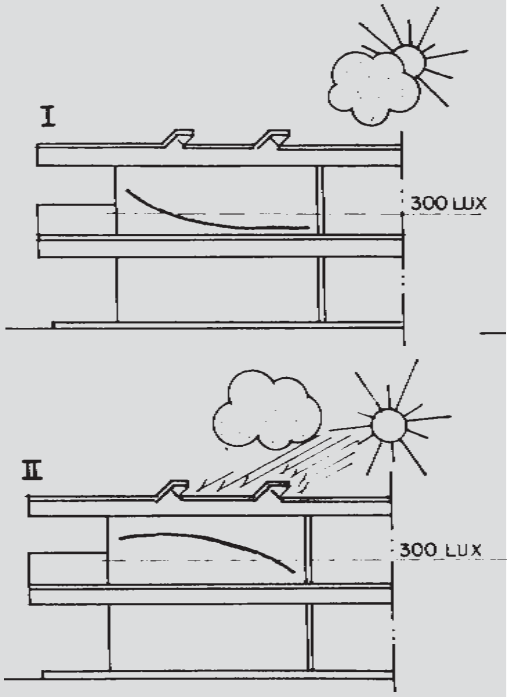
4
Distribuição da iluminação no plano de trabalho horizontal.
Ilustração do autor.



5
Direcionamento de reflexões especulares da luz pelo quadro de giz para o olho do observador em determinadas posições da sala.
Ilustração do autor.

da sala. Este exemplo pode ser ilustrado numa das escolas estudadas em Salvador, no bairro do Rio Vermelho. No caso, a dificuldade de implantação fez com que as aberturas laterais não pudessem ser orientadas na direção recomendada (N ou S). Assim, nem mesmo a marquise com largura de 2,00 m criada para proteger a janela lateral ou o fator de sombra do *shed*, conseguem evitar a incidência da radiação solar direta nos horários de uso do ambiente. Além disso, quando o entorno é densamente ocupado, elementos situados muito próximos à edificação obstruem parte da janela, atuando como obstáculos à penetração de luz no ambiente, e assim reduzem sua eficiência luminosa. Isto mostra que, mesmo quando as salas possuem características morfológicas e superficiais idênticas, o entorno interfere definitivamente no seu desempenho ambiental.

6
Distribuição da luminância no quadro.
Foto do autor.



7
Céu parcialmente nublado, com luz instável devido ao constante movimento das nuvens.
Ilustração do autor.

NOTAS

1. LIMA, J. F. *Escola Transitória*. Brasília: MEC/CEDATE. 1984, p.33.
2. Id. ibid., p.74.
3. Em Salvador, a direção predominante do vento é a SE.
4. Os valores aqui apresentados são resultados de uma pesquisa de campo que levantou dados correspondentes à iluminância natural de salas de aula pertencentes a três edificações escolares com o mesmo padrão arquitetônico, porém em condições diversas de implantação no terreno.
5. Esta reflexão reduz a acuidade visual do observador, pois a luz da fonte refletida causa um acréscimo na luminância do quadro, diminuindo assim o contraste entre ambos. Quando a luminância de ambos cresce a um nível alto, o contraste entre eles é eliminado (isto acontece também com papéis lustrosos e com monitores de computador). Algumas soluções têm sido testadas para sanar esta dificuldade, como o uso de quadros curvos ou com materiais de baixa refletância. É bom lembrar que os acabamentos foscos melhoram a necessária difusão da luz, porém as soluções mais importantes ainda dizem respeito ao seu posicionamento em relação às fontes de luz.
6. A eficiência do *shed* como iluminação zenital veio a ser conseguida com maestria a partir da proposta para o Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitshek em Salvador. Ali o arquiteto (Lelé) amplia a tomada de luz (e saída de ar), mantendo totalmente a proteção contra a radiação solar direta, mas admitindo uma excelente quantidade (e qualidade) de luz difusa, através da reflexão pela superfície externa da cobertura de cor branca e difusão pela superfície interna do forro, também branca, como se fosse uma grande luminária.

REFERÊNCIAS BOBLIOGRÁFICAS

FLYNN, J. E.; MILLS, S. *Architectural lighting graphics*. New York: Reinhold Pub. Corp., 1969.
FREIRE. M. R. *Iluminação natural em salas de aula: o caso das escolas FAEC em Salvador/Ba*. Porto Alegre, UFRGS, 1996. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) UFRGS, Faculdade de Arquitetura, PROPAR, 1996.
HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P; LONGMORE, J. *Iluminação natural*. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian,1975.
LAM, W. M. C. *Sunlighting as a formgiver for architecture*. New York: VNR Comp., 1986.
LIMA, J. F. *Escola transitória*. Brasília: MEC/CEDATE. 1984.
MASCARÓ, L. E. Luz, *clima e arquitetura*. Porto Alegre: Gustavo Gilli, 1981.
MOORE, F. *Concepts and practice of architectural daylighting*. New York: VNR Comp., 1985.

habitat

Márcia Rebouças Freire

Arquiteta formada pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É professora assistente do Departamento da Tecnologia Aplicada à Arquitetura e pesquisadora do Laboratório de Conforto Ambiental, ambos na Faculdade de Arquitetura da UFBA.

habitat