



**III ENCONTRO NACIONAL
I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

**MEDIDAS DE LUZ NATURAL ATRAVÉS DE ABERTURAS LATERAIS.
VARIÁÇÕES DECORRENTES DO USO DE VIDRO.**

Maria Amalia Amarante de Almeida Magalhães, Arq., M.Sc.
Depto. de Tecnologia da Construção, FAU-UFRJ
Rua Visconde Silva 43. CEP 22271-090. Rio de Janeiro
Tel:(021)28695557; Fax:(021)5901992; E-mail:Maaam@vms1.nce.ufrj.br

RESUMO

Este trabalho descreve um processo experimental para a obtenção de dados sobre a distribuição da luz natural no interior das edificações. As medições foram feitas em um modelo reduzido, simulando uma sala, com abertura em uma das paredes. Obteve-se o fator de luz diurna para 21 pontos no interior do modelo, sobre um plano de trabalho de 0.75m. Os resultados das medições, variando as aberturas e as condições internas de reflexão das paredes, teto e chão, foram corrigidos para o vidro incolor, vidro verde e vidro reflexivo.

ABSTRACT

This paper describes an experimental process for the verification of daylighting distribution inside buildings. Measures were made in a scale model, simulating a room with openings in one of the walls. Daylight Factor was obtained for 21 points inside the model, over a working plane 0.75m high. The data obtained for different kinds of openings and varied internal walls, ceiling and floor reflection conditions, were corrected for transparent glass, green glass and reflexive glass.

PALAVRAS-CHAVE

Luz natural; modelos reduzidos; arquitetura; vidro.

OS MODELOS EM ESCALA.

O uso de modelos em escala na arquitetura tem sido uma forma de facilitar a percepção do espaço tridimensional pelo próprio arquiteto e pelo cliente. Mais do que o detalhe, que é melhor expresso graficamente, ajuda a visualizar o conjunto. Muitas vezes, no entanto, mesmo que os modelos não apresentem a precisão de uma representação gráfica ou de uma solução teórica, são bastante simples para serem compreendidos.

Os possíveis impecilhos ou dificuldades para o uso de modelos em escala se referem à relação de semelhança entre a reprodução geométrica e os fenômenos que se deseja comparar. As

observações físicas podem ser quantitativas e qualitativas. As unidades e as dimensões dependem do tamanho das unidades, da maneira como se usa esta unidade e o ponto de onde se inicia a medida.

A igualdade numérica das quantidades só é obtida quando essas quantidades são similares dimensionalmente. Dois fenômenos são similares se as características de um podem ser obtidas pelas características do outro por uma simples conversão, isto é, quando existe uma relação simples entre aquelas, portanto é possível deduzir-se o comportamento de um fenômeno pelo conhecimento do outro. Um modelo real é aquele que satisfaz todas as condições de similaridade. (COWAN, 1968)

Um modelo reproduz a edificação com materiais similares, em escala reduzida, sendo as condições iguais às do edifício real. Já uma analogia reproduz o original com materiais não similares aos do edifício e as condições são também obtidas de forma diferente.

OS MODELOS EM ESCALA PARA MEDIÇÃO DA LUZ NATURAL.

No caso da luz visível, que é uma radiação eletro-magnética, com velocidade de 300000km/seg, de frequências altas e de ondas curtas, os modelos de luz são relativamente fáceis de construir e usar, não sendo necessário procurar analogias para fazer as transposições.

Grande parte dos estudos de luz em modelos é feita sob céu artificial, obtido por meio de espelhos e lâmpadas fluorescentes, simulando o céu totalmente encoberto. No entanto, é possível utilizar os modelos no exterior, sob as condições naturais de luminosidade.

Na construção e no preparo do modelo deve-se ter a preocupação com a escolha da escala - suficiente para que se possa representar os detalhes necessários e que permita o seu transporte. A reprodução em escala das características principais dos compartimentos analisados também é importante para garantir a confiabilidade dos dados obtidos.

A forma e as refletâncias das superfícies devem ser o mais possível corretas. A perfeita opacidade do material usado para simular as paredes também é fundamental para evitar os erros causados pela penetração indevida de luz. O tamanho das janelas e a espessura da parede na abertura, o peitoril e qualquer elemento divisório nas janelas deve ser representado com a fidelidade possível.

Hopkinson propõe para a construção de modelos os contraplacados, a madeira e o acrílico. Os materiais opacos seriam destinados a compor as paredes e o acrílico para simular a transparência dos vidros. Para tornar possível uma variação de formas e tamanhos do modelo, um sistema de unidades pré-fabricadas é proposto pelo mesmo autor. (HOPKINSON, 1975)

Lam também propõe uma "checklist" para a construção de modelos, onde chama atenção para as refletâncias das superfícies, para a opacidade necessária dos materiais utilizados no modelo, as aberturas, a escala do modelo e as condições de resistência do mesmo, principalmente se for utilizado no exterior. (LAM, 1986)

Quando as medidas forem feitas no exterior, deve-se procurar fazê-las com céu totalmente claro ou totalmente encoberto. A luminosidade nesses casos tende a ser bastante estável e portanto facilita os resultados. A dificuldade está em obter dias nessas condições.

As medidas devem ser feitas simultaneamente no interior e no exterior do modelo para se obter o fator de luz diurna. Para isto deve-se dispor de dois luxímetros, sendo que o interno deve estar colocado na extremidade de uma haste para permitir a medida nos pontos internos controlada pelo exterior. A medida externa deve ser relativa à luz difusa do céu, portanto a foto-célula deve ser sombreada..

Em seu livro *Sunlighting as Formgiver for Architecture*, Lam relaciona vários projetos feitos pela sua equipe com o auxílio de modelos em escala. De maneira geral, esses modelos são construídos para coletar dados sobre a iluminação interna, e para ver como é o aspecto do edifício. (LAM,1986).

O MODELO ESCOLHIDO.

O modelo escolhido para nossas experiências foi a representação de uma sala de aula com abertura em uma única parede, com as dimensões 6.00m x 8.00m x 3.00m, na escala de 1:10. Numa primeira etapa, foi construída uma estrutura de varetas de madeira de 2cm x 2cm, que foi recoberta internamente com papel cartão preto. Posteriormente, o forro de papel cartão foi substituído por placas de compensado, por ter sido verificada uma pequena translucidez no papel.



Figura 1. O modelo utilizado.

Na parede dos fundos, na parte interna do modelo, foi colocada uma placa de papelão grosso. Na parte externa, uma outra placa de papelão vindo até a base de apoio da haste de suporte da fotocélula, deixando um pequeno rasgo, suficiente apenas para o deslocamento da haste. Nesta base foram feitas 3 marcações para orientar as linhas de medida. Tanto a madeira quanto o papelão utilizados foram pintados de tinta fosca preta. Um pano preto colocado por fora impede a entrada de luz.

Na parede oposta foram feitas duas ranhuras nas varetas localizadas nos cantos verticais, para serem inseridas as máscaras, em papelão recoberto por papel preto, branco e cinza, que simulariam as aberturas. Estas variaram na área total e na forma. Foram simuladas as espessuras das paredes nos contornos das aberturas.

O teto, inicialmente fixo, foi tornado removível, o que permitiu as modificações internas necessárias no decorrer das medições. Através de pinos de madeira, facilmente se teria a sala aberta por cima. Para evitar a entrada de luz pela fresta criada foram construídas duas abas laterais fixadas com fita adesiva larga.

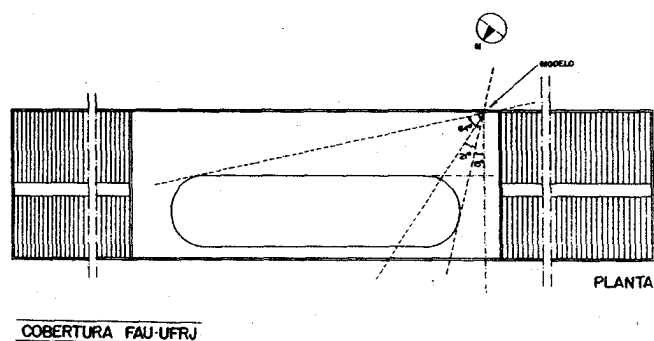
Para evitar distorções causadas por refletância externa próxima, a mureta e as superfícies vizinhas foram cobertas por um pano preto. Desta forma, o que se privilegiou nas medições foi a componente de céu e a componente interna refletida.

O chão, as paredes e o teto foram revestidos de carpete preto, fixado por meio de velcro, substituído por cartolina branca ou cinza durante o processo. Foram levadas ao Laboratório Fotográfico da FAU-USP amostras do carpete e dos papéis cinza e branco utilizados nos revestimentos do modelo para verificar as refletâncias dos mesmos.

Foi construído em balsa pintada de preto um suporte com duas hastes de 50cm de comprimento, com a possibilidade de variar a inclinação, para apoiar uma máscara destinada a evitar a incidência direta da luz solar na fotocélula externa

AS MEDIÇÕES.

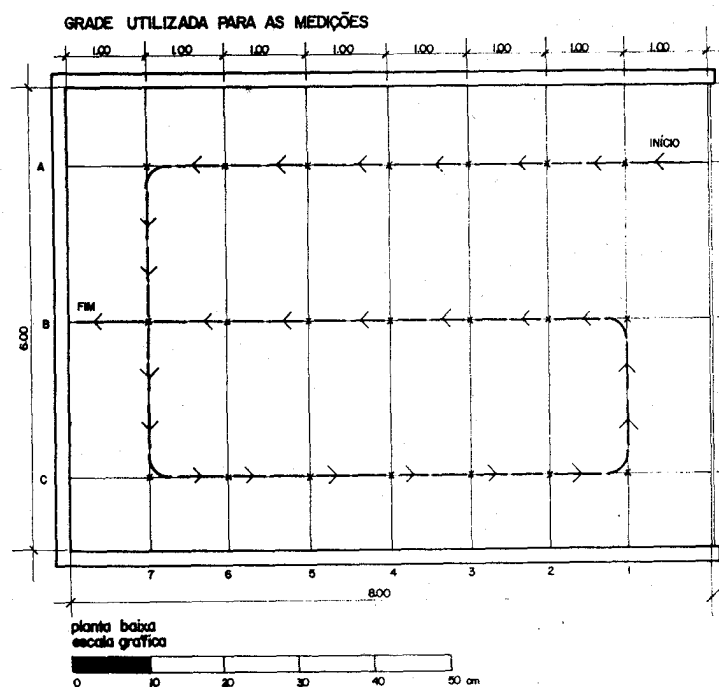
As medições foram feitas no terraço do prédio da FAU-UFRJ, na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, em vários dias, de 14/06 a 05/07/93. Essas medições foram feitas colocando o modelo sobre uma prancheta, fixando-se a direção do mesmo para manter a abertura virada para sul, evitando assim a incidência direta dos raios solares. A altura da prancheta foi nivelada com a mureta do terraço a fim de reduzir ao mínimo as obstruções.



A única obstrução existente no local escolhido é o volume da caixa d'água e casa de máquinas dos elevadores, situado no terraço. O percentual de obstrução foi obtido pelo processo dos diagramas de Pleijel, pela superposição da figura obtida pelos ângulos e pelos azimutes a partir do ponto de referência (o local das medições) até as partes obstrutivas, ao diagrama para a iluminação natural num plano horizontal.

Figura 2. No local das medições

Foram utilizados como instrumentos de medição dois luxímetros marca ICEL 500-LD. A cada início de medições foram feitas comparações entre os dois luxímetros. Para obter uma curva de variação entre os valores obtidos nas mesmas condições, foi construída uma caixa preta onde se instalou uma lâmpada para servir de padrão. Estabilizando-se a voltagem, foram feitas várias medições e obtida a média de variação, para ser posteriormente utilizada na avaliação dos resultados.

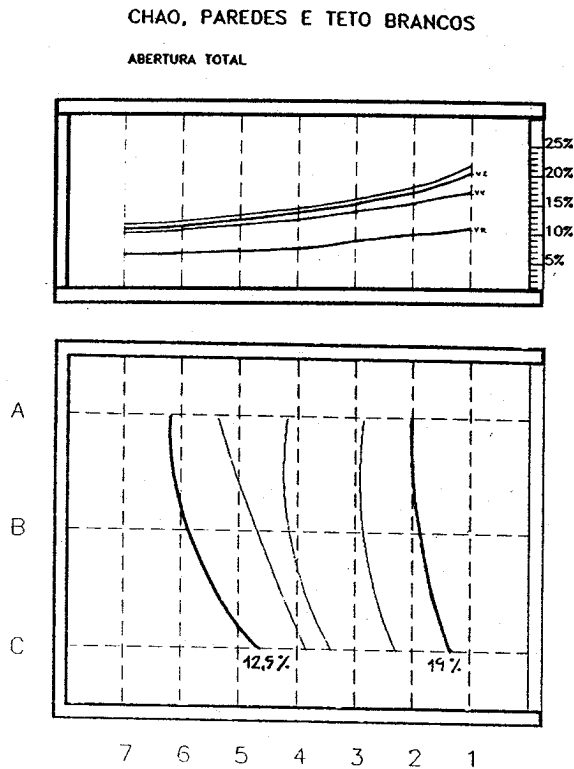


As fotocélulas foram colocadas num suporte horizontal na extremidade de uma haste de madeira (externa) e na extremidade de uma haste metálica (interna), a uma altura de 7,5cm, correspondendo ao plano de trabalho de 75cm. A haste interna foi graduada de 10 em 10cm, correspondendo aos pontos internos onde se queria medir a iluminância.

Para cada situação foram determinadas as iluminâncias em 21 pontos - 3 na largura e 7 no comprimento. O esquema seguido corresponde ao proposto por Hopkinson (HOPKINSON, 1975, p.423), inclusive atendendo ao percurso sugerido.

Figura 3. O esquema das medições.

Os resultados das medições foram organizados de quatro formas:



1. Tabelas com os dados sobre as condições de céu, os dados do modelo e os valores das medições internas, - as externas correspondentes, as externas corrigidas pelo fator de obstrução e a relação entre a medida interna e a externa corrigida, em porcentagem, o que constitui o fator de luz diurna em cada ponto.

2. Planta baixa do modelo, como a grade utilizada para as medições e os valores percentuais em cada ponto.

3. Traçado das curvas isolux na planta baixa do modelo, obtidas por interpolações dos valores obtidos.

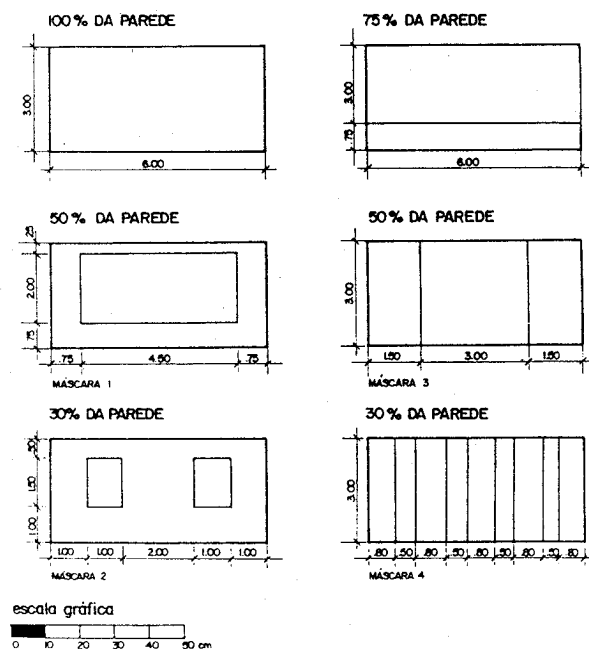
4. Traçado dos gráficos indicando a variação de iluminância nos pontos localizados no eixo longitudinal do modelo.

5. Correção dos valores para o vidro incolor, vidro verde e vidro reflexivo, tanto nas tabelas como nos gráficos.

Figura 4. Exemplos dos gráficos obtidos.

DADOS OBTIDOS.

ESQUEMA DAS ABERTURAS (máscaras)



Os dados foram reunidos obedecendo a sequência das variações das refletâncias internas. Para cada uma, foram obtidas cinco séries de valores, correspondendo às diferentes aberturas: abertura total, máscara 1, máscara 2, máscara 3 e máscara 4 (ver fig.5). Em alguns casos introduziu-se um peitoril.

Foram registradas as horas de começo e término de cada medição. Todos os dados obtidos serão analisados na próxima etapa da pesquisa. No momento apenas serão relacionados para se fazer uma primeira avaliação das variações da iluminação natural interna. Para isto as primeira medidas foram feitas com a caixa preta, portanto eliminando todas as reflexões internas. Esses valores servirão de base para as comparações posteriores.

Figura 5. Sequência das aberturas escolhidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

No mês de janeiro de 1993 iniciamos o preparo do modelo reduzido e de todos os outros equipamentos considerados necessários para o bom resultado das medições. Entre esses, as hastes e as bases para as fotocélulas, a máscara para impedir a luz solar direta na fotocélula externa, a caixa preta para verificação dos luxímetros, as máscaras para a simulação das aberturas, os revestimentos internos pretos, cinza e brancos, etc.

A construção e o preparo do modelo são muito mais trabalhosos e demorados do que as medições propriamente ditas. A cada etapa aparentemente concluída, eram feitos testes e detectadas as correções necessárias.

Como escolhemos como metodologia de trabalho fazer as medições no exterior, também ficamos sujeitos às variações do tempo. Procuramos realizá-las com céu claro ou parcialmente nublado, visto que são as condições mais frequentes nos nosso clima. O horário preferido foi o matutino.

Todo o trabalho foi desenvolvido com o auxílio de dois alunos de Iniciação Científica, da UFRJ e do CNPq.

Após o término das medidas já relacionadas, preparamos o modelo para medir a luz refletida através de palas brancas brilhantes (light-shelves) localizadas na parte alta da parede virada para o sol. Desta forma, a luz solar direta não incidirá diretamente, mas será aproveitada de forma difusa para aumentar a iluminação interna.

Através da Vice-Reitoria de Ensino para Graduados e Pesquisa da UFRJ foi adquirido um luxímetro apropriado para medições em modelos arquitetônicos. As medições foram refeitas recentemente com o novo instrumento e serão comparadas com as já existentes. Foi possível obter valores mais precisos pois as medidas internas e externas são realmente simultâneas.

Apesar das dificuldades encontradas no processo, consideramos muito importante em qualquer projeto de iluminação passar por essa fase experimental, pois certamente poderão ser evitados problemas futuros, bem mais difíceis e onerosos para serem resolvidos.

REFERÊNCIAS

COWAN, H.J., GERO, J.S. & DING, G.D. *Models in Architecture*. Dept. of Architectural Science, University of Sydney. England, Elsever Publishing Company, 1968.

HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIDGE, P; LONGMORE, J. *Iluminação Natural*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, nov. 1975.

LAM, William M.C. *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*. McGraw Hill, 1977

LAM, William M.C. *Sunlighting as Formgiver for Architecture*. New York, Ed. Van Nostram Reinhold, 1986.

MOORE, Fuller. *Concepts in Practice of Architectural Daylight* New York, Ed. Van Nostram Reinhold, 1985.

PRADO, L. Cintra. *Iluminação*. São Paulo, FAU-USP, 1961.

VARGAS, Milton. *Metodologia da Pesquisa Tecnológica*. Rio de Janeiro, Globo, 1985.