



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

ENSAIOS DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM MODELO REDUZIDO: APLICAÇÃO NO PROJETO DE ARQUITETURA

Roberta V. G. de SOUZA, Victor M. VALADARES; Arqs., mestrandos
Curso de Pós-Graduação em Eng. Civil - Centro Tecnológico da UFSC - Campus Trindade -
Cx. Postal 476 - CEP 88.049 - Florianópolis, SC - Tel: (048) 231.9272 - Fax: (048)231.9770
Eleonora S. de ASSIS, Arq. M.Sc.

Depto. de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo - Escola de Arquitetura da UFMG.
R. Paraíba, 697 - CEP 30.130-140 - B.Horizonte - MG. Tel: (031)261.6841 Fax: (031)261.7286

RESUMO

Apresenta-se um processo para avaliação qualitativa e quantitativa da incidência de luz natural em ambientes construídos pelo uso de maquetes, para verificação do comportamento da luz no ambiente durante o dia, de acordo com os períodos do ano. O processo é simples e de fácil execução: através do modelamento pode-se, ainda na fase de projeto, identificar problemas de ofuscamento, baixa luminosidade, distribuição da luz natural e propor dispositivos de controle, avaliando seu desempenho, economizando tempo e reduzindo custos em etapas posteriores de construção.

ABSTRACT

This paper presents a methodology for qualitative and quantifying evaluation of the natural lightning in a building made from studies in models used to verify the lightning effects during the day, varying throughout the year with the help of a shadow diagram. The process purposed is a cheap an easy-to-make planning tool: from the modeling one can easily identify any kind of lightening problem and then, make and test devices of natural light control, evaluating their performance, saving time and money in later construction stages.

PALAVRAS-CHAVE

Iluminação, luz natural, modelamento em maquete, conforto visual.

INTRODUÇÃO

O trabalho teve por objetivo tornar a análise de iluminação natural de um ambiente por modelagem um processo fácil e acessível a ser utilizado por alunos e profissionais em sua prática diária, aplicando um método experimental para o estudo em modelo reduzido, considerando os aspectos qualitativos e quantitativos da iluminação, através da manipulação de sistemas de iluminação natural em salas de aula de um edifício do *campus* da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram feitas simulações com diversos modelos reduzidos de salas de aula, tomando como exemplo um edifício do campus da UFMG, de diferentes orientações, utilizando-se diferentes técnicas de captação de luz natural, como dutos de iluminação e *light shelves*, sendo esta última técnica utilizada no modelo apresentado neste trabalho.

O processo para o modelamento da luz natural no interior dos ambientes, proposto por LAM (1986) e adaptado por OLIVEIRA (1995), foi utilizado como base dos ensaios realizados ao ar livre com as maquetes.

Com o uso do relógio de sol acoplado às maquetes, foi possível simular a variação diária e sazonal da disponibilidade de luz natural nos ambientes internos em avaliação.

A técnica de registro fotográfico do interior dos ambientes permitiu avaliar a adequação da distribuição da luz e outras características qualitativas associadas à percepção psicológica e à eficiência da tarefa visual a ser realizada no ambiente, durante os períodos previstos de funcionamento das salas de aula.

Sabe-se que um bom projeto de iluminação natural usualmente traz conforto e prazer visual aos usuários, satisfazendo as necessidades programáticas do ambiente, tendo potencial de minimizar custos com energia elétrica e custos iniciais de construção, bem como de operação e manutenção.

O processo de análise dos possíveis efeitos da interação insolação / iluminação natural de um ambiente na representação bidimensional, apresenta uma série de dificuldades, uma vez que a luz tem um comportamento tridimensional e dinâmico, devido as diferenciações sazonais e diária na trajetória solar de acordo com a localização geográfica. A proposta de se estudar a luz natural em um modelo tridimensional permite a visualização clara da eficácia do projeto e de dispositivos propostos para seu aproveitamento, através de procedimentos simples de baixo custo.

METODOLOGIA

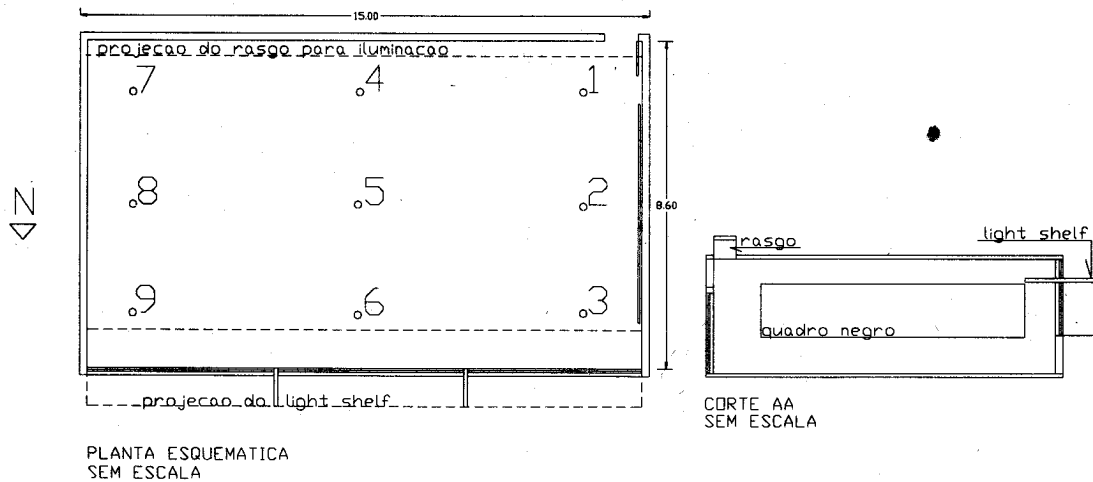
Para o estudo de caso, seguiu-se o roteiro abaixo para as observações qualitativa do ambiente luminoso simulado no modelo sob o sol:

- Avaliação das necessidades de iluminação para o ambiente de uma sala de aula, identificando tipo, tempo e duração das tarefas visuais e seus requisitos com relação aos níveis máximo e mínimo de iluminância - estabelecidos em Norma NBR 5413;
- análise inicial do projeto, verificando, por esboços bidimensionais em corte e planta, os possíveis pontos a serem tratados ou que se queira verificar. Nesta fase, identificados os problemas (caso hajam), serão propostos os dispositivos de controle da luz natural - placas horizontais finitas de proteção solar, dutos de iluminação, *light shelves* - a serem implementados e estudados no modelo tridimensional;
- implementação de modificações no projeto feitas a partir de estudos bidimensionais - em planta e corte - de incidência solar direta para uma análise primária da eficiência dos dispositivos propostos em projeto.
- montagem da maquete - que deve reproduzir o mais fielmente possível o ambiente que se deseja estudar - no caso de uma sala de aula, deve-se reproduzir as carteiras, o quadro negro, o piso, a pintura das paredes e outros detalhes descritos em projeto. Material: chapa de Eucatex, papelão, papel cartão, cartolina, plaina, papel "Contact" de padronagem madeira, isopor, papel alumínio, placa metálica (offset), recortes de revista, tesoura, cola branca, estilete, fita isolante preta (para vedação externa da maquete, de forma a não permitir a entrada de luz pelas juntas), tinta látex branca fosca e verde fosca e diagrama de sombras;
- inserção, em um ponto de fácil leitura, um relógio e um "calendário em miniatura" para facilitar posteriores análises do ambiente e evitar que se percam as referências de época do ano e hora do dia de cada ensaio feito;
- determinação dos 09 (nove) pontos de medição distribuídos como se apresenta na Fig. 1.
- teste das maquetes sob o sol - medição dos níveis de iluminação interna com o auxílio de um par de luxímetros, utilizando o diagrama de sombras para os horários 9:00, 12:00 e 15:00 dos solstícios e equinócios. A medição dos valores é realizada externa e internamente simultaneamente com uso de dois luxímetros - para tal processo necessita-se de pelo menos três pessoas: uma para segurar a maquete na posição desejada, uma para fazer as medições e a terceira para anotar os resultados. Semelhantemente necessita-se de três pessoas para se fotografar o interior da maquete.
- Registro fotográfico. Ao se fotografar a maquete deve-se evitar a entrada de luz pelo orifício deixado para a medição e documentação fotográfica da sala, e anotar as características verificadas de cada uma das situações analisadas (períodos do ano e horas de dia), como locais de ofuscamento, presença de insolação direta, etc. Aconselha-se que se tire uma foto do exterior da maquete onde se possa visualizar o diagrama de sombras onde consta a orientação da sala.

ESTUDO DE CASO

Dados obtidos

- * Espaço: sala de aula da Escola de Engenharia da UFMG;
- * Atividades: exposição teórica, leitura, escrita nos planos vertical e horizontal, audiovisual e demonstração. Para tal atividade requer-se uma luminosidade difusa uniformemente distribuída por todo o ambiente, evitando foco de luz sobre o plano de trabalho que podem ser causa de ofuscamento ou sombreamentos indesejáveis.
- * Períodos: manhã, tarde e noite;
- * N° de alunos por metro quadrado: 1,30
- * Sub-Atividades: observar quem fala, apresentação de trabalhos, discussões;
- * Sub-Atividades Visuais: projeção de imagens ou transparências, leitura puntual e através do espaço;
- * Nível de iluminação mínima: 330 lux;
- * Ofuscamento a partir de 2.000 lux;
- * Diretrizes de projeto para a melhor orientação de sala de aula: norte



Foi selecionado um modelo para estudo de caso, feito em dia de céu claro a parcialmente nublado, com iluminância média de 51.500 lux para o solstício de verão, de 48.500 lux para o solstício de inverno e de 65.000 lux para os equinócios. Os dados da Tabela 1 no entanto são apresentados para um céu de iluminância média de 60.000 lux (relativo ao céu “médio” de Belo Horizonte) para facilitar análises comparativas entre os períodos do ano.

TABELA 1

Dados de iluminância média no interior da sala obtidos para iluminância média externa de 60.000 lux.

SOLSTÍCIO DE VERÃO			EQUINÓCIOS			SOLSTÍCIO DE INVERNO		
9:00 hs.	12:00 hs.	15:00 hs.	9:00 hs.	12:00 hs.	15:00 hs.	9:00 hs.	12:00 hs.	15:00 hs.
.1 589	.1 732	.1 966	.1 2.613	.1 756	.1 519	.1 >2.000	.1 1.437	.1 746
.2 227	.2 503	.2 1.769	.2 1.161	.2 579	.2 556	.2 1.251	.2 1.189	.2 1.537
.3 293	.3 983	.3 2.452	.3 1.304	.3 1.671	.3 1.576	.3 >2.000	.3 >2.000	.3 >2.000
.4 >2.000	.4 814	.4 984	.4 >2.000	.4 1.592	.4 1.202	.4 >2.000	.4 >2.000	.4 3.750
.5 209	.5 610	.5 1.592	.5 400	.5 726	.5 979	.5 1.991	.5 951	.5 2.742
.6 504	.6 947	.6 3.342	.6 934	.6 1.163	.6 2.219	.6 >2.000	.6 >2.000	.6 >2.000
.7 >2.000	.7 >2.000	.7 >2.000	.7 >2.000	.7 2.003	.7 1.914	.7 3.264	.7 >2.000	.7 >2.000
.8 469	.8 456	.8 1.050	.8 384	.8 996	.8 1.095	.8 1.887	.8 2.010	.8 1.533
.9 734	.9 894	.9 1.618	.9 1.258	.9 1.210	.9 2.233	.9 >2.000	.9 >2.000	.9 >2.000

- Obs:
1. Os valores que apresentam >2.000 lux no interior da sala representam os pontos onde houve entrada direta de luz solar. Tal fato indica que o projeto de iluminação natural deverá ser redimensionado para corrigir este efeito indesejável.
 2. Pelas medições realizadas, pode-se verificar que, pelo uso de light shelves é possível se obter níveis de iluminação bastante bons durante quase todos os períodos do ano nos pontos aferidos.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

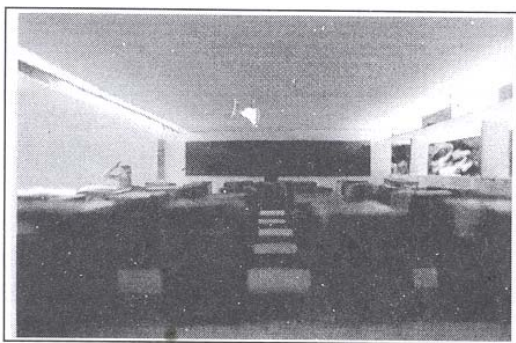


Foto 1 - Solstício de verão - 9h



Foto 2 - Solstício de verão - 15h

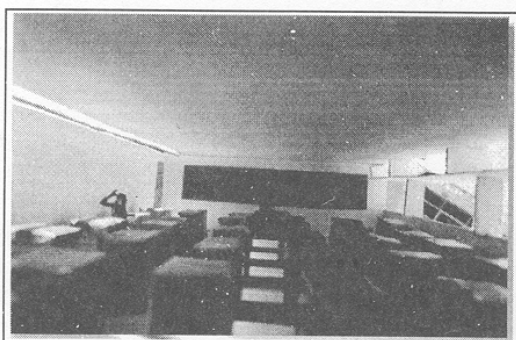


Foto 3 - Equinócio : 9h

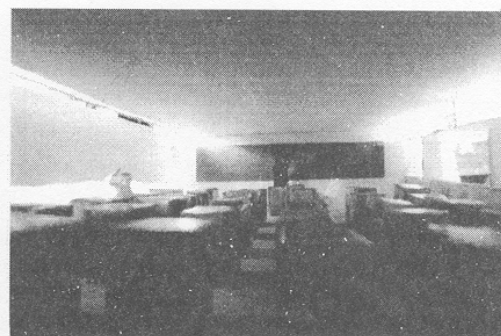


Foto 4 - Equinócio : 15h

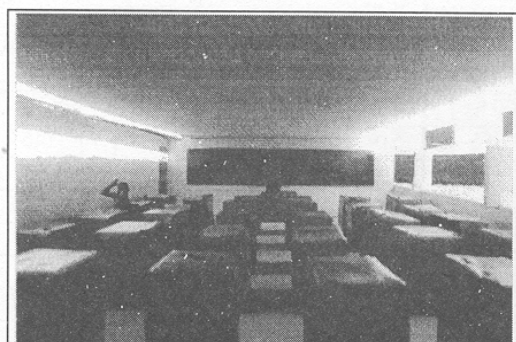


Foto 5 - Soltício de Inverno : 9h

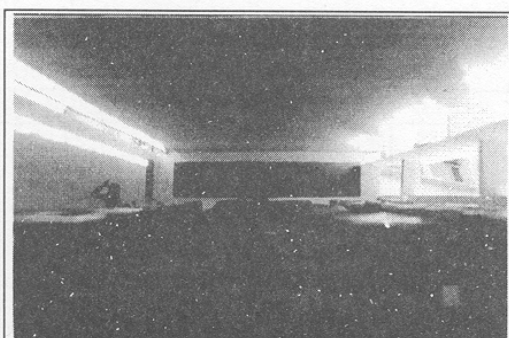


Foto 6 - Solstício de Inverno : 15h

Análise - Verificou-se a partir de observação em registro fotográfico, efeitos de contrastes de iluminância e cor, direcionalidade da luz, efeitos de sombra, distribuição da luz difusa e direcionada, incidência de luz solar direta. A documentação fotográfica, pela apresentação simultânea das situações ocorridas com as variações diurnas e sazonais, permitiu que se fizesse análises mais eficientes da qualidade e variabilidade do ambiente frente a seu comportamento com relação à iluminação natural, as quais não são possíveis de se fazer sobre a maquete em campo para o registros de dados. Fotos coloridas são as mais indicadas pois fornecem informações relativas à mudança de tonalidades do ambiente: um parâmetro a mais para a avaliação.

O levantamento de dados de medição permite que se avalie quantitativamente a luz em termos de sua adequabilidade à atividade desenvolvida, verificando pontos de iluminação insuficiente e/ou excessiva. Verifica-se no caso estudado, que o projeto ainda apresenta deficiências quanto a reflexividade do quadro-negro, causando ofuscamento, com níveis superiores a 2.000 lux, e entrada de luz direta, devidos ao mal dimensionamento das platibandas de luz; deve-se proceder à correção dos mesmos e se testar novamente a maquete sob a luz do sol.

CONCLUSÃO

Tal procedimento de análise do comportamento da luz natural em um ambiente pode economizar ao projetista tempo e fornecer maior precisão na análise de dispositivos de iluminação propostos em projeto. Verifica-se também que a modelagem pode ser importante fator de convencimento do cliente quanto à necessidade do uso de tais dispositivos facilitando a visualização da relação custo/benefício da proposta para o ambiente e ser construído.

A modelagem da luz natural também é uma ferramenta importante para análise de ambientes já construídos, uma vez que permite a visualização do comportamento da luz natural durante todos os períodos do ano, facilitando a detecção de problemas e sua conseqüente correção.

Por ser de fácil execução e utilizar materiais simples de fácil aquisição, o custo final da maquete é bastante baixo quando se tem em mente o custo final de uma edificação e deve ser aplicado sempre que se quiser uma melhor utilização da luz natural em ambientes internos com vistas a uma melhor apropriação dos fatores naturais disponíveis e à conservação de energia elétrica durante o período diurno de 8:00 às 17:00, em média.

Com a simulação de ambientes luminosos em fase de projeto é possível identificar situações críticas de iluminação nos planos de trabalho durante o ano, sob certas condições de céu, bem como avaliar a conformidade dos níveis encontrados às normas técnicas, por exemplo.

A aplicação deste método abordou questões de conforto visual enquanto variáveis de tomada de decisão em fase de concepção de projeto, integrando técnicas experimentais às de representação tridimensional que são comuns durante a atividade projetual, o que facilitou sua apropriação como processo. Assim, o potencial de aproveitamento da luz natural pode ser melhor explorado em projeto, implicando desde o desenvolvimento de elementos arquitetônicos de controle diário e sazonal da luz, o adequado arranjo espacial dos ambientes, de suas atividades e mobiliário, até a seleção de acabamentos e cores.

Como a correção será feita ainda em projeto e, por sua vez, novamente modelada, pode-se ter noção da economia que tal processo representa na etapa de construção, onde os ajustes eventuais são de custos bem mais elevados.

Como no estudo de caso apresentado, de uma sala de aula, permite ainda, uma melhor distribuição da luz natural pela sala, evitando-se efeitos indesejáveis como ofuscamento relativo ao plano de trabalho e devido à reflexões do quadro negro que podem prejudicar o bom andamento das atividades aí desenvolvidas.

REFERÊNCIAS

1. LAM, W. M. C.; *Sunlighting - As formgiver for architecture*, New York, Van Nostrand Reinold Company, 1986.
2. OLIVEIRA, P. M. P. de; *Modelagem da Luz Natural na Arquitetura: aspectos qualitativos e quantitativos*, Apostila do Curso de atualização dado na EAUFMG em abril de 1995.
3. ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR-5413 - *Iluminância da interiores*. ABNT, Maio, 1991.