



ELEMENTOS DE CONTROLE DA LUZ SOLAR DIRETA: ANÁLISE DO DESEMPENHO EM ABERTURAS ZENITAIS

S Leder & F O R Pereira

Universidade Federal de Santa Catarina

Depto de Engenharia de Produção e Sistemas

Depto de Arquitetura e Urbanismo - Laboratório de Conforto Ambiental

88.010-970 Florianópolis/SC - Brasil

e-mail: leder@eps.ufsc.br, feco@arq.ufsc.br

RESUMO *A iluminação natural é uma das soluções à necessidade de economia energética. As aberturas são um dos principais sistemas responsáveis pela transmissão da luz natural do exterior para o interior da edificação. Neste contexto, a abertura zenital é uma alternativa atraente em muitos casos, como a iluminação de ambientes com grande profundidade. Para reduzir o excesso de luz solar que aberturas voltadas para o zênite podem apresentar, elementos de controle são inseridos no sistema. O objetivo geral do presente trabalho é analisar o desempenho luminoso obtido com luz natural, através do estudo de algumas tipologias de sistemas de controle da luz solar dispostos em aberturas zenitais. O método utilizado para simular o comportamento da luz natural foi através de simulações computacionais utilizando-se o programa Lightscape®.*

ABSTRACT *Daylighting is one of the solutions for energy savings. The opening systems are the main responsible systems for the transmission of the natural light to the interior of the building. The skylight is an attractive alternative in many cases for bringing daylight into rooms with great depth. To reduce excessive solar gains, elements of control of the direct solar light are included in the system. The general objective of the present work is to analyze the luminous results obtained with natural light, through the study of some typologies of sunlight control systems disposed in skylights. The method used for daylight analysis was computer simulations using the program Lightscape®.*

1 Introdução

Os sistemas de iluminação artificiais são responsáveis por boa parte da energia consumida pelos edifícios. Em alguns casos pode chegar a cerca de 50 % do consumo total do edifício (Lam, 1986, p.3). A utilização da luz natural como fonte de luz interna reduz o consumo das fontes artificiais. Além da economia energética, a iluminação natural nos espaços internos tem sido associada a aspectos positivos como: visão e contato com o exterior, benefícios psicológicos e fisiológicos aos usuários, qualidade da luz, elemento estético e arquitetônico (Robbins, 1986, p.4; Energy Research Group, 1994, p.1).

Os elementos responsáveis pela transmissão da luz para o interior da edificação são os sistemas de iluminação natural. Um dos sistemas mais conhecidos e utilizados são as aberturas, que estão classificadas em dois grupos: laterais e zenitais. As aberturas laterais são as mais comuns e localizam-se nas paredes verticais das edificações. As aberturas zenitais, localizam-se nos planos horizontais ou de cobertura das edificações, são normalmente utilizados em casos onde o uso das aberturas laterais é inadequado ou em locais onde se pretende obter uma iluminação mais uniforme.

Sistemas de iluminação natural como as aberturas, podem utilizar-se de dispositivos que controlem a penetração da luz solar direta. Uma das hipóteses deste trabalho, é de que esses elementos, além do controle da luz solar, podem melhorar a distribuição dos níveis de iluminação.

O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho de sistemas de iluminação zenital dotadas de elementos de controle da luz solar direta. Principalmente, verificar possíveis diferenças nos níveis de iluminação e sua distribuição, entre situações com elementos de controle dispostos internamente e externamente à abertura.

1.1 As aberturas zenitais

As aberturas zenitais permitem a entrada da luz para iluminar um espaço que está situado abaixo do próprio componente. Estão voltadas para o zênite e normalmente não proporcionam visão da paisagem externa, mas possibilitam visão do céu e das condições externas. Podem localizar-se em planos horizontais ou inclinados. Segundo Lam (1986, p.138), a mais óbvia vantagem das aberturas zenitais é a liberdade de colocar a fonte de luz natural exatamente onde ela é necessária de acordo com o "lay-out" das atividades do local. O autor cita outros aspectos positivos como a possibilidade de distribuição da iluminação de forma mais uniforme com menor área de abertura. A iluminação zenital é também o sistema de iluminação natural com maior facilidade de integração com sistemas artificiais, pois a luz entra no espaço vindo do forro em ambos os casos (Robbins, 1986, p.89).

As aberturas zenitais usualmente propiciam visão de grandes porções do céu, onde a disponibilidade de luz natural é maior, com isso, a possibilidade de ofuscamento também aumenta (Robbins, 1986, p.89). Para melhorar o desempenho das aberturas zenitais, Lam sugere a inserção de elementos de controle da luz direta para reduzir ofuscamento e redirecionar a luz (Lam, 1986, p. 144).

1.2 Os elementos de controle

A luz solar direta é freqüentemente evitada, devido principalmente a sua grande intensidade e variação constante, sendo portanto seu uso indireto mais adequado. A luz pode ser manipulada através do uso de fenômenos físicos como reflexão, transmissão, absorção, refração e outros (Pereira, 1993, p. 257). Dentro desse contexto, elementos que controlam o acesso da luz solar ao interior podem ser incorporados aos sistemas de aberturas. São dispositivos que podem redirecionar, admitir ou bloquear a luz que entra em um ambiente interno. Mas, exigem cuidados no projeto quanto ao seu dimensionamento, formato, inclinação, posicionamento do mesmo em relação a abertura e a orientação solar.

Se considerarmos que, parte da luz que incide sobre uma superfície interna é refletida ao ambiente interno, (Figura 1), enquanto que parte da luz que incide sobre uma superfície externa retorna ao hemisfério, os ambientes com sistemas de controle internos podem apresentar maiores níveis de iluminação. Pretendia-se verificar essa hipótese na análise desenvolvida sobre esses sistemas, interno e externo.



Fig. 1 Representação esquemática do comportamento da luz ao incidir sobre uma superfície de controle

2 Metodologia

As simulações computacionais apresentam-se como um método adequado a este estudo, pela rapidez na obtenção dos resultados e a possibilidade de avaliação dos diversos modelos sob condições idênticas de disponibilidade de luz natural.

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o programa Lightscape® V 3.0, que simula o comportamento da luz natural, tanto em espaços internos como externos, isolados ou simultaneamente. Os ambientes podem ter geometria complexa com superfícies horizontais, verticais e inclinadas. A versão 3.0, foi concebida para ser utilizada em ambiente Windows 95 ou Windows NT e a interface com CAD é através da possibilidade de importar geometrias em formato DXF ou 3DS. O Lightscape® é predominantemente um algoritmo de radiosidade, que inicialmente computa a solução baseado inteiramente na transferência difusa das radiações (Houser, 1999 p. 117). O método radiosidade apresenta um melhor desempenho no cálculo das interreflexões difusas, adequado ao trabalho desenvolvido, pois não foram especificadas superfícies com reflexão especular.

3 O Modelo Simulado

O modelo possui planta quadrada, lados com 6,00 m e altura com 3,00 m (Figura 2). As aberturas zenitais são do tipo monitor, possuem seções de abertura de forma quadrada e estão localizadas exatamente no centro do plano de cobertura. A área da abertura

equivale a 4 % da área da superfície do piso, suas dimensões são: 1,20 m de largura por 0,60 m de altura. O coeficiente de reflexão das superfícies internas do modelo são de 80 % para o forro e abertura, 50 % para paredes e 30 % para o piso.

Os elementos de controle são placas fixas dispostas horizontalmente e encontram-se internos ou externos às aberturas. As superfícies dos elementos possuem índice de reflexão de 90 %. A geometria dos elementos de controle foi definida utilizando-se como base de apoio um diagrama solar construído em representação equidistante (Fonseca, 1982), latitude de 28°. Sobre esse diagrama os elementos de controle foram projetados para evitar a radiação solar direta com altitude solar superior a 30°. Em conjunto com os elementos de controle, foram inseridos pequenos beirais sobre as aberturas, (Figura 2).

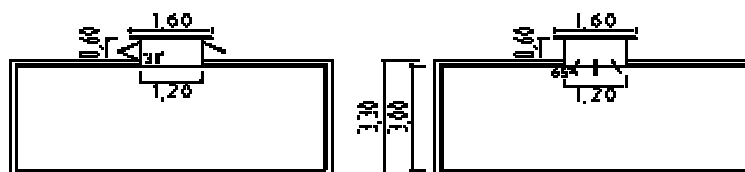


Fig. 2 Sistema de controle externo e interno

A situação geográfica considerada foi a cidade de Florianópolis: latitude de 27,50° (sul) e longitude 48,00° (oeste). Para efeito desse estudo foi eliminada a componente refletida externa. As paredes externas tem índices de reflexão zero, exceto a superfície externa da cobertura para a qual foi considerado uma refletância de 30 %. Não foram considerados quaisquer elementos externos que pudessem influenciar na disponibilidade da luz natural. As aberturas estão voltadas no sentido leste-oeste.

As simulações foram desenvolvidas nas seguintes datas: solstício de verão (21 de dezembro) e solstício de inverno (21 de junho), com céu claro e céu encoberto. Às 10:00 horas da manhã. As variáveis consistem em: abertura monitor com sistema de controle interno, externo e sem nenhum sistema de controle.

A análise sobre o comportamento da luz natural é realizada através dos níveis de iluminação. Em um plano de referência horizontal situado a 0,75 m acima do nível do piso, conforme recomendação da ABNT (ABNT, 1991). Configurou-se uma malha de 15 x 15, num total de 225 pontos e determinou-se os níveis médios (média aritmética entre os níveis encontrados). A distribuição dos níveis de iluminação é analisada através da diversidade e uniformidade. Diversidade é a relação entre o máximo e o mínimo nível de iluminação; uniformidade é a relação entre o menor nível de iluminação dividido pelo nível médio.

4 Resultados

Comparando-se os três sistemas de abertura, os maiores valores médios dos níveis de iluminação foram encontrados no sistema sem controle, (Figura 3), seguido pelo sistema interno e, por último, o sistema externo. O maior nível médio, 792 lux, ocorreu no solstício de verão (21/12) com céu claro, no sistema sem controle, devido a

presença de luz solar direta no ambiente interno. O menor nível médio de iluminação, 26 lux, ocorreu no solstício de inverno com céu encoberto, no sistema com controle externo.

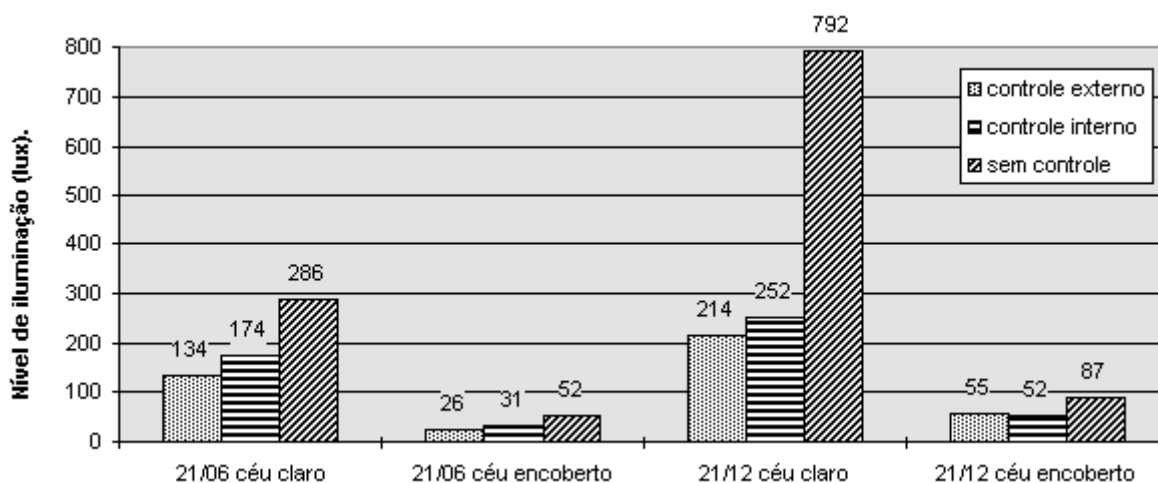


Fig. 3 Variação da média dos níveis de iluminação

Na tabela 1, pode-se observar as diferenças em porcentagem dos valores encontrados no sistema sem controle comparado aos sistemas com controle. Nesta tabela as médias referentes ao sistema sem controle foram assumidas como o máximo para aquela condição, correspondendo a 100%. Por exemplo: no solstício de verão com céu claro, onde ocorreu a maior diferença entre os níveis médios encontrados, o sistema interno apresentou um nível médio de iluminação equivalente a 32% do nível médio ocorrido no sistema sem controle, enquanto que o sistema externo apresentou nível médio equivalente a 27% do nível ocorrido no sistema sem controle.

Tab. 1 Comparação das médias dos níveis de iluminação - sistema sem controle x sistemas com controle

Tipo de sistema/ data e condição de céu	21/06 céu claro	21/06 céu encob.	21/12 céu claro	21/12 céu encob.
Sistema sem controle	100%	100%	100%	100%
Sistema com controle interno	61%	60%	32%	60%
Sistema com controle externo	47%	50%	27%	63%

Observa-se na tabela 1 que os valores médios dos níveis de iluminação obtidos com o sistema de controle interno são equivalente a 60% dos apresentados no sistema sem controle, exceto no solstício de verão/céu claro, onde ocorreu a presença de luz solar direta. Para as condições simuladas, somente no solstício de verão/céu encoberto o valor médio dos níveis de iluminação no sistema de controle interno apresentou-se inferior ao sistema de controle externo.

A diversidade, (Figura 4), oscilou de: 7,4 a 10,2 no sistema interno; 7,3 a 12,1 no sistema externo e de 5,5 a 48,7 no sistema sem controle. Percebe-se que o sistema sem controle apresenta valores sensivelmente elevados na situação de céu claro, enquanto que, nas situações de céu encoberto o mesmo apresenta os valores mais baixos. Os sistemas interno e externo apresentam valores mais baixos nas situações de céu claro e também apresentam menor variação entre seus próprios valores. Em 21/06 com céu encoberto, ocorreu a maior diferença nos valores da diversidade entre os sistemas interno e externo, de 4,6, nas outras situações as diferenças obtidas são pouco significativas.

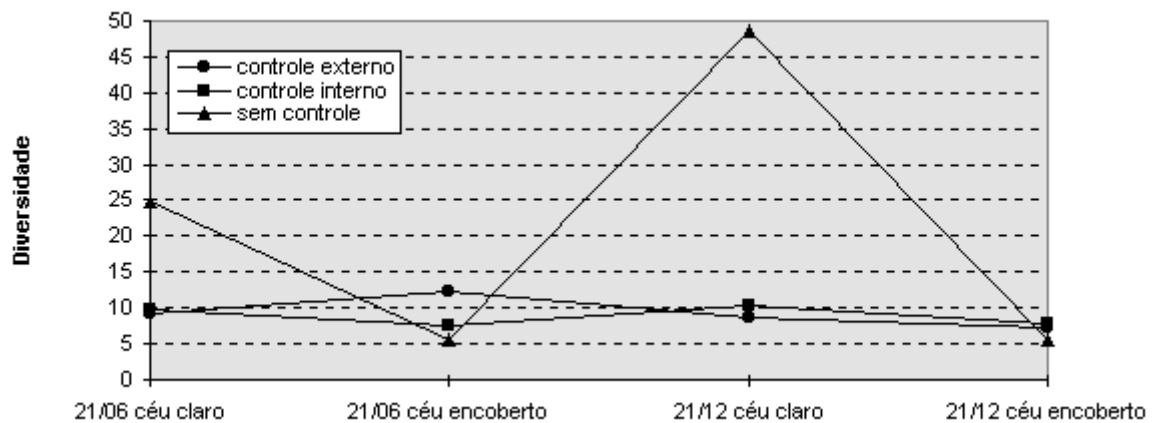


Fig. 4 Diversidade dos níveis de iluminação

A uniformidade com valor próximo de 1 representa uma distribuição dos níveis uniforme. No sistema sem controle observa-se uma distribuição dos níveis menos uniforme com céu claro, porém, com céu encoberto observa-se uma distribuição mais uniforme, (Figura 5).

Comparando-se os sistemas interno e externo. Com céu claro o sistema interno apresenta uma distribuição dos níveis mais uniforme, enquanto que, na condição de céu encoberto o sistema externo apresentou distribuição mais uniforme, (Figura 5).

Observa-se também que o sistema sem controle apresentou as maiores oscilações nos seus valores da uniformidade, de 0,11 a 0,38. O fator responsável pelas grandes variações ocorridas no sistema sem controle é sem dúvida a presença da luz do sol direta. Os outros sistemas apresentaram valores de 0,22 a 0,34, sendo esta justamente a maior diferença entre os sistemas interno e externo, que ocorreu no dia 21 de junho com céu encoberto, coincidindo com a maior diferença entre os valores da diversidade.

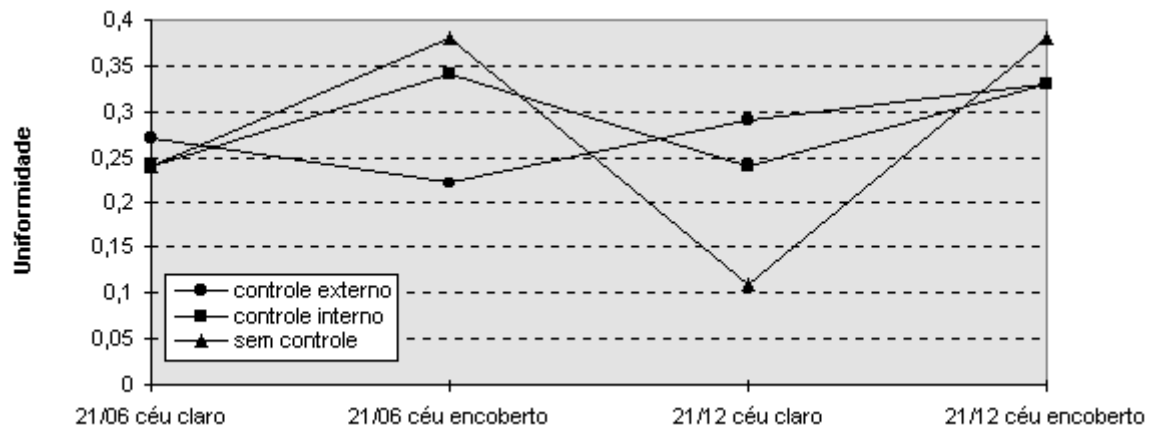


Fig. 5 Uniformidade dos níveis de iluminação

5 Conclusões

Os resultados obtidos nas simulações demonstram que o sistema de controle da luz solar desempenhou sua principal função: excluir a luz direta do sol. Sem com isso reduzir significativamente os níveis de iluminação internos.

A distribuição dos níveis de iluminação, analisada através da diversidade e uniformidade, no sistema sem controle mostrou-se visivelmente desigual na condição de céu claro, devido a presença da luz solar direta. Enquanto que a distribuição dos níveis nos sistemas com controle, para a mesma condição, apresentou-se mais uniforme. Por outro lado, na condição de céu encoberto, a distribuição dos níveis nos sistemas com controle apresentou-se menos uniforme que aquela do sistema sem controle.

Comparando-se os sistemas de controle interno e externo, as maiores médias nos níveis de iluminação foram encontradas no sistema interno, o que representa um melhor desempenho nos níveis de iluminação para o sistema interno.

Na distribuição dos níveis, os sistemas interno e externo mostraram resultados similares. O sistema interno apresentou desempenho pouco melhor na situação de céu claro, enquanto o sistema externo apresentou-se marginalmente melhor na condição de céu encoberto.

Através dos resultados aqui apresentados pode-se dizer que os sistemas de controle analisados, além de eficientes no controle da luz solar direta, contribuíram na melhora da distribuição dos níveis na condição de céu claro, porém, apresentaram-se limitados na condição de céu encoberto.

6 Referências Bibliográficas

ABNT. (1991): Iluminância de interiores NB - 57, Rio de Janeiro.

Energy Research Group. (1994): Daylighting in buildings, School of Architecture University College, Dublin.

FONSECA, M.P. (1982): Desenho Solar, Projeto Editores Associados, São Paulo.

HOUSER, K.W. et al. (1999): Toward the accuracy of lighting simulations in physically based computer graphics software, Journal of the Illuminating Engineering Society, v.28, n.1, pp.117-129.

IESNA, Illuminating Engineering Society of Northern America. (1997): IESNA software survey, Lighting Design + Application, v.27, n.7, pp.41-50.

LAM, W.M.C. (1986): Sunlighting: as formgiver for architecture, Van Nostrand Reinhold, New York.

Lightscape Technologies. (1996): Lightscape Visualization System User's Guide Version 3, San Jose.

PEREIRA, F.O.R. (1993): Luz Solar Direta: Tecnologia para Melhoria do Ambiente Lumínico e Economia de Energia na Edificação, Anais do II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Fpolis/SC, pp.257-267.

ROBBINS, C.L. (1986): Daylighting: design and analysis, Van Nostrand Reinhold, New York.