



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

IMPACTO DA LUZ NATURAL NO CONSUMO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS

Marcos Barros de Souza e Fernando O. R. Pereira
Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Catarina
Fax + 55482319770
Florianópolis - SC - Brasil

RESUMO

A iluminação natural possui alto potencial de redução de energia em edifícios comerciais, através da redução da energia gasta em iluminação artificial. Porém, são os sistemas de janelas os maiores contribuidores para o pico das cargas de resfriamento, pico de demanda elétrica e uso anual de energia elétrica nas edificações. Logo, um projeto de iluminação natural requer um balanceamento dos benefícios contra os efeitos do ganho de calor solar não desejado através das janelas. Esta interação foi estudada através de simulações utilizando o programa DOE-2.1E. A partir deste estudo são fornecidas equações práticas para serem utilizadas por engenheiros e arquitetos.

ABSTRACT

Daylighting has a significant potential in reducing energy use in commercial buildings, in particular, the energy required for artificial lighting. However, the fenestration systems are the major responsible for cooling load, peak electric energy demand and annual use in buildings. Though, a daylighting design requires an evaluation of the possible benefits against excessive solar heat gain through windows. This interaction was analysed through computer simulation (DOE-2.1E) from which several practical and handy to use regression equations were obtained.

PALAVRAS-CHAVE

Conforto; consumo de energia, iluminação, luz natural.

INTRODUÇÃO

A utilização da luz natural em edifícios comerciais é capaz de reduzir sensivelmente o consumo total de energia da edificação pela redução na energia gasta em iluminação. Por outro lado, quando abrimos grandes vãos envidraçados, as cargas de resfriamento tem um grande aumento, exigindo equipamentos de ar condicionado maiores e consumindo mais energia para retirada deste ganho de calor não desejado. Para a avaliação de diversos projetos de iluminação natural a ferramenta mais adequada é um programa computacional de simulação horária do desempenho energético da edificação como por exemplo o DOE-2.1E utilizado neste trabalho. Mas é muito pouco provável que engenheiros e arquitetos disponham de tempo e recursos para tal avaliação, em virtude dos diversos fatores que influenciam o consumo total de energia da edificação. Este trabalho tem então o objetivo de fornecer equações simplificadas para serem utilizadas no dia a dia de um escritório de engenharia ou arquitetura.

METODOLOGIA

Com o objetivo de facilitar a compreensão do desempenho energético da edificação iluminada naturalmente, foi feita uma análise paramétrica das diversas variáveis que envolvem todo o sistema em um edifício protótipo utilizando a metodologia adotada por Huang (Huang,1989). Os parâmetros que foram analisados são os seguintes:

- Orientação das fachadas
- Área da janela em relação a área da parede;
- Condições de envidraçamento;
- Densidade das potências de iluminação artificial;
- Níveis de iluminamento.

O edifício protótipo foi dividido em zonas com características comuns, tendo um controle de iluminação artificial de diminuição contínua, ou seja, foi utilizada a fração de potência necessária para fornecer o nível de iluminamento de projeto caso a luz natural não o fornecesse. Cada sala do edifício protótipo foi dividida em dois sub-espacos cada um contendo em seu centro um sensor para controle do nível de iluminamento visando maximizar os benefícios da luz natural.

Dados climáticos

O programa DOE-2.1E utilizou para a simulação do desempenho térmico e lumínico um arquivo de dados meteorológicos do tipo TRY (Test Reference Year) (Goulart,1993) que é o aconselhado para comparar o uso de energia para diferentes sistemas de ar condicionado dentro de uma mesma edificação ou edificações diferentes ou para verificar os efeitos da mudança de orientação das fachadas do prédio (Stamper,1977).

Este arquivo meteorológico contém dados de um ano típico para a cidade de Florianópolis, com as seguintes informações para as 8760 (24x365) horas do ano:

- mês, dia, hora;
- temperatura de bulbo seco e bulbo úmido;
- umidade relativa;
- direção do vento;
- pressão barométrica;
- nebulosidade;
- radiação solar (estimada a partir da nebulosidade).

Este arquivo também contém a latitude, a longitude e o número da hora local de acordo com o meridiano de referência, que para Florianópolis são: latitude de $-27,50^{\circ}$; longitude de $48,50^{\circ}$; número da hora local igual a 3.

Protótipo do edifício

- * Na elaboração deste trabalho foi montado um protótipo de edifício comercial para estimar o impacto de projetos de iluminação natural na energia total consumida, através da análise de um banco de dados obtidos em simulações feitas no modelo usando o programa DOE-2.1E. Esta construção hipotética visou apanhar uma variedade de condições de ganho de calor solar e interno encontrados em edifícios comerciais.

Dimensões

As dimensões características do edifício protótipo são as seguintes:

- 10 pavimentos;
- 06 salas por pavimentos;
- Cada sala com 6 m de largura, 6 m de comprimento, e pé direito de 2,80 m;
- Circulação de acesso as salas de 2,5 m de largura e 18 m de comprimento.

Condições de operação

As condições de operação do protótipo do edifício foram mantidas constantes para todas as simulações, tais como: variações na infiltração; na taxa de ocupação; na taxa da potência de iluminação; na temperatura de acionamento dos termostatos do sistema de ar condicionado; e na ventilação.

Características físicas variáveis

Para construir a base de dados as simulações foram feitas variando aqueles parâmetros do edifício modelo que afetam o desempenho lumínico, tais como: potência de iluminação (10 W/m², 20 W/m² e 30 W/m²), níveis de iluminamento (300 lux, 500 lux e 1000 lux) e as condições de envidraçamento das janelas mostradas na tabela 1.

Tabela 1. Condições de envidraçamento das janelas

Caso	WWR	SC	Tvis	Abertura Solar (WWRxSC)	Abert. de Ilum. (WWRxTvis)
1	0,20	0,20	0,25	0,04	0,050
2	0,30	0,20	0,25	0,06	0,075
3	0,30	0,40	0,40	0,12	0,120
4	0,50	0,40	0,40	0,20	0,200
5	0,50	0,60	0,55	0,30	0,275
6	0,70	0,60	0,55	0,42	0,385
7	0,70	0,80	0,70	0,56	0,490
8	0,85	0,80	0,70	0,68	0,595
9	0,85	1,00	0,85	0,85	0,723

Características físicas constantes

Foram mantidas constantes durante todas as simulações o tipo de parede (1,9 cm de reboco + 10 cm de tijolo + 1,9 cm de reboco), o telhado (telha de barro), o teto (7 cm de concreto), e o piso (carpet).

ANÁLISES

Os casos analisados com a base de dados obtidas através das simulações foram as seguintes:

- Comportamento das cargas de resfriamento;
- Economia na energia de iluminação com a utilização da luz natural;
- Redução nas cargas de resfriamento com a utilização da luz natural;
- Economia global com a utilização da luz natural.

Comportamento das Cargas de Resfriamento

No estudo das cargas de resfriamento foi analisado o seu comportamento quando se variou a abertura solar, que é definida como o produto entre WWR (área da janela/área da parede) e SC (coeficiente de sombreamento do vidro da janela). Este termo indica a porção da radiação solar incidente que entra na edificação como ganho de calor.

A Figura 1 mostra os resultados para uma fachada norte, com potência de iluminação de 20 W/m², 3 níveis de iluminamento (300 lux, 500 lux e 1000 lux) e salas com profundidade de 6 m. A profundidade é definida como a distância entre a parede que contem a janela e a parede oposta.

Com 3 potências de iluminação e 3 níveis de iluminamento torna-se necessário para cada combinação de fachada e profundidade, 9 equações para a determinação das cargas de resfriamento. Isto foi simplificado com a obtenção de apenas uma equação em que as cargas de resfriamento em kWh/m²/ano (CL) sejam obtidas em função da abertura solar (WWRxSC), do nível de iluminamento em lux (NI) e da potência de iluminação em W/m² (P). Através de uma regressão linear múltipla obteve-se para a fachada norte com salas de 6 m de profundidade a equação 1 com um coeficiente de correlação de 0,98.

$$CL = 155,25194x(WWRxSC) + 0,01155x(NI) + 1,18602x(P) + 145,76903 \quad (1)$$

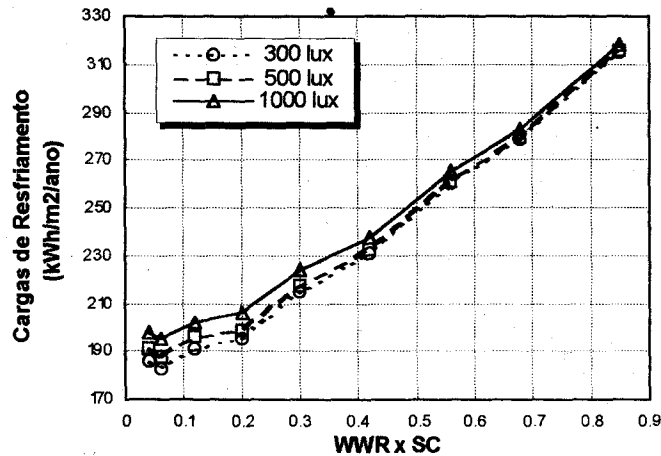


Figura 1. Cargas de Resfriamento (Fachada norte, potência de iluminação 20 W/m², profundidade de 6 m)

Economia na Energia de Iluminação com a Utilização da Luz Natural

A economia na energia gasta em iluminação foi aqui analisada com a variação na abertura de iluminação natural, que é o produto entre a razão WWR e a Tvis (transmitância visível do vidro da janela). Este parâmetro ao contrário da abertura solar (WWRxSC) que indica a quantidade de calor que entra no espaço, indica a quantidade de luz natural que atravessa a janela e entra no mesmo.

Como mostra a Figura 2, pequenas aberturas de iluminação natural podem reduzir bastante o consumo de energia gasta em iluminação artificial. A partir de um determinado valor de abertura de iluminação natural a economia permanece constante visto que a iluminação natural já foi totalmente desligada. Neste ponto a janela além de não contribuir mais para a economia de energia gasta em iluminação passa a trazer para dentro da edificação um grande ganho de calor que terá que ser retirado consumindo energia no sistema de ar condicionado.

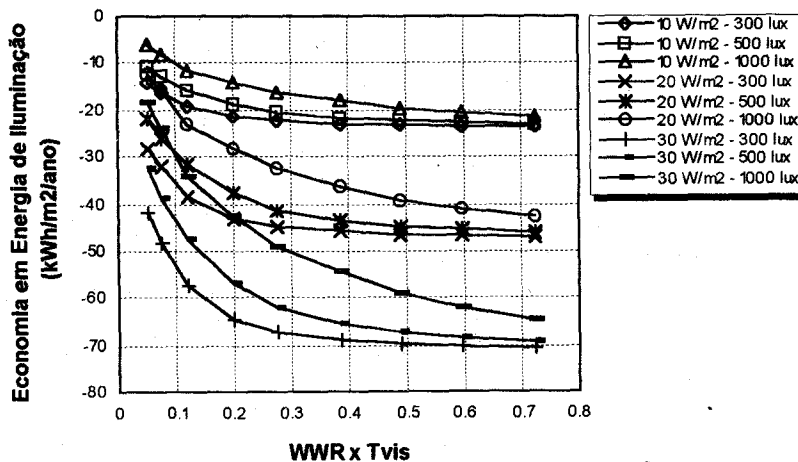


Figura 2. Economia em Energia de Iluminação (Fachada norte, profundidade de 6 m)

Quanto maior a potência de iluminação instalada, ou seja, menos eficiente é o sistema de iluminação artificial, maior é a economia no consumo de energia elétrica gasta com iluminação através do aproveitamento da luz natural.

Executada uma análise de regressão nos dados obtidos na simulação encontrou-se para cada uma das curvas da Figura 2 polinômios de 5º grau com coeficientes de correlação nunca menores que 0,999.

Com objetivo de encontrar uma única equação para a fachada norte com salas de 6 m de profundidade foi realizada uma regressão linear múltipla para encontrar a economia em energia de iluminação em kWh/m²/ano (ΔEI) em função da abertura de iluminação natural ($WWR \times T_{vis}$), potência de iluminação em W/m² (P) e o nível de iluminamento em lux (NI), resultando na equação 2 que possui um coeficiente de correlação de 0,90.

$$\Delta EI = -33,48944x(WWR \times T_{vis}) - 1,82202x(P) + 0,01574x(NI) + 1,39734 \quad (2)$$

Redução nas cargas de Resfriamento com a utilização da luz natural

A redução nas cargas de resfriamento é definida como a diferença entre a carga de resfriamento de um edifício que utiliza a luz natural como forma de economia de energia e o mesmo quando não a utiliza. Esta redução nas cargas de resfriamento é devido ao fato que existe uma redução no ganho de calor proveniente do sistema de iluminação artificial que foi parcialmente ou totalmente desligado. A redução nas cargas de resfriamento aumenta na medida em que a potência de iluminação e o nível de iluminamento também aumentam.

A Figura 3 mostra o comportamento desta redução para uma potência de 20 W/m² para três níveis de iluminamento.

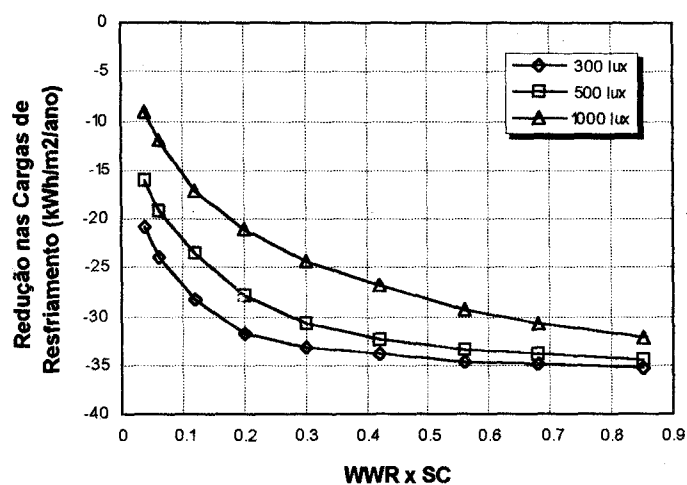


Figura 3. Redução nas Cargas de Resfriamento (Fachada norte, potência de iluminação 20 W/m², profund. 6m)

Economia global com a utilização da luz natural

A Figura 4. mostra os resultados para um prédio com fachada norte, nível de iluminamento 500 lux e potência de iluminação 20 W/m². Nota-se um grande aumento na energia gasta em resfriamento a medida que a abertura solar aumenta, mas este aumento no consumo de energia para resfriamento é compensado pela diminuição no consumo de energia gasta em iluminação artificial pela utilização da luz natural. Existe também um ponto de mínimo consumo que para este caso resultou em uma abertura solar de 0,25.

Embora a partir da abertura solar de 0,25 o consumo total começa a aumentar, a situação mais desfavorável ainda é melhor do que qualquer uma das opções do caso sem a utilização da luz natural.

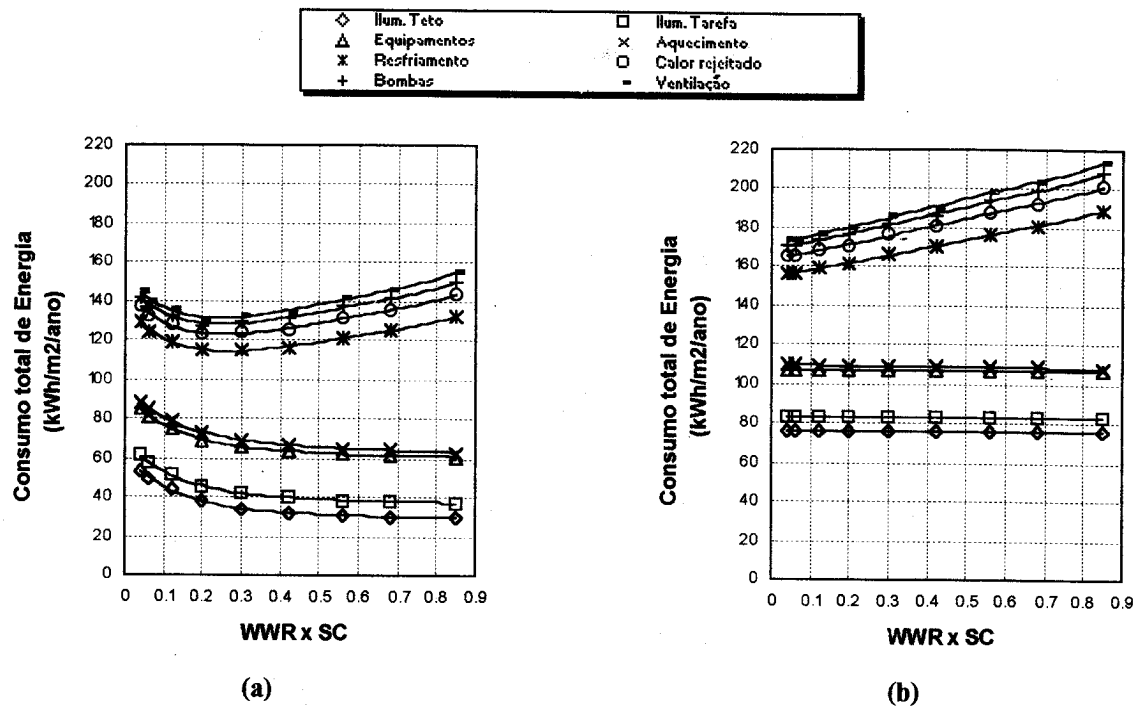


Figura 4. Fachada norte, potência de iluminação 20 W/m², nível de iluminamento 500 lux
 (a) Consumo Total de energia com a utilização da luz natural
 (b) Consumo Total de energia sem a utilização da luz natural

CONCLUSÃO

A iluminação natural apresentando um alto potencial de redução no consumo total de energia em edifícios comerciais, tem que ser levada em consideração na elaboração do projeto da edificação. Este trabalho apresenta uma formulação simplificada para determinação das cargas de resfriamento, economia em energia de iluminação e outras, que poderão ser usadas em uma ferramenta computacional não tão complexa como o programa DOE-2.1E, auxiliando nas decisões de projeto tomadas por engenheiros e arquitetos.

REFERÊNCIAS

1. GOULART, Solange V. G. 1993. *Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico em Edificações em Florianópolis*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis.
2. HUANG, Y.J. THOM, B. RADAMAN, B. October 1989. *A Daylighting Design Tool for Singapore Based on DOE-2.1C Simulations*. Proceedings of the Asean Special Sessions of the ASHRAE Far East Conference on Air Conditioning in Hot Climates.
3. LBL. 1991. *DOE-2 Basics*. Lawrence Berkeley Laboratory.
4. STAMPER, E. 1977. *Weather Data*. ASHRAE Journal, February/77, pp 47.
5. SULLIVAN, R., LEE, E.S., SELKOWITZ, S. September 1992. *A Method of Optimizing Solar Control and Daylighting Performance in Commercial Office Buildings*. Lawrence Berkeley Laboratory report LBL-32931.