



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

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

**DETERMINAÇÃO DO FATOR SOLAR DESEJÁVEL EM ABERTURAS**

LUCIANO DUTRA; ROBERTO LAMBERTS; FERNANDO OSCAR RUTKAY  
PEREIRA.

Núcleo de Pesquisa em Construção  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis, SC - Brazil  
fax + (048) 2319770  
e-mail: ecvrlr@ibm.ufsc.br

**RESUMO**

O trabalho propõe um método para obtenção do Fator de Ganho Térmico Solar Desejável em aberturas (SHGCd). O SHGCd é calculado a partir da radiação solar, da temperatura externa e dos ganhos térmicos casuais no interior de um ambiente. Os SHGCd podem auxiliar no projeto de uma abertura bem como na escolha da proteção solar adequada, objetivando uma arquitetura mais eficiente sob o ponto de vista do conforto térmico e do consumo de energia. É visto um exemplo de aplicação para a fachada oeste de um edifício comercial em Florianópolis.

**ABSTRACT**

This paper propose a new method to obtain the Necessary Solar Heat Gain Coefficient (SHGCd) in fenestrations. The SHGCd for each period of the year is calculated from solar radiation, external temperature and casual loads. The SHGCd can aid to window design and to select proper solar protections. This will lead to an energy efficient architecture that provides thermal comfort. An example is presented for a west facade in a commercial building in Florianópolis.

**PALAVRAS-CHAVE**

Conforto Térmico; Energia; Proteções Solares; Edificações.

## INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, algumas considerações têm sido feitas a respeito da interação entre arquitetura e clima. Entretanto, o envolvimento profissional nesta área é ainda muito pequeno, conseqüente da falta de ferramentas de projeto que considerem essa relação e da dissociação entre o conceber e o construir uma edificação. A invenção renascentista da perspectiva por Brunelleschi permitiu a separação entre o arquiteto e o construtor, e com isto a perda dos conceitos bioclimáticos empíricos até então transferidos de geração em geração. A preocupação arquitetônica da época passou a ser a plástica do edifício. Com o Estilo Internacional, a arquitetura perdia cada vez mais o contato com a interação entre o edifício e o clima e se tornava mais propensa ao emprego de equipamentos mecânicos para aquecimento e esfriamento em fachadas altamente envidraçadas. Isto se converteu em um ícone de Poder e de Modernidade, sendo importado e implementado pelos quatro cantos do mundo. Por este motivo o estudo da eficiência energética em edifícios é muito importante e as janelas são a parte mais importante deste cenário.

A principal fonte de ganhos de calor em um edifício é, geralmente, a radiação solar. Ao observar a arquitetura vernacular se pode ver que no passado o homem sabia aproveitar ou evitar a radiação solar dependendo das necessidades climáticas da região onde habitava.

McCluney diz que o *efeito estufa* é a forma mais comum de transformação da radiação solar em calor no interior de um edifício [1]. De acordo com Koenigsberger et al, são quatro os caminhos pelos quais o projetista pode reduzir o ganho solar através de janelas [2]:

- tamanho e orientação;
- uso de proteções internas (cortinas ou persianas);
- vidros especiais;
- proteções solares externas.

Antes de se adentrar ao método proposto é importante rever alguns métodos já existentes.

## MÉTODOS EXISTENTES PARA AVALIAÇÃO DE PROTEÇÕES SOLARES

Vários métodos usados para avaliar uma proteção solar se baseiam nas máscaras de sombras. O Método de Olgyay é o mais empregado até hoje [3]. Consiste na construção de máscaras de sombreamento para cada janela de um edifício e na sua sobreposição á carta solar para o local, mostrando as necessidades de sombreamento. As limitações deste Método são:

- A necessidade de sol não é considerada
- A referência para conforto térmico é a temperatura externa do ar
- Não quantifica a sombra

Outro Método baseado em máscaras de sombreamento foi desenvolvido por Aroztegui [4]. A radiação solar incidente na fachada é avaliada para cada hora de um dia típico para cada mês do ano de acordo com a temperatura do ar externo e com a necessidade de sombra ou

sol. Todos os valores de radiação solar ponderada são colocados na carta solar para cada orientação e, quando a máscara de sombreamento é superposta, torna possível quantificar as radiações e as necessidades de sombreamento. Este Método tem como principal limitação a impossibilidade de distinção entre proteções que tenham a mesma máscara para 100% de sombreamento e, entretanto, máscaras diferentes para 50% de sombreamento.

Jorge et al apresentam o Método das Isolinhas de Coeficiente de Sombreamento, que utiliza, ao invés das máscaras, o coeficiente de sombreamento (SC) [5]. O Método consiste de dois diagramas; um com valores de SC e outro com proporções de placas horizontais. As limitações são a inaplicabilidade para proteções solares verticais ou mais complexas.

## O NOVO MÉTODO

O novo método foi desenvolvido em dissertação de mestrado [6] e tenta vencer as limitações dos métodos anteriores por:

- considerar a temperatura interior para analisar a necessidade de sombra ou sol;
- quantificar a necessidade de sombras para estabelecer de conforto no ambiente;
- usar dados climáticos no formato TRY para estudar o fator solar diário.

Os resultados apresentados foram estimados para uma sala comercial típica de um edifício com 5 x 8 metros (40m<sup>2</sup>). Analisou-se o coeficiente de ganho térmico solar desejável (SHGCd) para as condições de inércia térmica (leve, média e pesada) e proporção de envidraçamento da parede externa (25, 50, 75 e 100%) consideradas abrangentes da maior parte dos casos.

Foram usados os dados do TRY para Florianópolis, tratados por Goulart [7]. Os dados de radiação solar para superfície horizontal foram convertidos nas parcelas direta, difusa e refletida para superfícies verticais pelos algoritmos descritos por Duffie e Beckman [8]. Os ganhos térmicos solares pela janela foram calculados considerando a transmissividade do vidro variável em relação ao ângulo de incidência da radiação, conforme Rivero [9]. Estes valores foram aplicados ao método da admitância descrito em CIBSE e as temperaturas internas foram comparadas com os limites de conforto estabelecidos por Givoni [10] [11]. Surgiram três possibilidades: frio, conforto ou calor no interior da sala. Quando as condições estimadas prevêm desconforto, isto se traduz em uma necessidade de acréscimo ou decréscimo no ganho térmico solar. A diminuição necessária na temperatura interna induz à diminuição do ganho térmico solar ao se utilizar o Método da Admitância invertido.

O valor do ganho de calor total desejável em cada dia do ano pode ser calculado por:

$$\bar{Q}_{td} = \left\{ \left[ (A_g U_g) + C_v \right] x (\bar{T}_{ei} - \bar{T}_{ao}) \right\} + \left[ A_f U_{fx} (\bar{T}_{ei} - \bar{T}_{eo}) \right] \quad (1)$$

onde:  $\bar{Q}_{td}$  → média dos ganhos de calor totais desejáveis (W);

$A_g$  → área de envidraçamento ( $m^2$ );  
 $U_g$  → transmissividade térmica da janela ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ );  
 $A_f$  → área da parede externa ( $m^2$ );  
 $U_f$  → transmissividade térmica da parede externa ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ );  
 $C_v$  → perdas de calor por ventilação ( $m^3$ );  
 $\bar{T}_{ei}$  → temperatura ambiental interna média ( $^\circ C$ );  
 $\bar{T}_{ao}$  → temperatura externa média ( $^\circ C$ );  
 $\bar{T}_{eo}$  → temperatura sol-ar média ( $^\circ C$ ).

E o valor do ganho de calor solar desejável pode ser calculado por:

$$\bar{Q}_{td} = \bar{Q}_{sd} - \bar{Q}_c \quad (2)$$

onde:  $\bar{Q}_{sd}$  → ganho, de calor solar desejável médio (W);  
 $\bar{Q}_{td}$  → ganho de calor total desejável médio (equação 1) (W);  
 $\bar{Q}_c$  → ganho casual médio iluminação, equipamentos e pessoas) (W).

São três as possibilidades para o ganho de calor solar desejável ( $\bar{Q}_{sd}$ ) quando comparado ao existente ( $\bar{Q}_s$ ):

- $\bar{Q}_{sd} < 0$ ;
- $0 < \bar{Q}_{sd} < \bar{Q}_s$ ;
- $\bar{Q}_{sd} > \bar{Q}_s$

Na possibilidade "a" tem-se muito calor no interior da sala. Não se pode permitir a entrada de sol pela janela, sendo necessário inclusive a utilização de resfriamento artificial no ambiente. Em "b" o ganho de calor solar pode ser reduzido a  $\bar{Q}_{sd}$  para estabelecer conforto e em "c", mesmo permitindo a entrada do sol, será necessário aquecimento artificial no ambiente.

**O Coeficiente de Ganho de Calor Solar Desejável (SHGCd).** O coeficiente de ganho de calor solar desejável é calculado como uma proporção da radiação solar incidente em uma janela, que se transmite ao interior. Portanto, os casos "a", "b" e "c" podem ser definidos como:

- **caso "a"** - o valor do SHGCd é zero. A janela deve estar totalmente sombreada e deve-se, inclusive, bloquear a radiação difusa.

- **caso "b"** -  $SHGCd = \frac{\bar{Q}_{sd}}{I_t \times A_g}$

onde:  $\bar{I}_t \rightarrow$  radiação total média diária ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$$e: \quad \bar{I}_t = \frac{\sum_{h=1}^{24} (I_{bt(h)} + I_{dt(h)} + I_{rt(h)})}{24}$$

onde:  $I_{bt(h)} \rightarrow$  radiação direta horária na superfície horizontal ( $\text{W}/\text{m}^2$ );  
 $I_{dt(h)} \rightarrow$  radiação direta horária na superfície horizontal ( $\text{W}/\text{m}^2$ );  
 $I_{rt(h)} \rightarrow$  radiação direta horária na superfície horizontal ( $\text{W}/\text{m}^2$ );

- **caso “c”** - nenhum. Som

breamento é necessário e o SHGCd será 0,85 (vidro simples).

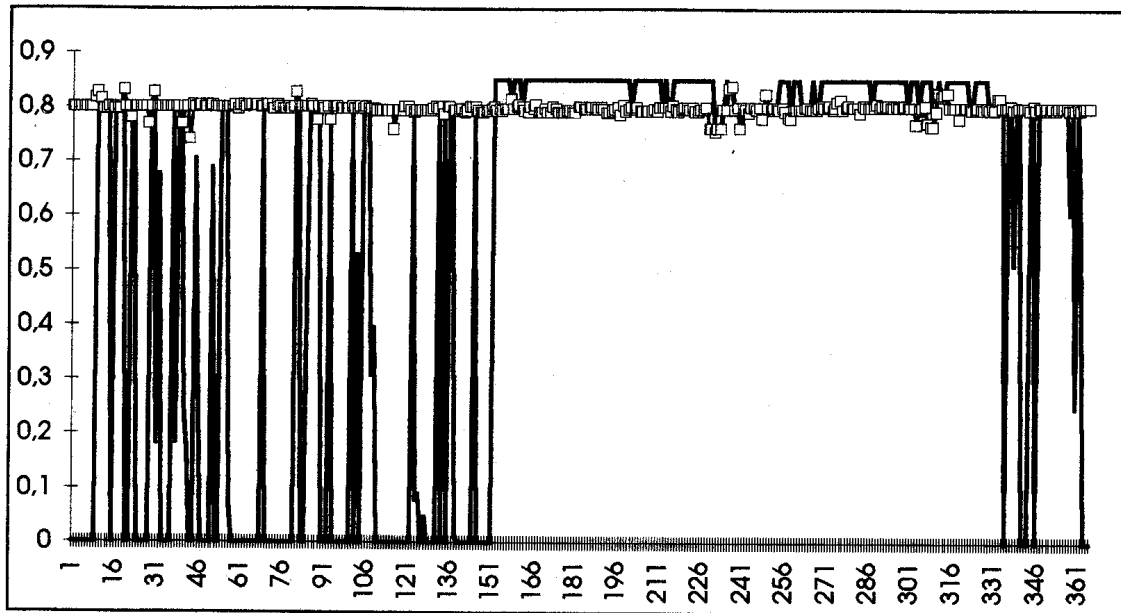
Obtido o SHGCd, é possível compreender o desempenho requerido para a janela, Neste trabalho será apresentado um exemplo de aplicação para a fachada oeste de uma sala comercial em Florianópolis.

A figura 1 mostra o comportamento anual do SHGCd para a fachada oeste da sala, com inércia térmica média, 25% de envidraçamento e 248W de ganhos térmicos internos. Fica claro o problema de se ter aberturas na fachada oeste de um edifício. É difícil combinar adequadamente as necessidades de proteção solar e iluminação natural nesta fachada, Nos períodos frios, o SHGU acima do real (0,85) indica grandes perdas de calor pela janela e mesmo sem nenhuma sombra não será possível elevar a temperatura interna para a zona de conforto.

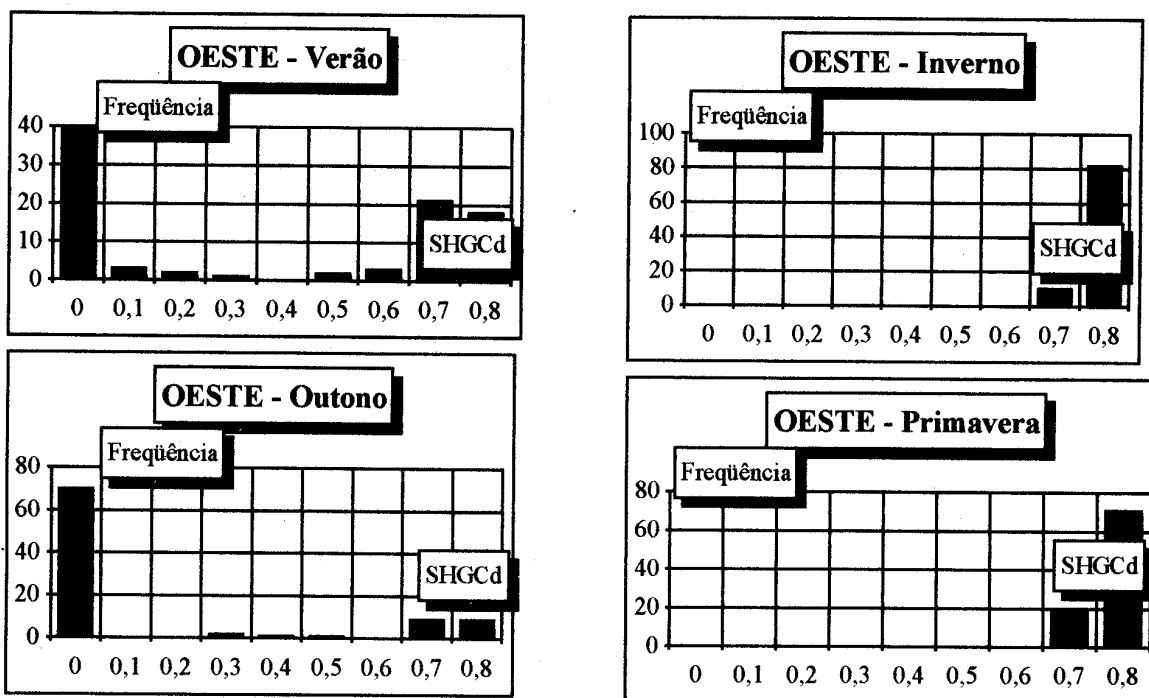
Uma alta variação do SHGCd é observada principalmente durante o verão. Isto se deve ao fato de o clima local permitir dias quentes no inverno e também dias frios no verão. Para ver os dados de forma mais significativa como ferramenta de auxílio ao projeto, são apresentados histogramas de frequência de ocorrência para cada estação do ano (figura 2). Estas figuras tornam possível ver a variação do SHGCd entre um extremo (0,85) e outro (zero). Nestes casos, as proteções solares móveis são uma boa opção.

O uso dos histogramas facilita a escolha do SHGCd mais apropriado para a abertura - sob análise em cada período do ano.

O artigo de Pereira e Sharples [12] descreve uma técnica experimental para medir o SHGC em janelas com ou sem proteções solares. Este método torna possível a medição dos SHGC para as soluções mais usuais de proteções solares e isto aliado aos valores obtidos de SHGCd seria muito útil ao projetista na escolha de uma melhor solução arquitetônica.



**FIGURA 1 - SHGCd anual - Fachada OESTE - 25% de janela - inércia média**



**FIGURA 2 - Histogramas - Fachada OESTE - 25% de janela - inércia média**

## CONCLUSÕES

Ainda há muito a ser feito com relação ao que seria a proteção solar mais adequada em uma determinada abertura. Entretanto isto poderia resultar no uso de *clichés* tecnológicos, Em outras palavras: não se deve esperar uma tabela com receitas infalíveis. Toma-se importante o estudo criterioso de cada caso, garantindo a liberdade de expressão do arquiteto. Isto vem esclarecer a dificuldade de se obter um determinado valor de desempenho desejável para uma proteção solar em virtude da pluralidade de situações a que esta pode estar submetida. O uso de programas de simulação que utilizam dados horários (como o DOE 2. IE) e que consideram todas estas variáveis é ainda o caminho mais conclusivo.

## REFERÊNCIAS

- [1] MCCLUNFY, W. R.; MILLS, L. R.; [1993]. *The benefits of using window shades*. ASHRAE Journal, November/93, pp. 20 - 27.
- [2] KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V.; [1977]. *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Paraninfo S.A., Madrid, Spain.
- [3] OLGAY, V.; [1963]. *Design with climate*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- [4] AROZTEGUI, J. M.; [1980]. *Método para projeto e avaliação de pára-sois externos, visando à otimização do seu desempenho térmico para um clima dado*. Caderno Técnico (CT 17/80), Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil - UFRGS, Porto Alegre, Brazil.
- [5] JORGE, J.; PUIGDOMÈNECH, J.; CUSIDÓ, J. A.; [1993]. *A practical tool for sizing optimal shading devices*. Building and Environment Vol. 28, nº 1, pp. 69 -72, Great Britain.
- [6] DUTRA, L.; [1994]. *Uma metodologia para a determinação do fator solar desejável em aberturas*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, agosto/94.
- [7] GOULART, S. V. G.; [1993]. *Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, setembro/93.
- [8] DUME, J. A.; BECKMAN, W. A.; 119801. *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley and Sons.
- [9] RIVERO, R.; [1993]. *Factor solar de los vidrios*. Servicio de Climatología Aplicada a la arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad de la Republica, Montevideo.
- [10] CIEBSE [1986]. *Summertime temperatures in buildings*. In: CIBSE GUME (Section A8), The Chartered Institution of Building Services, London.
- [11] GIVONI, B.; [1992]. *Confort, climate analysis and building design guidelines*. Energy and Building , vol. 18, july/92, pp. 11 - 23.
- [12] PEREIRA, F. O. R.; SHARPLES, S.; [1991]. *The development of a device for measuring solar heat gain and shading coefficients of windows in scale model*. Energy and Buildings, vol. 17, pp. 271-281.