

31 - Influência da refletância das placas de elementos de controle solar na admissão de luz natural em janelas

The Influence of Reflectance of Plates of Solar Control Devices in the Entrance of Natural Light in Windows

BOGO, Amilcar José (1)

(1) Arquiteto e Urbanista, Doutor em Engenharia Civil, Professor do Quadro, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental – LACONFA/Grupo de Estudo e Pesquisa do Hábitat – GEPHabitat, Universidade Regional de Blumenau - FURB, Rua Antônio da Veiga, 140 – Victor Konder, CEP 89012-900, Blumenau-SC, E-mail: arqbogo@furb.br.

Resumo

Neste trabalho são apresentados os resultados de um estudo sobre admissão de luz natural em aberturas com dois tipos diferentes de elementos de controle solar – ECS, através de uma análise do fluxo luminoso admitido para situações de aberturas com placas horizontais (10 PH) e verticais (10 PV), com variação de refletância (75% e 20%). A análise foi desenvolvida com simulação computacional a partir de um modelo virtual de representação espacial do ambiente interno e uma abertura como fonte de luz (janela). O fluxo luminoso admitido para elemento de controle solar com 10 PH e 10 PV variou em até + 340,59% com aumento da refletância de 20% para 75%. As situações analisadas identificaram a importância da consideração da refletância quando da especificação de brises formados por placas horizontais e verticais, visando adequada proteção da excessiva insolação direta e admissão de luz natural.

Palavras-chave: Luz Natural, Fluxo Luminoso, Controle Solar.

Abstract

This paper presents the results for a study of the daylight admission in openings with two different types of solar control devices - SCD, by means of an analysis of luminous flux admitted for opening situations with 10 (PH) horizontal and 10 (PV) vertical slats, with a variation of reflectance (75% and 20%) The analysis was carried out with a computer simulation from a virtual model for the interior spatial representation and one opening as a source of daylight (window). The luminous flux (daylight) admitted for the solar control device with 10 PH and 10 PV showed a variation of up to + 340,59%, with the increase of the reflectance from 20% to 75%. The analyzed situations identified the importance of considering reflectance when specifying sun-louvers formed by horizontal and vertical plates, striving for protection from direct sunlight and admission of natural lighting.

Keywords: Natural Light; Luminous flux; Solar control.

Introdução

A quantidade de luz natural transmitida através dos vidros, varia segundo as suas propriedades ópticas de transmitância (τ), refletância (ρ) e absorvância (α), influenciadoras das parcelas transmitida, refletida e

absorvida nos vidros adotados nas aberturas, que influenciam a quantidade de energia térmica e luminosa transmitida ao interior das edificações. Na Figura 1, é ilustrado esse comportamento segundo as parcelas transmitida, absorvida e refletida.

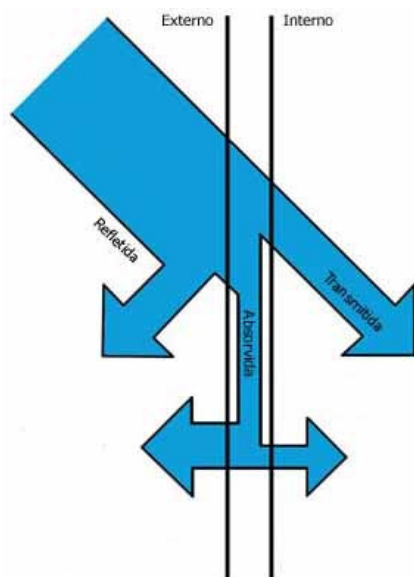


Figura 1 – Radiação solar incidente num vidro e as parcelas transmitida, refletida e absorvida / Fonte: adaptado de www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia47.asp, 2006

Segundo (MCCLUNEY, 1987), as propriedades de transmitância, refletância e absortância são influenciadas pela direção de incidência sobre o material e para cada comprimento de onda de radiação, sendo que alguns materiais são seletivos, ou seja, suas propriedades ópticas variam conforme a incidência de radiação e conforme o comprimento de onda de radiação.

Para aberturas simples, sem obstáculos ou elementos de controle, a estimativa da luz natural transmitida é de fácil estimativa, dependendo principalmente da transmitância do vidro e do ângulo de incidência da luz. A adição de obstáculos junto a abertura, como os elementos de controle solar, modificam a trajetória da luz natural transmitida, assim como sua quantidade, afetando a iluminação natural no interior das edificações. Esta influência ocorre devido ao bloqueio/filtração parcial da luz natural incidente na abertura, e a variação da direção da luz para o ambiente interno devido aos múltiplos processos de reflexões entre os elementos de controle solar.

Em vista disso, diferentemente de uma abertura somente com vidro incolor comum que transmite luz para o ambiente interno numa determinada direção de acordo com a situação de incidência externa (Figura 2a), uma abertura com diferentes tipos de obstruções, como os elementos de controle solar (figura 2b), transmite luz em diferentes direções, em função das parcelas transmitidas de forma direta, por reflexão primária ou por múltiplos processos de inter-reflexões, até o interior dos ambientes.

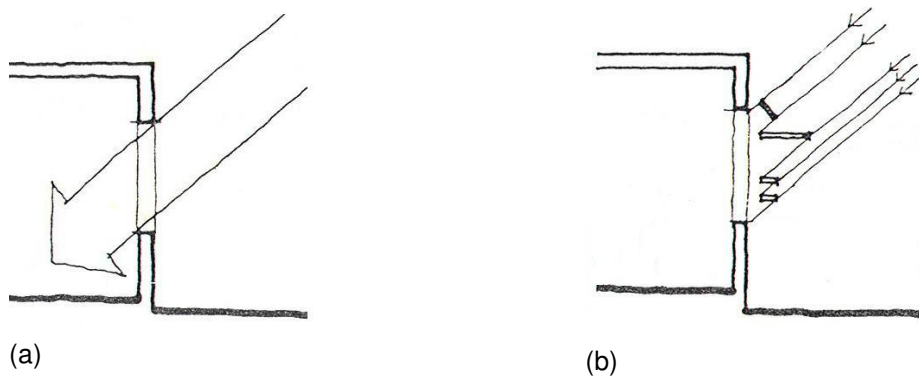


Figura 2 – Incidência de luz natural em dois tipos de aberturas de uma edificação. Fonte: adaptado de BITTENCOURT, 1988

Sobre a caracterização luminosa de aberturas, IEA (1999) apresenta medições de características luminosas de diversos materiais para iluminação natural, como medições direcionais da transmitância da luz, como filme prismático para vidro, vidro direcionador-solar (*lumitop*) e *plexiglas*. (DE BOER, 2006) e (ANDERSEN e DE BOER, 2006) também apresentam resultados para quatro tipos de materiais envidraçados e/ou elementos de controle solar: acrílio difusor, lâminas direcionadoras, vidro re-direcionador, lâminas horizontais.

Neste trabalho é apresentada a transmitância direcional hemisférica (quociente entre o fluxo luminoso admitido (transmitido) e o incidente) para diferentes tipos de janelas com elementos de controle solar, caracterizadora do fluxo luminoso admitido para o interior, conforme apresentado em (KESSEL e SELKOWITZ, 1984).

Método

O método utilizado é de simulação computacional da luz natural por meio de uma hemisfera oca com base vertical e abertura como fonte de luz natural (janela), analogamente ao goniofotômetro utilizado em estudos fotométricos laboratoriais, (BOGO, 2007) e (BOGO, PEREIRA e CLARO, 2007). Este ambiente virtual de simulação é identificado na literatura como o modelo de estudo ideal para caracterização luminosa de aberturas quanto à luz admitida e sua distribuição espacial interior, (ANDERSEN e DE BOER, 2006).

Neste artigo é apresentado uma análise comparativa de dois sistemas de controle solar no que se refere a admissão de luz natural (fluxo luminoso) devido ao Sol e céu. Para a implementação do método foi utilizado um módulo especial do programa de simulação computacional da luz natural APOLUX 1.0 (CLARO, PEREIRA e AGUIAR, 2003), identificando os resultados de iluminância no plano do vidro externo, adotado para o cálculo do fluxo luminoso admitido sob a interferência dos elementos de controle solar adicionados à janela. Os dois sistemas de controle solar na janela foram avaliados com relação a refletância das placas destes elementos (75%; 20%), considerando uma situação de incidência solar com altura de 30 e 60 graus e azimutes 0°, 60° e -60° no caso do ECS com 10 placas horizontais (Sol na direção perpendicular e oblíquo a janela nos lados direito e esquerdo) e de 60° no caso de ECS com 10 placas verticais (Sol na direção oblíqua a janela).

A partir de definição de modelos em CAD no formato 3 D *Face*, é possível simular com o programa APOLUX o comportamento luminoso de diferentes tipos de configuração geométrica de elementos de controle solar, possibilitando estudos paramétricos diversos.

Adiante são apresentadas as características de configuração geométrica dos elementos de controle solar analisados na janela de 4 m² (2 x 2m).

Elementos com 10 placas horizontais sobre a janela:

Com ângulo vertical frontal de obstrução de 30 e 60 graus:

- 10 placas horizontais, distribuídas igualmente na altura da janela, com 0,346 m e 0,115 m de profundidade, segundo os respectivos ângulos de proteção solar (30° e 60°).

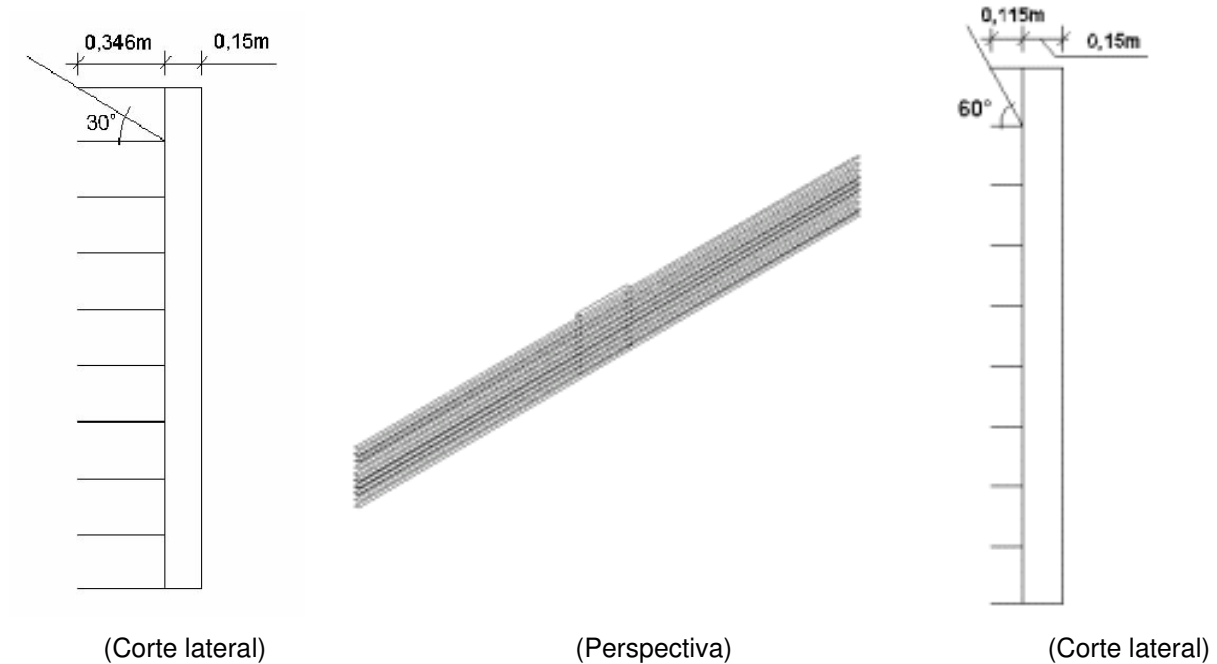


Figura 3 – Elemento de controle solar – ECS com 10 placas horizontais

A seguir na figura 4 é apresentado um exemplo representativo dessa situação arquitetônica, com a admissão controlada de luz natural através de aberturas com placas horizontais (brises horizontais).

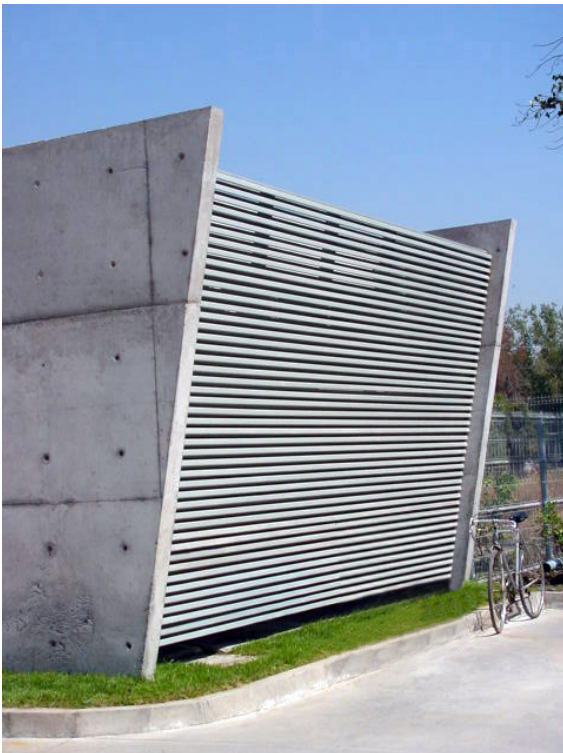


Figura 4 - Brises horizontais numa fachada

Fonte: www.hunterdouglas.com.br/galeria/quiebravistas/celosia_c23e/index.htm

Elementos com 10 placas verticais perpendiculares à janela:

Com ângulo horizontal lateral de obstrução de 45 graus:

- 10 placas verticais de 0,222 m, espaçamento de 0,222 m entre elas;



(Perspectiva)



(Planta-baixa)

Figura 5 – Elemento de controle solar – ECS com 10 placas verticais

Para os tipos de ECS com placas verticais perpendiculares à janela, a profundidade das placas foi determinada considerando um ângulo horizontal lateral de sombreamento de 45 graus.

A seguir na figura 6 adiante é apresentado um exemplo representativo dessa situação arquitetônica, com a admissão controlada de luz natural através de aberturas com placas verticais (brises verticais).



Figura 6 – Brises verticais numa janela. / Fonte: http://www.refax.com.br/brise/galeriadefotos_ter.html

Os dois tipos de elementos de controle solar analisados (10 placas horizontais; 10 placas verticais) antes apresentados nas figuras 3 e 5 possibilitam a proteção solar total da janela e otimizam a admissão de luz natural a partir da luz refletida nas placas em função da refletância das mesmas, sendo maior a refletância à radiação solar para as cores claras e menor para as cores escuras.

Cálculo do Fluxo Luminoso:

O fluxo luminoso analisado identifica quantitativamente a luz natural que atravessa a janela no modelo hemisfera oca com abertura, a partir de um relatório numérico de iluminâncias no plano do vidro externo gerado no Programa APOLUX.

Como a iluminância (E) é igual ao fluxo luminoso (Φ) dividido pela área (A), com os valores de iluminância identificado no plano externo da janela (num conjunto de pontos mapeadores de toda área da abertura), calcula-se o fluxo luminoso (Φ) em cada ponto de medição de iluminância, sendo igual a iluminância (E) multiplicada pela área, conforme a equação 1 adiante:

$$\Phi = E \cdot A \quad (1)$$

onde: Φ é o fluxo luminoso total admitido;

E é a iluminância no plano externo do vidro;

A é a área de contribuição de cada parcela da janela.

Logo, em função da área de contribuição de cada ponto da janela (área total da janela dividido pelo número de pontos mapeadores = 121), identifica-se o fluxo luminoso de cada parcela (ponto). O fluxo luminoso total admitido através da abertura é igual ao somatório dos fluxos luminosos parciais antes identificado.

Resultados

Os resultados aqui apresentados e analisados referem-se ao fluxo luminoso admitido, representativo da quantidade de luz que atravessou a janela após passar pelo efeito dos elementos de controle solar e pela transmitância do vidro (85%), permitindo comparar os dois tipos de elementos em função dos ângulos de altura e azimutes analisados e a variação de refletância.

Estes resultados do fluxo luminoso (lm) são adiante apresentados em tabelas comparativas para os tipos de elementos de controle solar (ECS) analisados quanto à influência da sua geometria e refletância.

Adiante na figura 7 é apresentada a incidência de fonte de luz natural (Sol) na janela de acordo com a altura e azimutes estudados.

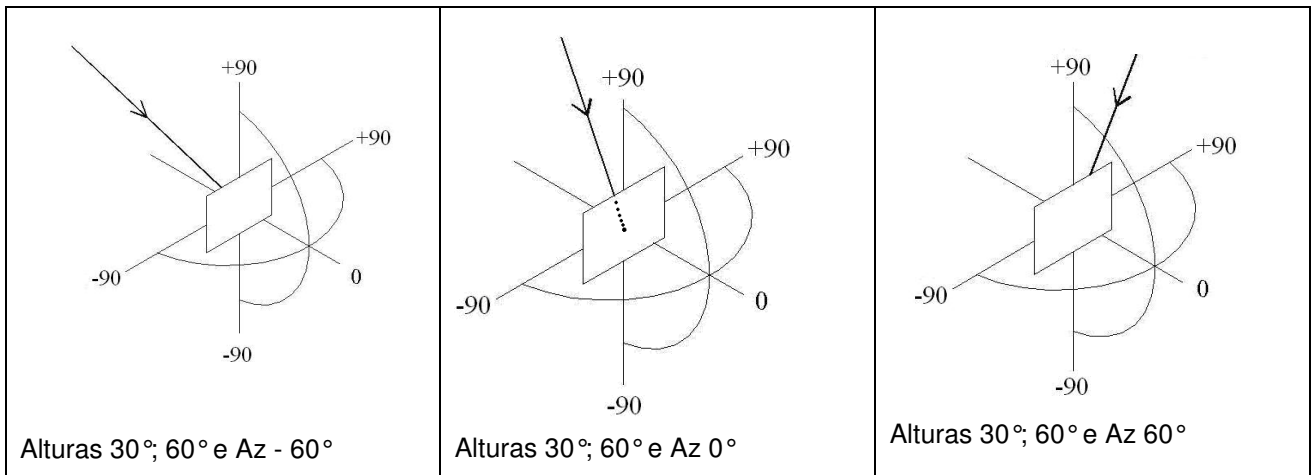


Figura 7 – Incidência de fonte de luz natural na janela segundo altura e azimute.

Adiante nas tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os resultados de fluxo luminoso para as situações comparativas de tipos de elementos de controle solar: 10 PH (30 e 60 graus de altura) e 10 PV.

Tabela 1 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso - lm) para tipo 10 PH de ECS com variação da refletância de 75% para 20%

Maior Refletância	10 PH - ALTURA 30° com AZIMUTES		
Refletância 75%	- 60°	0°	60°
Φ Adm (lm)	15.880	35.145	15.375
Menor Refletância	10 PH - ALTURA 30° com AZIMUTES		
Refletância 20%	- 60°	0°	60°
Φ Adm (lm)	5.704	10.473	5.646

Análise dos resultados:

Os resultados encontrados mostram a influência da reflexão da luz nas 10 placas horizontais do elemento de controle solar. Com refletância de 75%, os valores de luz natural admitida são maiores em 335,57 % que os de refletância 20% no azimute 0 grau e numa proporção menor nos azimutes 60 (+272,31 %) e - 60 graus (+278,4 %), pois, nestas duas últimas condições, a quantidade de luz potencialmente refletida é menor do que na situação do azimute 0 grau.

Tabela 2 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso - lm) para tipo 10 PH de ECS com variação da refletância de 75% para 20%

Maior Refletância	10 PH - ALTURA 60° com AZIMUTES		
Refletância 75%	- 60°	0°	60°
Φ Adm (lm)	23.560	50.783	24.654
Menor Refletância	10 PH - ALTURA 60° com AZIMUTES		
Refletância 20%	- 60°	0°	60°
Φ Adm (lm)	9.525	14.910	9.269

Análise dos resultados:

Os resultados encontrados mostram a influência da reflexão da luz nas 10 placas horizontais do elemento de controle solar. Com refletância de 75%, os valores de luz natural admitida são maiores em 340,59 % que os de refletância 20% no azimute 0 grau e numa proporção menor nos azimutes 60 (+265,98 %) e - 60 graus (+247,34 %), pois, nestas duas últimas condições, a quantidade de luz potencialmente refletida é menor do que na situação do azimute 0 grau.

Tabela 3 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso - lm) para tipo 10 PV de ECS com variação da refletância de 75% para 20%

Maior Refletância	10 PV - ALTURA 60°
Refletância 75%	AZIMUTE 60°
Φ Adm (lm)	13.675
Menor Refletância	10 PV - ALTURA 60°
Refletância 20%	AZIMUTE 60°
Φ Adm (lm)	5.532

Análise dos resultados:

Os resultados encontrados mostram a influência da reflexão da luz nas 10 placas verticais do elemento de controle solar. Com refletância de 75%, os valores de luz natural admitida são maiores em 247,19% que os de refletância 20% no azimute de 60 graus, representativo da reflexão da luz natural nas placas verticais para a abertura.

Conclusões

Foram analisados dois sistemas de controle solar de aberturas (do tipo 10 placas horizontais e de 10 placas verticais) no que se refere a variação da refletância das placas dos mesmos à radiação solar.

Dos métodos e procedimentos identificados na revisão de literatura, assim como pelo trabalho de simulação realizado, identificou-se que um dos caminhos possíveis para a adequada caracterização do comportamento luminoso das aberturas com obstruções como os elementos de controle solar é o de aprimoramento dos programas de simulação da luz natural, com uso de algoritmos que possam melhor representar a situação física real.

O programa de simulação APOLUX utilizado, assim como os outros programas atualmente existentes, consideram as superfícies opacas como perfeitamente difusoras da luz, sendo esta uma limitação dos modelos matemáticos que tratam do comportamento da luz, como o *ray-tracing* para reflexão especular e o da radiosidade para reflexão difusa. Esta situação de superfícies opacas difusoras é encontrada em parte das superfícies dos materiais, como no caso dos elementos de controle solar, espessura de parede e peitoril, considerados nos modelos de simulação adotados. Já para a representação do vidro da janela, o programa considera como uma superfície transmissora especular.

Os resultados antes analisados identificaram uma grande variação da admissão de luz quando da alteração da refletância das placas dos elementos de controle solar (10 PH; 10 PV), identificando um potencial a ser explorado quando da definição das cores dos brises de uma janela.

Referências Bibliográficas

- ANDERSEN, Marilynne, DE BOER, Jan. Goniophotometry and assessment of bidirecional photometric properties of complex fenestration systems. *Energy and Buildings*, Vol. 38, pp.836-848, 2006.
- BITTENCOURT, Leonardo. *Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos*. Maceió: EDUFAL, 1988.
- BOGO, Amílcar J. *Método para avaliação da admissão de luz natural através de aberturas com elementos de controle solar*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC. Universidade Federal de Santa Catarina – USC, Florianópolis, 2007.
- BOGO, Amílcar J., PEREIRA, Fernando O. R., CLARO, Anderson. *Análise comparativa do fluxo luminoso admitido e da transmitância em aberturas com elementos de controle solar de mesma máscara de sombra e configurações físicas diferentes*. ENCAC 2007. ANTAC. Ouro Preto/MG, 2007.
- CLARO, A., PEREIRA, F. O. R., AGUIAR, G. P. *Desenvolvimento do Protótipo do Software LuzSolar para Análise e Projeto de Iluminação Natural em Arquitetura e Urbanismo*. 1o Fórum de Pesquisa & Desenvolvimento da CELESC, Florianópolis/SC, 2003.
- DE BOER, Jan. *Modelling indoor illumination by complex fenestration systems based on bidirecional photometric data*. *Energy and Buildings*, Vol. 38, pp.849-868, 2006.
- IEA. International Energy Agency. *Measurement of luminous characteristics of daylighting materials*. A Report of IEA SHCP Task 21/ECBCS Annex29, 1999.

KESSEL, Jeffrey, SELKOWITZ, Steve. Integrating sphere measurements of directional-hemispherical transmittance of window systems. *Journal of IES*, October, 1984.

MCCLUNEY, R. Determining solar radiant heat gain of fenestration systems. *Passive Solar Journal*, Vol. 4, no. 4, pp 439-487, 1987.