

REFLEXÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM VIDROS E PELÍCULAS REFLETIVAS

Renata Castilho Gilio (1); Jorge Isaac Perén (1); Rosana M. Caram (2)

(1) Iniciação Científica Departamento de Arquitetura e Urbanismo, EESC – USP

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, EESC – USP

Av. Trabalhador Sancarlense, 400, São Carlos, SP Fone (16) 273-9311

E-mail: renata_gilio@yahoo.com.br, isaacperen@hotmail.com, rcaram@sc.usp.br

RESUMO

Este trabalho caracteriza opticamente vidros refletivos metalizados a vácuo e películas refletivas de controle solar. Como a incidência da radiação solar nas fachadas varia ao longo do dia, o trabalho evidencia não só a reflexão solar para a incidência normal, como também para ângulos variados. A partir destas informações pretende-se criar subsídios do ponto de vista do conforto ambiental, para a especificação de fachadas transparentes.

ABSTRACT

This work's goal is to optically characterize the transparent materials available in today's market, considering their reflection to sun's radiation. As sun's incidence on a building's facade varies with the hour of the day, this work shows not only the sun's reflection to the normal incidence, but also to varied angles. According to this information we intend to create a database for the specification of transparent facades, considering the ambient comfort.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido através de Iniciação Científica onde os autores puderam analisar as características óticas de alguns dos materiais transparentes lançados no mercado nas últimas duas décadas, com a finalidade de obter maior conforto ambiental nas edificações. O mercado tem proposto para utilização em fachadas, o emprego de superfícies transparentes refletivas. Buscando maiores informações a respeito do comportamento ótico destes materiais, este trabalho propõe-se a avaliar a reflexão para ângulos de incidência variados, em dois tipos de soluções largamente adotadas: os vidros metalizados a vácuo e películas de controle solar. A idéia de se analisar a incidência da radiação solar para ângulos de incidência variados, vem do fato de que a caracterização das propriedades óticas tem sido normalmente abordada apenas do ponto de vista da incidência normal à superfície.

Para a análise dos resultados obtidos parte-se do pressuposto de que o material ideal para climas mais quentes (como ocorre em grande parte de nosso país) seria aquele capaz de admitir a passagem da luz visível, e, ao mesmo tempo, refletir o infravermelho-próximo, conforme ilustra a Figura 1.

Os vidros refletivos normalmente são especificados na fase de elaboração do projeto, mas o mesmo não ocorre quando da especificação das películas. Estas são utilizadas, na maioria das vezes quando é necessário fazer um *retrofit* na edificação, quer seja para controlar uma penetração excessiva de luz no ambiente, quer para tentar minimizar o ganho de calor proveniente da radiação solar que incide na fachada (CARAM, 1998).

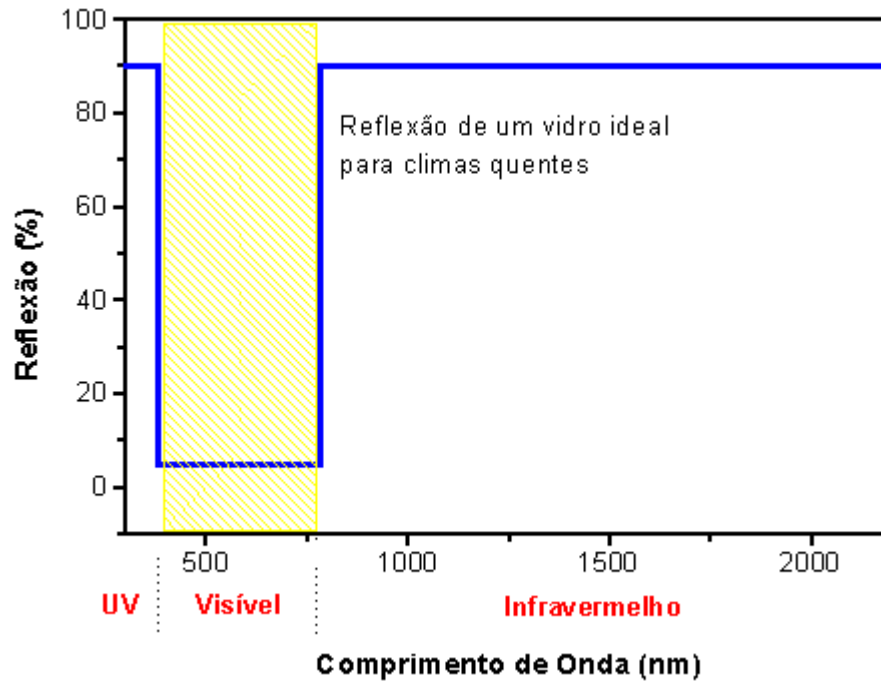


Figura 1. Curva de Reflexão desejável para um vidro ideal em regiões de clima quente

Os resultados fornecerão subsídios e indicativos para o emprego apropriado destas superfícies transparentes, quando de sua especificação. É interessante destacar que resultados acerca de reflexão são inéditos na literatura nacional específica, pois os catálogos técnicos trazem dados apenas sobre a transmissão, e ainda assim, usualmente apenas para a região da luz visível.

2. OBJETIVOS

O objetivo é avaliar qual o comportamento ótico de materiais transparentes refletivos, no caso, vidros metalizados a vácuo e películas refletivas. Objetiva-se conhecer os coeficientes de reflexão para estes dois tipos de materiais, e compará-los em termos de suas reflexões devido a radiação incidente ao longo do dia.

3. METODOLOGIA

O equipamento utilizado para a obtenção dos coeficientes de reflexão dos vidros é um espectrofotômetro Cary 17. Além deste, foi utilizado um acessório que permite variar o ângulo de incidência de 0° a 80° , simulando a incidência solar na fachada ao longo do dia. O acessório foi desenvolvido por Joaquim Pizzutti, Doutorando do Programa Interunidades USP, São Carlos (PIZZUTTI, 2000).

As medidas foram realizadas entre 300 e 2000 nanômetros (nm), resultando em gráficos com valores de porcentagem de reflexão para cada comprimento de onda. Através de integração das áreas sobre a curva, resultam os coeficientes de reflexão dos materiais, tanto para o espectro total ou para parcelas definidas dele, como ultravioleta, luz visível e infravermelho. Os dados obtidos são então processados num programa gráfico. Vale lembrar que são formuladas nove tabelas – uma para cada ângulo de incidência do feixe de luz, de 0° a 80° - para cada amostra de vidro/película estudada. Estes dados são posteriormente organizados de forma a ilustrar a variação da porcentagem de reflexão da luz solar, em cada amostra, de acordo com o comprimento de onda e o ângulo de incidência do feixe de luz.

Quanto aos materiais ensaiados, estes consistem em películas de controle solar refletivas e vidros refletivos metalizados a vácuo. Portanto, todos com tratamentos refletivos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

São discutidos neste item os resultados de medições realizadas para vidros refletivos a vácuo e películas refletivas. A Figura 2 ilustra as curvas de transmissão e reflexão para um vidro simples incolor, para ângulos de incidências variados (ASHRAE, 1997). Estas curvas representam qual a porcentagem da radiação solar que é refletida e/ou transmitida em função do ângulo de incidência desta. Observa-se através da Figura que para ângulos de incidência maiores que 60° a transmissão começa a diminuir rapidamente, enquanto a reflexão aumenta aproximadamente na mesma proporção. Porém, esta curva é típica para vidros incolores. Para vidros refletivos e películas refletivas não foram encontradas na literatura pertinente (GRANQVIST,1991; PFROMMER, 1995), curvas típicas que sintetizassem este tipo de informação: transmissão e/ou reflexão em função do ângulo de incidência. Com os resultados desta pesquisa, tornou-se possível apresentar então, curvas de reflexão para ângulos de incidência variados para os materiais já citados. O objetivo é poder comparar estes resultados aos divulgados pela literatura corrente (ASHRAE, 1997).

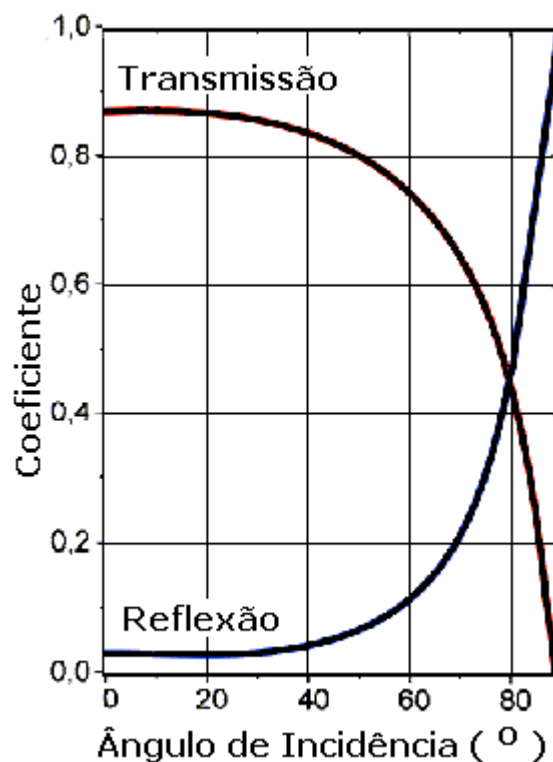


Figura 2 Curvas de reflexão e transmissão em função do ângulo de incidência para o vidro incolor.

Os resultados apresentados na Figura 3 consistem na média das reflexões obtidas para os vidros refletivos metalizados a vácuo e películas refletivas ensaiadas, onde todos os ensaios foram realizados em função do ângulo de incidência. Portanto estas seriam as curvas de reflexão típicas para estes materiais.

A Figura 3 compara a reflexão que ocorre em um vidro incolor com a de películas e vidros refletivos. Observa-se que a tendência em aumentar significativamente a reflexão a partir de 60° está presente também nestas superfícies transparentes refletivas. No entanto pode ser observado que os coeficientes de reflexão para as películas (refletivas) é significativamente maior que o dos vidros refletivos. Tal fato significa que para um mesmo ângulo de incidência, a película reflete muito mais que o vidro metalizado a vácuo, fazendo com que menos energia solar penetre no ambiente. Podendo portanto afirmar-se que as películas “refletem” mais que os vidros, mesmo tendo ambos a denominação de refletivos.

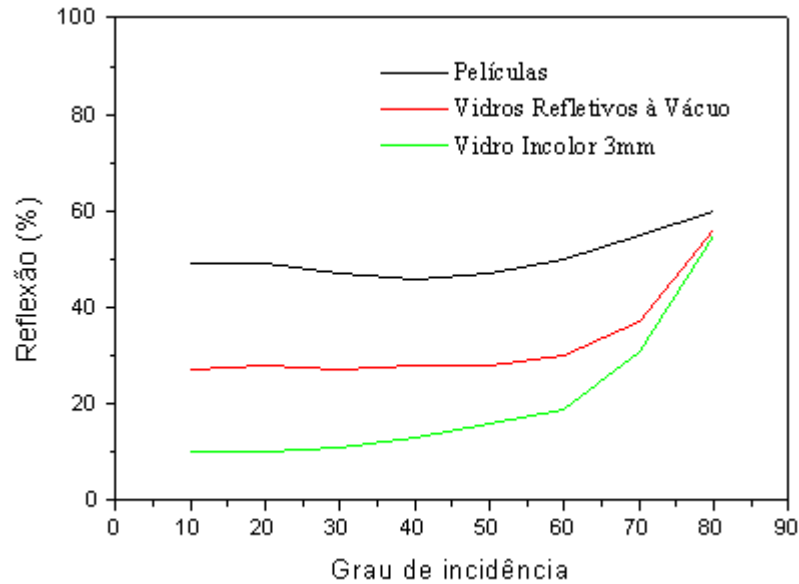


Figura 3. Gráficos de Reflexão: Películas Refletivas, Vidro Incolor e Vidros Refletivos a Vácuo.

A reflexão que ocorre para as películas a 60° de incidência, por exemplo, é de aproximadamente 45%, contra 24% nos vidros refletivos. Como era de se esperar, à medida que o ângulo de incidência aumenta, aproximadamente em 70° e 80°, a reflexão aumenta para qualquer tipo de superfície transparente, quer com tratamento refletivo ou não. Portanto para incidências da radiação solar acima de 70°, não faz tanta diferença se o material transparente utilizado é um vidro ou uma película. Porém para incidências até 60° a reflexão para a película é bem maior, implicando como decorrência, numa menor transmissão de energia solar.

Observa-se também através da Figura 3, que para incidências até 50° a reflexão da radiação incidente não se altera muito, pois é quase constante, mesmo para superfícies refletivas como os vidros e as películas. Os coeficientes de reflexão se mantêm, para cada material isoladamente, muito próximos para ângulos entre 0° e 50°.

Tabela 1. Reflexão relativa ao Vidro Incolor 3mm

Ângulo de incidência	REFLEXÃO (%)			
	Intervalo do espectro solar			
	UV	Visível	Infravermelho	TOTAL
10	10%	11%	10%	10%
20	7%	10%	10%	10%
30	12 %	12%	10%	11%
40	14%	11%	13%	13%
50	15%	15%	16%	16%
60	19%	16%	20%	19%
70	31%	26%	32%	31%
80	56%	52%	56%	55%

A Tabela 1 apresenta dados numéricos sobre a reflexão que ocorre para o vidro incolor 3mm para ângulos de incidência variando de 10° a 80°. Os resultados estão dispostos para cada região do espectro solar: ultravioleta, visível e infravermelho. Pode-se notar que o vidro incolor apresenta um comportamento quase uniforme para cada ângulo de incidência, principalmente até 50°, refletindo a

luz ultravioleta, visível e infravermelha. O vidro incolor é uma referência, já que é ele uns dos vidros mais comuns encontrados no mercado.

As Tabela 2 e 3 mostram respectivamente os resultados de reflexão em função do ângulo de incidência para as películas refletivas e vidros refletivos, considerando uma média de várias cores.

Tabela 2. Reflexão relativa as Películas Refletivas

Ângulo de incidência	PORCENTAGEM REFLEXÃO			
	Intervalo do espectro solar			
	UV	Visível	Infravermelho	TOTAL
10	33%	26%	58%	49%
20	22%	26%	59%	59%
30	28%	27%	57%	49%
40	38%	29%	58%	50%
50	38%	27%	54%	47%
60	58%	38%	61%	56%
70	66%	44%	62%	58%
80	61%	54%	65%	62%

Tabela 3. Reflexão relativa aos Vidros Refletivos Metalizados a Vácuo

Ângulo de incidência	REFLEXÃO(%)			
	Intervalo do espectro solar			
	UV	Visível	Infravermelho	TOTAL
10	43%	25%	24%	25%
20	33%	20%	24%	24%
30	33%	23%	23%	24%
40	33%	21%	25%	25%
50	19%	22%	24%	23%
60	34%	21%	28%	26%
70	37%	31%	35%	34%
80	63%	57%	54%	56%

5. CONCLUSÕES

De uma forma genérica, as películas refletivas de controle solar apresentam reflexão superior ao dos vidros refletivos metalizados a vácuo. Como decorrência, são menos transparentes a radiação solar que os vidros metalizados a vácuo. Pode-se considerar que admitem uma fração menor da radiação solar para o interior do ambiente, considerando que refletem mais a energia incidente.

Mesmo para superfícies com tratamentos refletivos, como é o caso das películas e vidros apresentados aqui, a reflexão começa a aumentar significativamente somente após a incidência a 50°.

Quanto à reflexão por região espectral, conforme pode ser observado nas tabelas, pode-se afirmar que: tanto para as películas refletivas quanto para os vidros refletivos, as reflexões que ocorrem para o

ultravioleta e luz visível são aproximadamente semelhantes. Porém, para o infravermelho próximo, as películas apresentam uma reflexão muito maior que os vidros refletivos. Sendo portanto mais indicadas quando se deseja evitar o ganho de calor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE (1997) Fundamentals Handbook Chapter 27 Fenestration.

CARAM de ASSIS, R.M. (1998) “*Caracterização Ótica de Materiais Transparentes e sua Relação com o Conforto Ambiental em Edificações*”. Tese Doutorado, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, SP, 165p.

GRANQVIST, C.G. (1991) Materials Science for Solar Energy Conversion Systems Renewable Energy Series. 1st ed. Pergamon Press, Great Britain.

PFROMMER, P.; LOMAS K.J.; SEALE, C.; KUPKE C. (1995) The Radiation Transfer Through Coated and Tinted Glazing - *Solar Energy*, Vol. 54, No 5, pp 287-299.

PIZZUTTI, JOAQUIM C.; SICHIERI, EDUVALDO; CARAM, ROSANA M.; SIU LI, MÁXIMO; FELIPPE, LUCIANO L.; (2000) Materiais Transparentes na Construção Civil: Um Método Experimental para Determinação do Coeficiente de Reflexão da Radiação Solar; In: NUTAU 2000, São Paulo.