



## USO DE POLICARBONATOS EM FACHADAS: ISOLAMENTO E EFEITO ESTUFA

L C Labaki<sup>(1)</sup>; R M Caram<sup>(2)</sup> & E P Sichieri<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil

Departamento de Construção Civil

CP 6021, 13083-970, Campinas/SP

Tel (019) 788 2384, Fax (019) 788 2411

E-mail: [lucila@fec.unicamp.br](mailto:lucila@fec.unicamp.br)

<sup>(2)</sup>Departamento de Arquitetura e Urbanismo, EESC – USP, São Carlos.

E-mail: [carassis@sc.usp.br](mailto:carassis@sc.usp.br)

*RESUMO O trabalho apresenta uma discussão sobre o desempenho térmico proporcionado por vidros e policarbonatos, materiais usualmente empregados em fachadas de edificações. Através da análise de características óticas destes materiais, do infravermelho intermediário até o longínquo, no intervalo de comprimentos de onda de 2 500 nm a 25 000 nm, observa-se que não somente o vidro, mas também o policarbonato é opaco à radiação eletromagnética. Em particular, no intervalo de 7 000 a 13 000nm, normalmente utilizado como referência para o infravermelho presente no meio ambiente, a transmissão é zero. Conclui-se, portanto, que o chamado efeito estufa está presente também com o emprego de policarbonatos em fachadas de edificações, devendo a utilização desses materiais ser adotada com critério pelos projetistas, tendo em vista o conforto térmico no ambiente construído.*

*ABSTRACT This work discusses the thermal performance of glasses and polycarbonates, materials that are frequently used in building façades. Through the analysis of optical characteristics of such materials, from the intermediate to the far infrared radiation, in the wavelength range from 2 500 to 25 000 nm, it is observed that glasses and polycarbonates are opaque to electromagnetic radiation. Especially in the range from 7 000 to 13 000 nm, usually taken as reference for environmental infrared radiation, the radiation transmission is zero. Therefore, it can be concluded that polycarbonates similarly to glasses produce the so-called greenhouse effect. Projects*

*employing these materials should take that fact into account in order to achieve thermal comfort in the built environment.*

## **1 Introdução**

O uso de materiais transparentes em fachadas de edificações, adotado sem o necessário cuidado com o ingresso de energia solar no ambiente interno, tem se revelado nas últimas décadas um dos grandes causadores de desconforto térmico, principalmente em climas quentes como o do Brasil, como também de consumo excessivo de energia para refrigeração e condicionamento do ar. Os materiais transparentes se caracterizam por seu comportamento específico em relação à radiação solar, ou radiação de onda curta: transmitida pelos vidros, a radiação penetra nos ambientes, é absorvida nas superfícies internas, provocando uma elevação de sua temperatura e a conseqüente emissão de radiação de onda longa, para a qual o vidro é opaco (Givoni, 1976). Esse efeito, conhecido como efeito estufa, implica diretamente num significativo acúmulo de densidade de energia térmica no interior das edificações. O efeito térmico das superfícies envidraçadas depende fortemente das propriedades espectrais dos vidros que as compõem: dependendo da cor e do tipo de vidro, a transmissão ocorre em diferentes proporções nas regiões do espectro solar – ultravioleta, visível e infravermelho próximo (Labaki et al., 1995). Recentemente têm sido introduzidos no mercado novos tipos de vidros, bem como películas de controle solar e outros materiais transparentes, como os policarbonatos.

Em comparação com os vidros, os policarbonatos constituem um material de envidraçamento praticamente inquebrável. Sua grande resistência ao impacto proporciona eficaz proteção contra roubos, vandalismo, quedas ocasionais de objetos ou pessoas por impacto. Segundo os fabricantes, o policarbonato é cerca de 250 vezes mais resistente que o vidro (GE Plastics, s/d). Aliada a essas vantagens, o policarbonato propicia ainda uma liberdade projetual no que diz respeito ao desenho arquitetônico das edificações, por permitir que seja curvado a frio, característica esta não pertinente ao vidro. A chapa de policarbonato chega plana na obra e se "conforma" sobre as estruturas da edificação.

## **2 Transparência à radiação solar de vidros e policarbonatos**

Resultados anteriores (Tabela 1), obtidos para o policarbonato incolor, verde, bronze, cinza e azul, sobre sua transparência à radiação solar (Caram, 1998), mostram que todos apresentam opacidade completa à região ultravioleta do espectro. Esta região é a mais importante quando se trata de especificação de fachadas para museus, acervos, ateliês, bibliotecas e vitrines de forma geral. Não há diferença, portanto, se o projetista opta por um policarbonato incolor ou de qualquer uma das cores oferecidas quando se trata de evitar a penetração do ultravioleta no ambiente.

Tabela I. Transmissão da radiação nos intervalos do ultravioleta, visível e infravermelho.

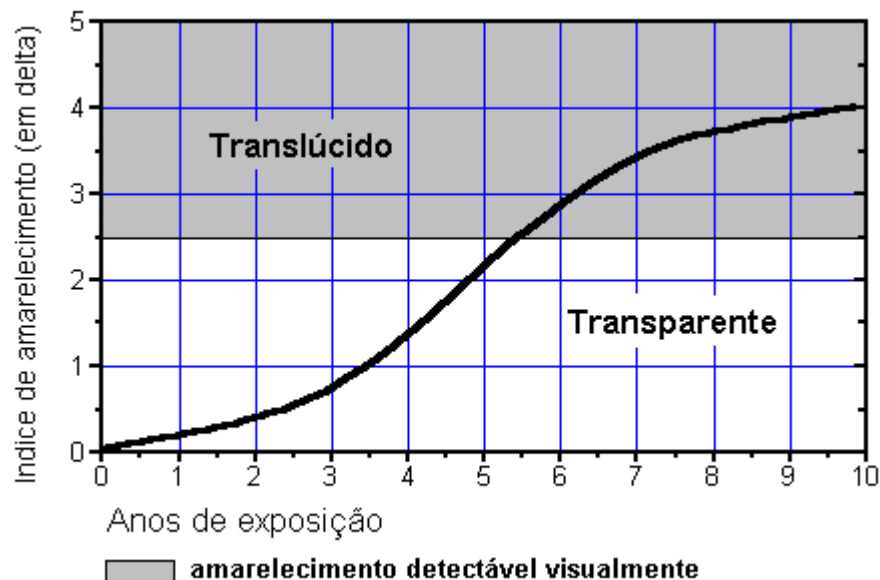
Amostras	Transmissão relativa ao intervalo característico (%)			Transmissão Total da Amostra
	ultra-V	Visível	infra-V	(%)
<b>Polic. Incolor</b>	0	84	85	67
<b>Vidro Incolor</b>	38	86	70	72
<b>Polic. Verde</b>	0	67	81	63
<b>Vidro Verde</b>	16	68	40	45
<b>Polic. Bronze</b>	0	49	66	51
<b>Vidro Bronze</b>	11	49	54	52
<b>Polic. Cinza</b>	0	28	56	41
<b>Vidro Cinza</b>	12	46	43	42
<b>Polic. Azul</b>	0	69	84	64

Fonte: Caram, 1998

No entanto, há diferença no que diz respeito à reprodutibilidade das cores do que está sendo exposto no recinto no caso de se tratar de vitrines, museus ou outra atividade em que a reprodução das cores seja importante. Este aspecto é relevante principalmente se a cor do policarbonato escolhido for escura como o bronze ou o cinza, sendo este último o que possui a menor transparência ao visível (28%), seguido justamente pelo de cor bronze (49%).

As chapas de policarbonato utilizadas na construção civil recebem um tratamento especial concebido para evitar oxidação das moléculas por efeito da radiação ultravioleta, Esse tratamento protege os envidraçados contra o amarelecimento. Mesmo com esse recurso de inserção de aditivos, a alteração na coloração do material é inevitável, acarretando perda de transmissão luminosa, além de possibilitar a existência de fachadas com diferentes tonalidades e transparências, na mesma edificação, dependendo da orientação das mesmas.

Ensaio realizado pela GE, uma das fabricantes do material com grande inserção no mundo todo (GE Plastics, s/d), com o objetivo de analisar a resistência do policarbonato a intempéries, mostram que, passados cinco anos, o índice de amarelecimento detectável visualmente levaria o policarbonato, anteriormente transparente, a ser caracterizado como translúcido. A figura 1 ilustra o efeito de amarelecimento do policarbonato, em função do tempo de exposição solar decorrido. O índice de amarelecimento é representado através de um coeficiente, delta, que varia de 1 a 5.



**Fig.1 Índice de amarelecimento de policarbonatos.**

Fonte: Manual Técnico da GE, s/d.

Para a região do infravermelho, quando se considera a transmissão no intervalo de 780nm a 2200nm, os percentuais variam de 46 a 67%, e quando se considera até 1500nm, os percentuais variam de 56 a 85%. De qualquer forma estes percentuais mostram elevada transparência ao infravermelho, principalmente quando se considera o intervalo até 1500nm, que é o mais relevante em termos da energia que chega na superfície.

Quando se compara os policarbonatos aos vidros floats, observa-se que a transmissão na região do infravermelho nos policarbonatos é bem maior (Caram, 1998). Através dos dados da Tabela 1, observa-se que para o policarbonato incolor a transmissão é de 85%, e para o vidro incolor de 70%. O policarbonato cinza transmite 56%, contra 43% do vidro de mesma coloração. No caso do policarbonato bronze são 66% contra 54% do vidro. Finalmente, o policarbonato verde transmite 81% e o vidro verde 28%.

O exemplo que melhor mostra o erro que se pode cometer ao supor que estes materiais apresentariam desempenho térmico semelhante numa edificação é a comparação da transmissão no infravermelho para o policarbonato e o vidro verdes. O primeiro transmite 81% do infravermelho incidente. Já o vidro verde comum apresenta uma boa atenuação nessa faixa no espectro, transmitindo 40%.

Catálogos de policarbonatos ressaltam o fato desse material ser melhor isolante térmico que o vidro. Realmente, a condutividade térmica do policarbonato é bem menor que a do vidro, cerca de 0,21 W/mK (GE Plastics, s/d) contra 1,2 W/mK (Rivero, 1985). Então, a transmissão de calor por condução é menor. No entanto, a eficiência dos materiais transparentes com relação à proteção solar deve ser medida não somente através do fato do material ser isolante térmico e sim, da sua capacidade de transmitir, absorver ou refletir o fluxo da energia solar incidente principalmente na região do infravermelho, quando o que se pretende é minimizar o ganho de calor solar.

Uma baixa condutividade térmica em materiais transparentes é bastante relevante quando se pretende o isolamento térmico em ambientes calafetados, onde o ar

encontra-se aquecido e não se deseja a perda de calor para o exterior. Neste caso, o uso de policarbonato é adequado, principalmente com caixilhos duplos.

### **3 Comportamento em relação à radiação de onda longa**

Além das informações sobre a transmissão espectral dos materiais transparentes à radiação solar, é fundamental o conhecimento do comportamento dos mesmos em relação à radiação de onda longa. O infravermelho longínquo varia de 5 000 nm a  $10^6$  nm. (ANSI/IES, 1986), porém a região correspondente ao infravermelho ambiente vai de 7 000 a 13 000 nm. Essa é, portanto, a região de interesse para o estudo do desempenho térmico de edificações. É fato conhecido que o vidro é opaco à radiação de onda longa. Em relação aos policarbonatos, porém, há informações desconhecidas. Provavelmente pelo fato de ser um plástico, e alguns tipos de plásticos serem transparentes a essa radiação, encontra-se na literatura afirmações sobre a alta transparência de policarbonatos à radiação de onda longa, não ocorrendo, portanto, com esses materiais, o efeito estufa (Lamberts et al., 1997).

O objetivo desse trabalho é a análise das características dos policarbonatos em relação à sua interação com a radiação de onda longa.

### **4 Materiais e Métodos**

A análise ótica foi realizada utilizando-se um espectrofotômetro IR Bomem, o qual permite varrer o espectro de radiação eletromagnética no intervalo de 2 500 a 25 000nm. As amostras foram ensaiadas neste intervalo, mas com destaque para a região compreendida entre 7 000 e 13 000nm, a qual corresponde ao infravermelho longo relativo ao ambiente.

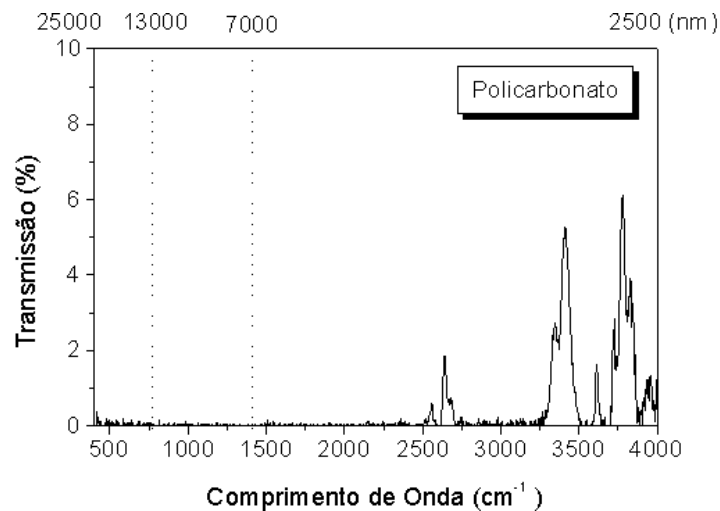
Foram analisados o policarbonato cristal (plano) de 4 mm de espessura e o policarbonato alveolar. Como referência foi analisado também o vidro plano de 4mm. A análise espectrofotométrica contempla então estes dois materiais, vidro e policarbonato, na região do infravermelho, do intermediário ao longo.

O policarbonato alveolar é constituído de duas lâminas delgadas e um espaço de ar entre elas. A amostra ensaiada consistia apenas de uma destas lâminas. Portanto, na prática a opacidade verificada seria ainda maior. Seu estudo teve como objetivo verificar o efeito da espessura na transmissão da radiação infravermelha longa.

### **5 Resultados**

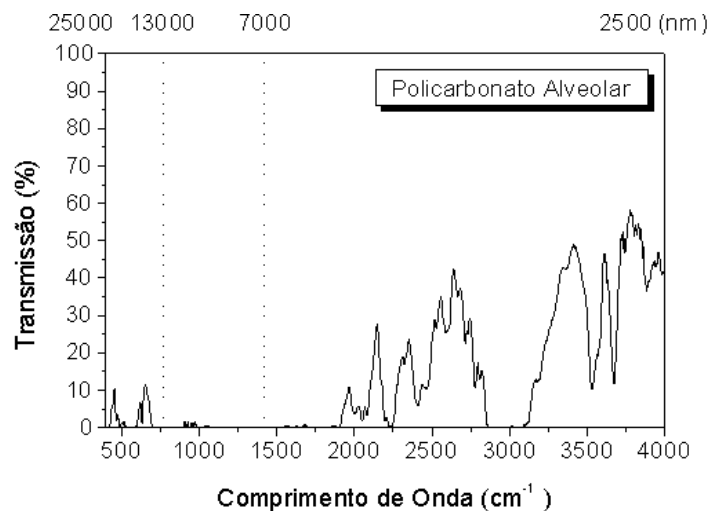
Os resultados obtidos são apresentados nas figuras de 2 a 4, referentes respectivamente ao policarbonato plano, alveolar e ao vidro. A escala horizontal inferior corresponde ao comprimento de onda em  $\text{cm}^{-1}$ , e a superior em nanômetros. Nos gráficos apresentados devem ser observadas com maior detalhe as regiões do espectro localizadas entre 7 000 e 13 000nm, correspondente ao infravermelho ambiente.

Os gráficos mostram claramente que tanto o policarbonato plano como o alveolar são totalmente opacos ao infravermelho longo, assim como o vidro. A transmissão apresentada para os três materiais é de 0%. São, portanto, totalmente opacos à região entre 7 000 nm e 13 000 nm. Assim, todos estes materiais produzem o efeito estufa.



**Fig. 2** Curva de transmissão espectral do policarbonato plano ao infravermelho longo (7 000 a 13 000 nm).

É importante observar que a transmissão espectral para o policarbonato plano é apresentada em porcentagem, numa escala que vai até 10%.



**Fig. 3** Curva de transmissão espectral do Policarbonato alveolar ao infravermelho longo (7 000-13 000nm).

Observa-se do gráfico que a opacidade do policarbonato ao infravermelho independe da espessura, pois, mesmo sendo a escala da transmissão espectral até 100%, na região de interesse para o ambiente construído a transmissão é zero.

O vidro foi analisado nesse estudo como uma referência, pois é fato amplamente conhecido o efeito estufa provocado pelo mesmo. É interessante, porém, observar-se experimentalmente sua opacidade ao infravermelho longo. O vidro transmite mais do que o policarbonato na região entre 2 500 e 4 000 nm, porém é totalmente opaco no intervalo correspondente à radiação térmica emitida pelos corpos a temperatura ambiente.

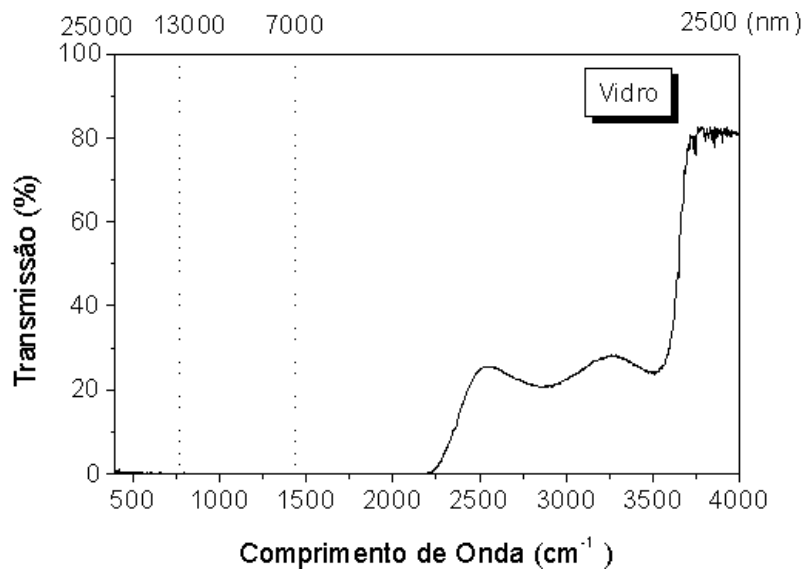


Fig.4 Curva de transmissão espectral do vidro plano ao infravermelho longo (7 000-13 000 nm).

## 6 Conclusões

Conclui-se, portanto, que o chamado efeito estufa está presente não só com os vidros, mas também com o emprego de policarbonatos em fachadas de edificações. Sua utilização deve, portanto, ser adotada com critério pelos projetistas, tendo em vista o conforto térmico no ambiente construído e a eficiência energética nas edificações.

## 7 Referências Bibliográficas

ANSI/IES (1986) American National Standard – Nomenclature and definitions for illuminating engineering, New York

Caram, R. M. (1998): Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações, Tese de doutorado, UNICAMP, Campinas, pp. 86-88

GE PLASTICS (s/d) Manual técnico (não paginado)

Givoni, B., (1976): *Man, climate and architecture*, Elsevier, London

Labaki, L. C, Caram, R. M.e Sichieri, E.P., (1995): Os vidros e o conforto ambiental. In: III Encontro Nacional/ I Encontro Latino Americano- Conforto no Ambiente Construído. - Gramado/RS, 1995. Anais. São Paulo. p. 215-220.

Lamberts, R., Dutra, L. e Pereira, F. O. R., (1997): *Eficiência energética na arquitetura*, PW Editores, São Paulo, p. 70

Rivero, R., (1085): *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*, D.C. Luzzatto, Ed., Porto Alegre, p. 177