



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

CARACTERIZAÇÃO DA TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM VIDROS TRANSLÚCIDOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Paula Sardeiro (1); Rosana Caram (2)

(1) Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Maringá, Brasil – e-mail: pssvanderlei@uem.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: rcaram@sc.usp.br

RESUMO

O processo de fabricação dos vidros, no final do século XX e início do XXI, apresentaram uma evolução tecnológica significativa: os tratamentos superficiais, as dimensões e a aparência. Originou assim, uma diversificada quantidade de materiais transparentes e, em decorrência, surgiram os materiais translúcidos no mercado. Aí nasce o grande desafio do arquiteto: equilibrar a estética, a função e o conforto ambiental, buscando uma composição de projeto racional e harmoniosa. Em virtude desses fatos, no trabalho é realizada a caracterização da transmissão da radiação solar por meio de vidros translúcidos utilizados nas fachadas das edificações. São estudados os vidros impressos mais comercializados no mercado brasileiro. Analisa-se o comportamento ótico destes materiais nos diferentes intervalos do espectro solar (ultravioleta, visível e infravermelho) e seu desempenho no tocante ao conforto térmico e luminoso na edificação. Para isso, é utilizada a técnica da espectrofotometria para a análise da transmissão espectral dos materiais. Os resultados mostram a baixa transmissão dos vidros translúcidos em todo espectro estudado. E fornece dados relevantes para facilitar a correta especificação destes materiais nas edificações, levando em consideração o conforto ambiental.

Palavras-chave: conforto ambiental; materiais translúcidos; transmissão espectral.

1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação dos vidros, no final do século XX e início do XXI, apresentou uma evolução tecnológica significativa: os tratamentos superficiais, as dimensões e a aparência. Originou assim, uma diversificada quantidade de materiais transparentes e, em decorrência, surgiram os materiais translúcidos no mercado. O vidro serigrafado é uma dessas novidades que ganham espaço no Brasil, seguindo tendência há algum tempo registrada no exterior.

Essa variedade de materiais ocasionou também uma alteração nos conceitos de projeto. Muitas vezes, uma arquitetura que transporte ao estilo contemporâneo ou "*high tech*" tem que apresentar uma fachada de vidro, consequentemente, aumenta a responsabilidade do profissional encarregado de especificar esse material. Aí nasce o grande desafio do arquiteto: equilibrar a estética, a função e o conforto ambiental, buscando uma composição de projeto racional e harmoniosa.

O uso excessivo do vidro nas edificações, sem uma preocupação simultânea com elementos de proteção, orientação ou tipo adequado, registrou um ícone na arquitetura das edificações pós segunda guerra mundial. A interação entre a edificação e o clima foi relegada a segundo plano, em virtude de se ter energia em abundância e a um custo irrisório, ocasionando edificações completamente dependentes dos sistemas convencionais de energia, para se ter condições mínimas de habitabilidade na questão de conforto térmico para seus usuários.

A primeira crise de energia produzida pelo grande aumento do preço do petróleo, em 1973, fez retomar o pensamento em se criar uma edificação integrada ao clima local, uma arquitetura voltada ao meio ambiente, que possa liberar-se da dependência do consumo excessivo de energia. E também, a partir da década de 90, começa nova preocupação no meio de arquitetos e projetistas: difundir uma arquitetura sustentável, que possua, entre outros objetivos, a integração da edificação ao meio. Consiste em um novo conceito de edificação, que funcione de maneira otimizada, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as futuras gerações.

1.1 Radiação solar

A radiação solar ou radiação eletromagnética é a radiação emitida pelo Sol com comprimentos de onda que variam de 290nm a 2500nm, denominada radiação de onda curta. Devido aos vapores de água e aos dióxidos de carbono (CO₂), parte da radiação, na região do infravermelho, é absorvida, e a camada de ozônio barra praticamente toda a radiação ultravioleta, resultando em pouca radiação abaixo de 300nm que consegue alcançar à superfície da Terra. De acordo com Cheremisinoff e Regino (1974), essas proporções são de 1 a 5% ultravioleta; 41 a 45% de visível; e 52 a 60% de infravermelho.

A radiação solar compreende um espectro constituído pelo ultravioleta (290 a 380nm), visível (380 a 780nm) e infravermelho (780 a 2500nm). Cada um desses intervalos de onda, quando incidem sobre uma superfície transparente ou translúcida, são absorvidos, refletidos e transmitidos em porcentagens distintas.

1.1.1 Radiação ultravioleta

A região do espectro denominada de ultravioleta possui comprimento de onda de 100 a 400nm, porém os comprimentos de ondas que alcançam à superfície da Terra situam-se entre 290 a 380nm. Os valores de 100 a 290nm não conseguem chegar a essa superfície, porque são absorvidos pela camada de ozônio existente na atmosfera. A região do ultravioleta é dividida em três partes:

- ultravioleta A (UVA), de 400 a 315nm;
- ultravioleta B (UVB), de 315 a 280nm;
- ultravioleta C (UVC), de 280 a 100nm.

Analisando o comportamento ótico das superfícies translúcidas, pode-se selecioná-las de acordo com a necessidade do local. Quando não se deseja a presença da radiação ultravioleta no ambiente interno de uma edificação, recomenda-se o uso do vidro laminado, do policarbonato, ou a utilização de películas específicas, que podem ser colocadas em vidros comuns, mas não se recomenda a aplicação desta

última em policarbonatos, devido à incompatibilidade dos coeficientes de dilatação. Estes materiais citados barram o ultravioleta de maneira eficaz. (Gráfico 1)

1.1.2 Radiação visível

O espectro visível está compreendido de 380 a 780nm e corresponde à luz visível, a única determinante no grau de iluminação natural de um ambiente. A luz visível carrega energia suficiente para estimular reações químicas nos olhos, permitindo o funcionamento do sistema da visão. Este comprimento de onda segue a sequência: violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho, mas o sistema visual humano possui maior eficácia no comprimento de onda que corresponde às cores, verde e amarelo.

Quando se parte para a especificação de uma superfície translúcida em uma edificação localizada numa região de clima tropical, a maior preocupação é em termos de se obter uma boa luminosidade e um baixo ganho térmico, buscando sempre, um material que permita a passagem deste comprimento de onda e barre o infravermelho.

1.1.3 Radiação infravermelha

O infravermelho, invisível ao sistema da visão, mas percebido na forma de calor, é dividido em três faixas: infravermelhos de ondas curtas ou infravermelho próximo, com comprimento de onda entre 780 a 1400nm; infravermelhos de ondas médias de 1400 a 3000nm e, por fim, o infravermelho de ondas longas, que são radiações resultantes de corpos aquecidos, cujos comprimentos de onda são maiores que 5000nm.

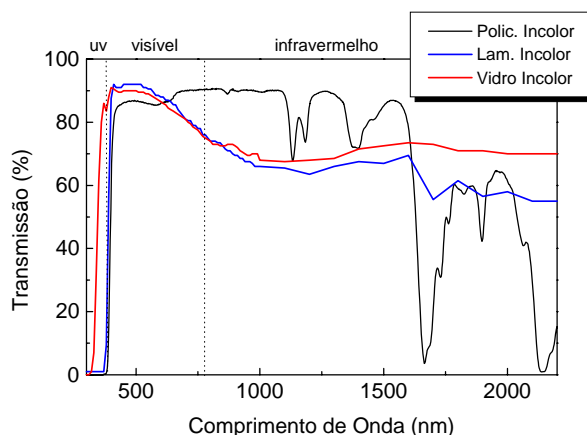


Gráfico 1 - Curvas de transmissão espectral do policarbonato, vidro e laminado, todos incolores (CARAM, 1998)

1.2 Propriedades óticas

No momento em que a radiação solar atinge uma superfície translúcida, parte é transmitida diretamente para o interior, parte é absorvida por esta superfície e parte é refletida para o exterior (Figura 1). A interação da reflexão, transmissão e absorção para todos os materiais é dada pela relação:

$$\text{Radiação incidente total} = \text{transmissão} + \text{reflexão} + \text{absorção}$$

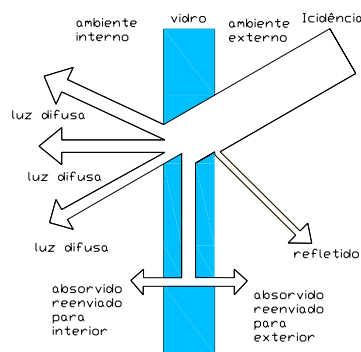


Figura 1 – Esquema da transmissão da radiação em um material translúcido. (SARDEIRO, 2007)

1.2.1 Transmissão

A transmissão espectral depende da composição química do material, de sua cor, da absorção ótica dentro do material, do ângulo de incidência, e Bamford (1984) complementa: e também das características superficiais onde está incidindo a radiação.

1.2.2 Reflexão

A reflexão depende basicamente do ângulo de incidência e do índice de refração do material. Normalmente, os vidros comumente empregados na construção civil têm índice de refração igual a 1,5 ($n=1,5$). A medida que aumenta o ângulo de incidência em relação à normal, aumenta a reflexão da radiação. E Santos (2002) salienta que “*o aumento da reflexão acarreta uma diminuição progressiva da transmissão na mesma proporção. A absorção mantém-se quase inalterada, devido ao maior trajeto dentro do material ser compensado pela diminuição de intensidade da radiação que entra no material, causado pelo aumento no valor da primeira reflexão*”.

1.2.3 Absorção

Uma parte da radiação, ao incidir em uma superfície é absorvida pelo material e consequentemente transformada em calor. Independente do comprimento da onda absorvida, toda a energia, uma vez absorvida, transforma-se em calor. A absorção varia em função da espessura do material e de seu coeficiente de absorção.

1.3 Aberturas laterais e zenitais

No século XIX, as aberturas laterais ajudaram a arquitetura mudar sua essência. Caminhou-se para o rompimento da tradição da janela como quadro, as aberturas são prolongadas em todos os sentidos até o desaparecimento da conjugação: parede e janela. Jorge (1993) salienta que sua moldura se torna o teto e o chão, e a janela é formada pelo limite desses dois planos e o espaço externo.

De acordo com Caram et al.(1996), as fachadas de uma edificação constituem um elemento de proteção entre as condições internas e externas, sendo que Koenigsberger (1977) ressalta que as fachadas “promovem condições ambientais internas agradáveis, agindo como superfície seletora, que exclui condições indesejáveis e aproveita condições benéficas do ambiente externo.” A ASHRAE (2004) complementa que as fachadas possuem enorme responsabilidade no tocante ao conforto ambiental da edificação, sem deixar de satisfazer diversas exigências humanas, como: iluminação natural, aquecimento no período frio, estética

As aberturas zenitais são aberturas situadas no teto, as quais geralmente fazem parte da cobertura da edificação. De acordo com Cabús (1997) essas aberturas podem ser tanto um simples buraco no teto como no Panteon em Roma, construído no segundo século da era cristã, como domos circulares de vidro.

1.4 Conforto térmico e luminoso

O conforto térmico está intrinsecamente associado a questões psicológicas de identificação e satisfação com o ambiente, e este último depende de algumas grandezas, como: temperatura e umidade

do ar, temperatura radiante e velocidade do vento; e grandezas pessoais, taxa metabólica e a resistência térmica da vestimenta. Já o conforto luminoso depende de dois quesitos básicos: a intensidade e a qualidade da luz.

Segundo a ISO 7730 (2005) e a ASHRAE (2004), conforto térmico pode ser definido como a “condição de estado da mente que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico”.

Na literatura nacional e internacional, encontram-se a preocupação e estudos com o conforto térmico e luminoso e com o ganho de energia em ambientes com superfícies em vidros planos comuns, refletivos e laminados, como Castro et al. (2007); Motta (2007); Castanheira e Corbella (2005); Santos e Roriz (2005); Michelato et al. (2005); Labaki et al. (1999); Caram (1998); Kaushika e Sumathy (2003); Arulanantham et al. (1998); Etzion e Erell (2000); mas tratando-se de superfícies translúcidas poucos dados existem. Pretende-se neste artigo divulgar os resultados do estudo do comportamento ótico de vidros translúcidos utilizados nas janelas e aberturas zenitais das edificações, e assim, iniciar um acervo correlacionando o conforto térmico e luminoso em ambientes revestidos com vidros translúcidos.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o comportamento da transmissão da radiação em vidros translúcidos nos diferentes intervalos do espectro solar (ultravioleta, visível e infravermelho) e seu desempenho no tocante ao conforto térmico e luminoso na edificação.

3 METODOLOGIA

3.1 Amostragem

Devido à grande gama de vidros translúcidos disponível comercialmente, foi necessário criar uma amostragem para a realização experimental, para que pudessem ser ensaiados e analisados os mais variados tipos de vidro e, no final do trabalho, conseguir reunir dados que servissem de referência para todos os tipos de vidros translúcidos utilizados na construção civil. Os vidros utilizados na pesquisa foram todos doados pela CEBRACE (Companhia Brasileira de Cristais), a qual fornece as marcas Santa Marina e Blindex.

Foram dez amostras de vidro ensaiadas no espectrofotômetro modelo CARY 5G, marca *Varian*. O equipamento registra automaticamente a porcentagem de energia transmitida pela amostra que é obtida pela relação entre a intensidade de luz que passou pela amostra (I_a) e a intensidade de luz no feixe de referência (I_o). (eq.1)

$$T (\%) = I_a / I_o * 100 \quad (\text{eq.1})$$

Os vidros selecionados para a realização da pesquisa foram de espessuras diferentes, porque é assim que se encontra disponível no mercado brasileiro, são eles:

- vidro aramado (espessura de 6mm);
- vidro canelado (espessura de 4mm);
- vidro mini boreal (espessura de 4mm);
- vidro boreal (espessura de 4mm);
- vidro rideau (espessura de 4mm);
- vidro spot (espessura de 4mm);
- vidro teorema (espessura de 4mm);

- vidro oásis (espessura de 4mm);
- vidro spotlyte (espessura de 8mm);
- vidro martelado (espessura de 4mm).

3.2 Parâmetros de medição no ensaio espectrofotométrico

- intervalo do espectro: 2000 a 300nm;
- número de medidas por comprimento de onda: 5;
- troca do detector: 780nm, passando de infravermelho para visível e ultravioleta;
- utilização da lâmpada de tungstênio para todo o espectro;
- número de medidas dentro do espectro: 1701 medidas (de 1 em 1nm);
- incidência do feixe na superfície rugosa do vidro;
- amostras ensaiadas a 0° com a normal.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com os dados obtidos via espectrofotômetro dos vidros translúcidos, foi possível criar curvas, e a partir destes, a integração das áreas correspondentes a cada região do espectro (ultravioleta, visível e infravermelho). Também a integração da área total das curvas. Dessa maneira, pôde-se comparar a transmissão em intervalos característicos dos vidros translúcidos e também compará-los com a transmissão do vidro transparente, incolor de 4mm de espessura, que foi utilizado como referência nesta pesquisa. Todo esse procedimento foi subsidiado pelas pesquisas de Caram (1998) e Santos (2002).

A transmissão da radiação em todo espectro estudado nos vidros translúcidos (Gráfico 2) é inferior à transmissão nos vidros planos incolores de mesma espessura, 4mm. A maior porcentagem de transmissão ocorre em torno de 500nm, que corresponde à região do visível.

A transmissão através do vidro depende de vários fatores; entre eles, tem-se a espessura do mesmo. Geralmente quanto maior for a espessura, menor será a transmissão, devido à absorção que ocorre no material. Nos resultados obtidos, aconteceu um fato inusitado: no caso dos vidros Miniboreal e Canelado, ambos com 4mm de espessura, foi transmitida menos radiação que no vidro Aramado, que tem espessura de 6mm. (Gráfico 2). Portanto, o critério “espessura” somente não garante uma maior ou menor transmissão da radiação; esse parâmetro deve vir associado a outros itens, como, por exemplo, à rugosidade.

Quanto à superfície, se for irregular, pode reduzir a transmissão direta, difundindo a radiação incidente. Todos os vidros analisados possuem uma das faces irregular, e esta face recebe a incidência do feixe de luz. A amostra foi posicionada dessa maneira para se obter um resultado o mais parecido possível da realidade, já que a instalação de vidros impressos ocorre colocando a superfície rugosa para o ambiente externo.

Não existe diferença na composição química de todos os vidros ensaiados, os óxidos presentes são os mesmos, apenas o acréscimo de uma tela metálica no vidro Aramado.

Outro influenciador na transmissão é o ângulo de incidência da radiação, que foi perpendicular a amostra em todos os vidros ensaiados, ou seja, nessa situação é que se deve constatar maior transmissão espectral. Na realidade, quando o vidro estiver fixo em uma fachada, a transmissão será menor, devido o ângulo de incidência variar e possibilitar uma maior reflexão que transmissão. Mas importante ressaltar, que para se obter uma análise mais detalhada, seria interessante variar o ângulo de incidência da radiação.

Partindo para analisar a região do infravermelho, o vidro Canelado seria uma boa opção para a indicação de um ambiente onde se deseja pouco ganho de calor, juntamente com o vidro Miniboreal e o vidro Aramado.

O vidro Rideau foi um dos vidros que apresentou maior transmissão na região do infravermelho, 52%, fato que deve ser levado em consideração na hora da especificação deste vidro, principalmente em locais de clima tropical, que é o caso do Brasil.

Nos vidros Oásis, Martelado e Rideau, a transmissão na região do visível e infravermelho é superior aos vidros Miniboreal, Canelado e Aramado. Na região do visível, os vidros Oásis e Martelado permitem transmissão em torno de 51%, e no Rideau 59%. (Gráfico 2)

A curva de transmissão dos vidros Rideau e Martelado na região do infravermelho possuem comportamento semelhantes, constituindo quase uma reta horizontal em 1000nm, fato que diferencia das curvas de transmissão dos demais vidros analisados, porém o vidro Rideau transmite em maiores proporções. Os desenhos na superfície dos vidros Rideau e Martelado são pequenos e repetitivos, diferenciando do vidro Oásis. (Gráfico 2)

O vidro Boreal é o translúcido de 4mm de espessura que mais transmite na região do visível, em torno de 67%. Em seguida, aparece o Spot, com 61% e o Teorema com 60%. Porém também é o vidro Boreal que apresenta uma das maiores transmissão na região do infravermelho, cerca de 53%, comparando com o Spot 44% e o Teorema 40%. (Gráfico 2)

O vidro Spotlyte foi o que apresentou maior porcentagem de transmissão, chegando a alcançar 71% de transmissão na região do visível, por volta de 500nm (Gráfico 2); e vale lembrar que este vidro possui espessura maior que todos os demais, de 7/8mm. Encontrou-se outro resultado interessante, pois, teoricamente, quando o vidro tem maior espessura, menor seria a transmissão; essa situação não se apresentou com este tipo de vidro, quando comparado com os demais, que possuem menor espessura. Mas é importante salientar que a superfície do Vidro Spotlyte é a que apresenta menores irregularidades, quando comparado com os demais translúcidos.

Um fato que deve ser destacado é o comportamento distinto dos vidros Boreal e Miniboreal (Figura 2) frente à radiação solar, e que, muitas vezes, na hora da especificação, são substituídos um pelo outro, devido possuírem custos parecidos e de grande disponibilidade no comércio. Enquanto o vidro Boreal transmite 67% na região do visível e 53% no infravermelho, o Miniboreal transmite apenas 36% e na região do visível e 28% no infravermelho; portanto, dependendo da necessidade do local, é importante analisar os dados de transmissão em cada região do espectro de cada vidro, pois essa questão influenciará no desempenho térmico e luminoso da edificação. (Gráfico 2)

Também foi confeccionada uma tabela (Tabela 1) que apresenta a transmissão da radiação nas amostras analisadas em intervalos característicos (ultravioleta, visível e infravermelho) e a transmissão total. E ainda, para efeito de comparação, foram acrescentadas a tabela os dados referentes ao vidro referência em duas espessuras diferentes, de 4mm e 6mm cedidos por Castro (2006) e Caram (1996), respectivamente.



Figura 2 - Comparação entre os vidros: Boreal (inferior) e Miniboreal (superior)

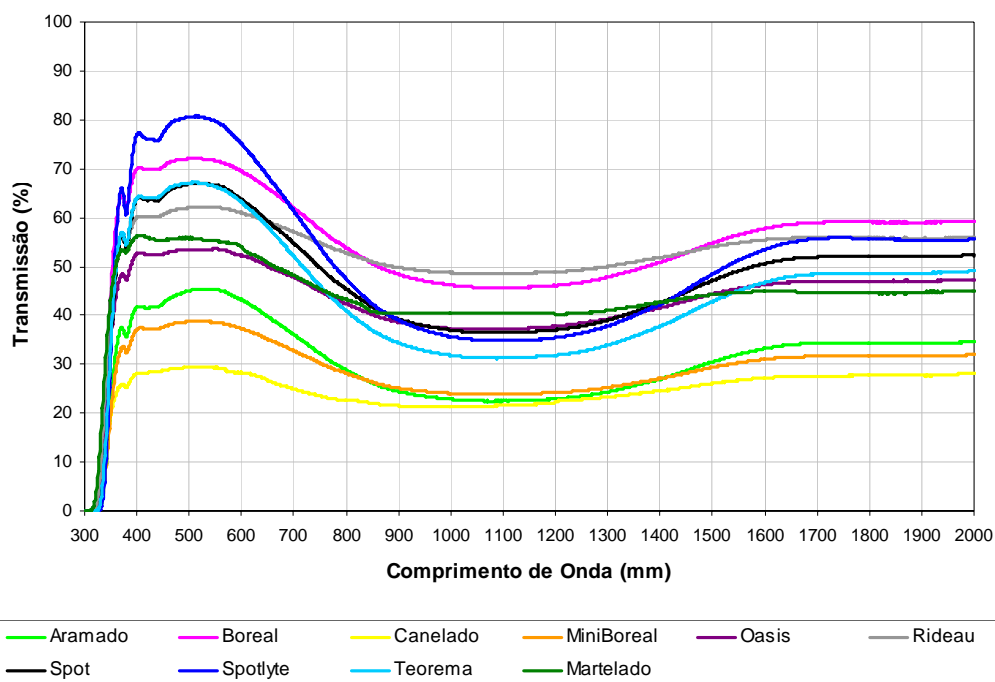


Gráfico 2 - Curvas de transmissão espectral dos vidros translúcidos

Tabela 1 - Transmissão da radiação nos vidros translúcidos

Vidros	Espessura (mm)	Transmissão relativa ao intervalo característico (%)			Transmissão total da amostra (%)
		Ultravioleta	Visível	Infra-vermelho	
Aramado	6	15	40	29	30
Boreal	4	29	67	53	55
Canelado	4	12	27	25	31
Martelado	4	28	52	43	75
MiniBoreal	4	14	36	28	49
Oasis	4	22	51	42	73
Rideau	4	27	59	52	89
Spot	4	23	61	44	79
Spotlyte	8	24	71	45	85
Teorema	4	23	60	40	74
Referência*	4	39	88	77	78
Referência**	6	38	86	70	72

*Fonte: Castro, 2006

**Fonte: Caram, 1996

O vidro que foi utilizado como referência foi o vidro plano incolor de 4mm de espessura, onde a porcentagem de transmissão fica em torno de 88% no comprimento de onda visível e no infravermelho alcança 77%.

Nos vidros translúcidos existe maior porcentagem de transmissão, nos comprimentos de onda em torno de 500nm (Gráfico 2), correspondendo à luz visível, variando de 27% a 67%, com a exceção do vidro Spotlyte, cuja transmissão luminosa alcançou 71%, em 500nm. Porém a transmissão em todo o espectro ficou abaixo do esperado, já que se trata de vidros simples, incolores e com mesma tecnologia de fabricação. Porém, quando comparados com os vidros refletivos, o percentual de transmissão na região do visível dos vidros translúcidos é maior, pois, segundo Caram (1998) a transmissão do visível nos vidros refletivos é no máximo de 15%.

Comparou-se separadamente os valores referentes à transmissão espectral do vidro Aramado e o vidro Spotlyte (Gráfico 3), por possuírem espessuras próximas. Constatou-se que, apesar do vidro Spotlyte possuir espessura maior que o Aramado, ele transmite em maior percentagem que o Aramado.

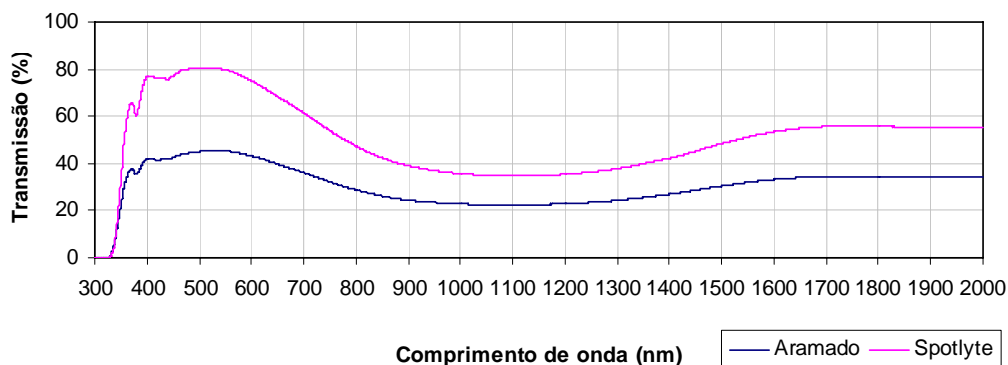


Gráfico 3 - Curvas de transmissão espectral dos vidros Aramado e Spotlyte

O vidro que poderia ser denominado de “vidro ideal” ainda não existe disponível no mercado. Esse vidro teria a capacidade de transmitir o máximo na região do visível e o mínimo no infravermelho, pois seria um vidro ideal para regiões de clima tropical, caso do Brasil. Em função dessa colocação, foi criada uma tabela (Tabela 2) que apresenta uma coluna denominada de relação visível/infravermelho, que é a razão entre o que é transmitido na região do visível e infravermelho. Portanto, se o valor for igual a 1, significa que a transmissão na região do visível e infravermelho são iguais; caso seja superior a 1, é que a transmissão na região do visível é maior que a do infravermelho, e se for inferior a 1, é que a transmissão na região do visível é menor que a do infravermelho. Esse valor indica um dos parâmetros na especificação e/ou escolha da superfície translúcida, visando ao desempenho térmico e luminoso na edificação, porém deve vir associado a outros fatores, como o Fator Solar dos vidros e a Relação WWR. E a outra coluna, referente à porcentagem da radiação que é transmitida na região do visível. Enfim, o vidro que apresenta melhor desempenho será aquele que alcançar maior relação visível/infravermelho associada à maior transmissão na região do visível.

Tabela 2 - Relação entre a transmissão na região do visível e infravermelho

Vidro	Relação visível/infravermelho	Transmissão na região do visível (%)
Aramado	1,3	40
Boreal	1,2	67
Canelado	1,0	27
Martelado	1,2	52
MiniBoreal	1,2	36
Oasis	1,2	51
Rideau	1,1	59
Spot	1,3	61
Spotlyte	1,5	71
Teorema	1,5	60
Referência	1,1	88

Observa-se que os vidros Spot, Spotlyte e Teorema apresentaram bom atendimento aos critérios estipulados na Tabela 2; portanto, no tocante ao desempenho térmico e luminoso na edificação, eles podem resultar em uma melhor escolha, porém, convém ressaltar que esse parâmetro de seleção deve ser associado a outras questões relevantes, como: a orientação e dimensão da abertura, a necessidade de elementos de proteção solar.

5 CONCLUSÕES

A transmissão da radiação nos vidros translúcidos de 4mm espessura é inferior ao vidro transparente comum de 4mm e ocorre com maior intensidade em torno de 500nm, correspondendo à região do visível.

Os vidros translúcidos que transmitem mais na região do visível do que na região do infravermelho são o Spotlyte e o Teorema, portanto consistem em boas especificações quando se deseja admitir luz e atenuar o calor.

Tratando-se de vidros translúcidos mais utilizados na construção civil, com espessura de 4mm, o vidro Boreal é o que transmite mais na região do visível e atenua em parte o infravermelho, o que resulta em uma boa especificação no tocante ao conforto térmico e luminoso.

O item espessura não pode ser levado unicamente em consideração, quando se analisa a transmissão da radiação, tem que estar associado a outros critérios.

Para uma melhor análise dos vidros translúcidos seria necessário além da transmissão da radiação, a reflexão e o valor do PRT, ou seja, Profile Rugose Total - PRT, que é a distância entre o maior e o menor ponto encontrado na superfície de vidro analisado. Para isso, seria necessário a utilização do aparelho Form Talysurf, conhecido popularmente como rugosímetro.

Esta pesquisa apresentou o estudo do comportamento ótico de diferentes tipos de vidros translúcidos disponíveis no mercado brasileiro quando expostos a radiação solar, fornecendo subsídios para uma análise mais detalhada no tocante ao conforto térmico e luminoso na edificação.

6 REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE: Fenestration - Handbook of fundamentals. Atlanta, 2004. Cap 27.
- ARULANANTHAM, M.; REDDY, K. S.; KAUSHIKA, N. D. Solar gain characteristics of absorber-parallel transparent insulation materials. **Energy conversion and management**, v. 39, India, october 1998. p. 1519-1527.
- BAMFORD, C. R. Colour Generation and Control in Glass. **Glass Science and technology**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, n.2, 1984.
- CABÚS, R. C. **Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias**. 1997. 156p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- CARAM, R. M.; LABAKI, L. C.; SICHIERI, E. P. "Analysis of Spectral Transmission of Solar Radiation by Window Glasses" - in **proceedings of the 7th International Conf. on Indoor Air Quality and Climate**. Nagoya - Japan, July 1996.
- CARAM, R. M. **Caracterização Ótica de Materiais Transparentes e sua Relação com o Conforto Ambiental em Edificações**. 1998. 165p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- CASTANHEIRA, R. G. e CORBELL, O. D. Ganho solar médio em aberturas envidraçadas através de uma ferramenta computacional. VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió- AL. **Anais V ENCAC**. p. 377-386.
- CASTRO, A. A. S. P.; BARTHOLOMEI, C. L. B.; LABAKI, L. C.; CARAM, R. M; LOTUFO, C. Estudo do ganho de calor em vidros planos e refletivos através de células-teste. IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto-MG. **Anais IX. ENCAC**. p. 369-378
- CASTRO, A. P. A. S. **Desempenho térmico de vidros utilizados na construção civil: estudo em células-teste**. 2006. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- CHEREMISINOFF, P.N. e REGINO, T.C. - **Principles and Application of Solar Energy** - Arbor Science Publ. Inc. 7th Ed., 1974.

ETZION, Y e ERELL, E. Controlling the transmission of radiant energy through windows: a novel ventilated reversible glazing system. **Building and Environment**, v. 35, Israel, july 2000, p. 433-444.

JORGE, L. A. **A sintaxe da janela**. 1993. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7730: Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genava, 2005.

KAUSHIKA, N. D. e SUMATHY, K. Solar transparent insulation materials: a review. **Renewable and sustainable energy reviews**. v. 7, India, august 2003. p. 317-351.

KOENIGSBERGER, O. H. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo, 1977. 328 p.

LABAKI, L. C.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P; PIZZUTTI, J. C. Reavaliação do fator solar através do estudo da interação da radiação solar com os componentes dos vidros. V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza-CE. **Anais**. V ENCAC/ II ELACAC, 1999.

MICHELATO, R.; CASTRO, A. A. S. P.; LABAKI, L. C.; CARAM, R. M. Desempenho térmico de vidros: avaliação em protótipos. VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / IV Encontro latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió, AL. **Anais VIII ENCAC / ELACAC**. p. 1183-1192.

MOTTA, S. R. F. Análise da influência do vidro das janelas sobre o consumo energético das edificações. IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / V Encontro latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto-MG. **Anais IX ENCAC / V ELACAC**. p. 1268-1277.

SANTOS, J. C. P. **Desempenho térmico e visual de elementos transparentes frente à radiação solar**. 2002. 363p. Tese (Doutorado), Escola Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SANTOS, J. C. P. e RORIZ, M. Influência do ângulo de incidência na transmitância de luz natural através de materiais transparentes. VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió, AL. **Anais VIII ENCAC / ELACAC**. p. 1705-1714

SARDEIRO, P. S. **Parâmetros para a escolha de superfícies translúcidas, visando o conforto térmico e visual na edificação**. 2007. 202p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

7 AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer a CEBRACE (Companhia Brasileira de Cristais), a CAPES, ao Mauro R. Fernandes e o Laboratório do Instituto de Química de São Carlos, São Paulo.