



INFLUÊNCIA DO ÂNGULO DE INCIDÊNCIA NA TRANSMITÂNCIA DE LUZ NATURAL ATRAVÉS DE MATERIAIS TRANSPARENTES

JOAQUIM C. P. DOS SANTOS (1); MAURÍCIO RORIZ (2)

(1) Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia. Camobi. Santa Maria, RS. Brasil.
CEP 97119-900. E-mail: joaquim@smail.ufsm.br

(2) Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís, Km 235. São Carlos, SP. Brasil.
CEP 13565-905. E-mail: m.roriz@terra.com.br

RESUMO

Foram identificadas em espectrofotômetro as curvas de variação da transmitância da luz visível (Tv) de vidros e outros materiais transparentes, em função do ângulo de incidência. A comparação entre as curvas permitiu classificar estes materiais em sete grupos. Em função da curva média de variação da Tv de cada grupo, foi definido um material hipotético de referência, para o qual obteve-se uma equação relacionando sua Tv com o ângulo de incidência. Para este material, o modelo fornece a iluminância de cada ponto de um ambiente, em um determinado momento, considerando os ângulos de incidência da luz de cada parcela do céu. Propõe-se a adoção de um Coeficiente de Admissão de Luz (CAL), para ajustar a iluminância do material de referência para qualquer material do grupo.

Palavras-chave: Elementos transparentes, Iluminação natural, Transmitância de luz visível, Coeficiente de admissão de luz.

ABSTRACT

Curves of visible light transmittance variation (Tv) of transparent materials were identified in spectrophotometer as function of the incidence angle. Comparison among the curves allowed to classify these materials in seven groups. As function of Tv variation average curve of each group, a hypothetical reference material was defined, for which was obtained an equation relating its Tv with the incidence angle. For this material, the model supplies the illuminance of each indoor point, at each moment, considering the light incidence angles from each sky point. A Light Admission Coefficient (CAL) is proposed to adjust the reference material illuminance for any material of the group.

Keywords: Transparent elements, Natural illumination, Visible light transmittance, Light admission coefficient.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a eficiência energética, somada à progressiva generalização do uso de elementos transparentes nas vedações das edificações, elevaram os níveis de exigência dos consumidores, induzindo notável evolução tecnológica nesses elementos. Assim, vem aumentando significativamente o número de opções e a variedade de características dos materiais transparentes disponíveis no mercado. Entretanto, apesar da consagrada importância do ângulo de incidência da radiação solar para o desempenho térmico e luminoso dos edifícios, este fato é normalmente negligenciado nos procedimentos usuais de cálculo de luz natural e carga térmica.

Pfrommer et al. (1995) comentam que os fabricantes de vidros somente divulgam dados do comportamento desse material para incidência normal da radiação. Os autores alertam que tais valores fornecem apenas uma aproximação grosseira dos ganhos de energia quando os ângulos de incidência são maiores que 50°.

Os métodos de cálculo da componente celeste do Coeficiente de Luz do Dia (CLD), para um ponto interno de um ambiente, relacionam a iluminância proveniente da abóboda celeste recebida pelo ponto e a iluminância de um ponto externo que receba luz de toda a abóboda. Para um cálculo mais preciso dessa componente é necessário identificar a região visível do céu, a partir do ponto interno considerado, as posições das parcelas que a compõem e suas iluminâncias e, conseqüentemente, o ângulo de incidência da luz proveniente de cada uma dessas parcelas (Figura 1) sobre a superfície transparente da janela e sobre o plano que contém o ponto interno.

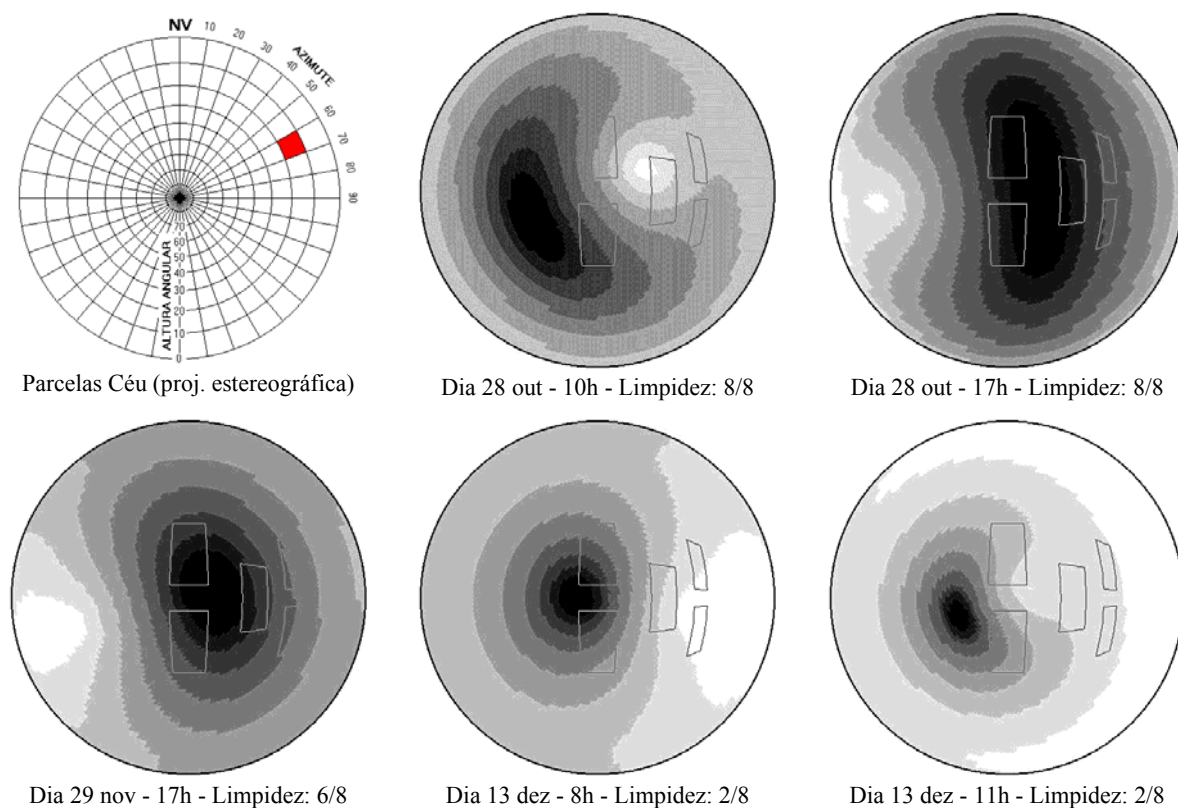


Figura 1: Exemplo de parcelamento do céu e distribuição de luminâncias, para horários, datas e latitudes específicas e para diferentes índices de limpidez do céu (projeção estereográfica).

Desse modo, para um determinado instante, o cálculo de ganhos de luz envolve três variáveis: a iluminância proveniente de cada parcela da área visível da abóboda celeste a partir do ponto; os ângulos de incidência da luz provenientes dessas diversas parcelas no instante considerado e os efeitos destes ângulos sobre a transmitância da luz visível (T_v) do elemento transparente. De fato, estes efeitos devem ser também considerados nos cálculos da componente refletida externa do CLD e da luz solar direta. Assim, para cada tipo de elemento transparente, o cálculo de ganhos de luz depende do valor da T_v para ângulos variados. Devido à grande diversidade atual destes elementos, a montagem de uma base de dados demandaria grande número de ensaios, envolvendo tempo e recursos excessivos, motivo da mesma ainda não ser disponível. Este artigo apresenta um método alternativo para a solução do problema, com um método semelhante ao adotado para os ganhos de calor solar.

Santos (2002), ensaiou em espectrofotômetro 60 tipos de elementos transparentes, obtendo a curva de variação das transmitâncias, refletâncias e absorvâncias em função do ângulo de incidência. A partir da observação da existência de grupos de elementos transparentes com padrões similares de variação da T_v em função do ângulo de incidência, o autor identificou um material de referência para cada grupo, com valores definidos da variação angular da T_v . Os cálculos de ganhos de luz natural para cada grupo são realizados para este material, e os resultados podem ser ajustados para qualquer elemento do mesmo grupo por meio do Coeficiente de Admissão de Luz (CAL), calculado pela divisão da T_v do elemento qualquer e a T_v do material de referência, ambas para incidência normal. A precisão desse processo de cálculo depende da semelhança entre os comportamentos dos elementos de cada grupo com o material de referência, quanto à influência exercida pelo ângulo de incidência sobre a T_v , pois um único coeficiente de correção deve ser válido para qualquer ângulo.

2 METODOLOGIA

As transmitâncias para ângulos variados de incidência foram obtidas em espectrofotômetro CARY 5G, equipamento que possui dispositivo para variação no ângulo de posicionamento da amostra em relação ao feixe incidente. O intervalo espectral utilizado nas medições foi de 300 a 2000 nm. A transmitância da luz visível para os diferentes ângulos de incidência foi calculada utilizando-se apenas os resultados do espectro contido entre 380 e 780 nm, ponderando-se a curva espectrofotométrica resultante do ensaio, em relação à energia em cada comprimento de onda do espectro solar padrão utilizado, conforme ASTM-E892-87 (ASTM, 1987), e calculando-se a relação entre a radiação solar incidente e a radiação que passa através da amostra, a partir da integração da curva ponderada resultante.

Para a determinação de grupos de elementos com comportamento semelhante de variação da T_v com o ângulo de incidência, foi utilizada a análise comparativa da variação da T_v relativa (T_vRel), sendo esta obtida da divisão da T_v de cada ângulo pela T_v para incidência normal.

3 ANÁLISE DOS DADOS

As figuras 2 a 4 apresentam as variações da T_vRel em função do ângulo de incidência, observando-se a relação entre os diversos materiais e o vidro incolor de 3 mm, material usual de referência.

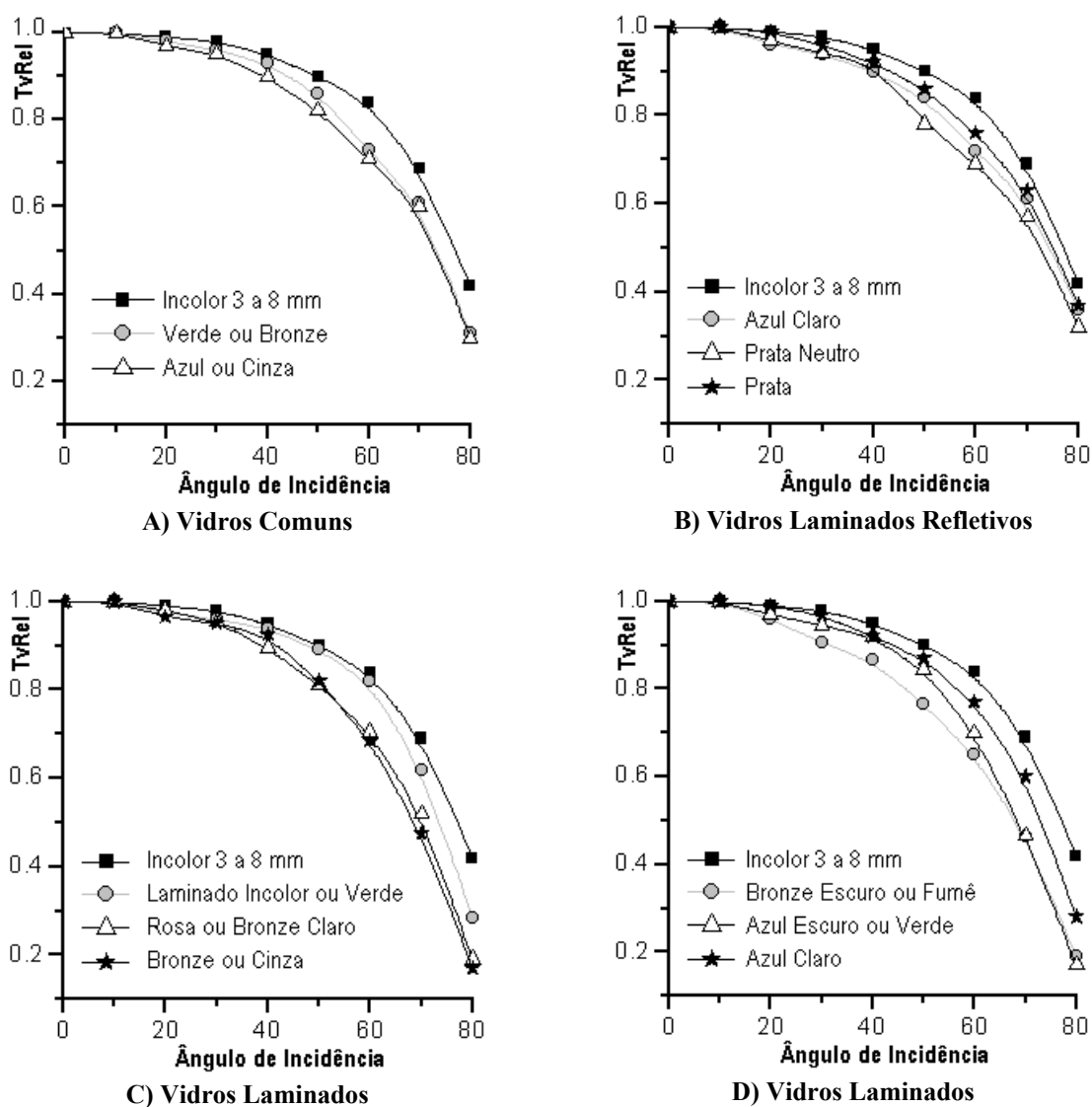
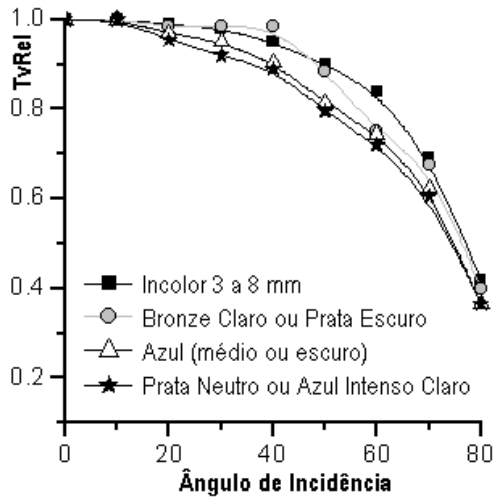
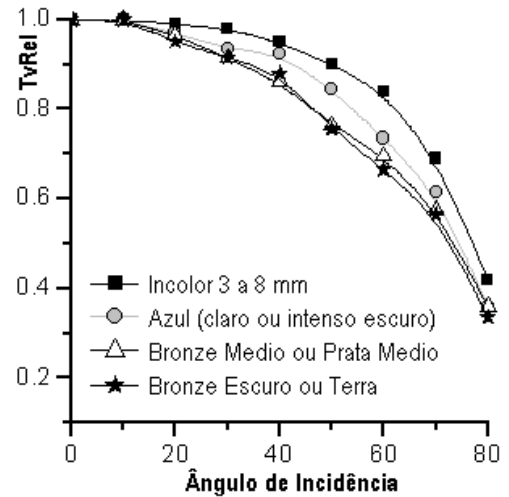


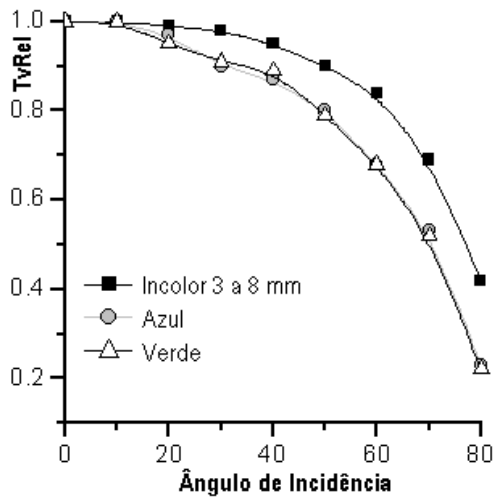
Figura 2: Transmitância relativa da luz visível (T_vRel) em função do ângulo de incidência



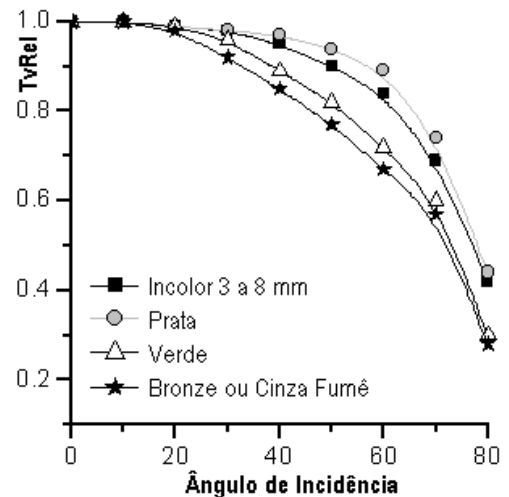
A) Vidros Refletivos Vácuo Cebrace



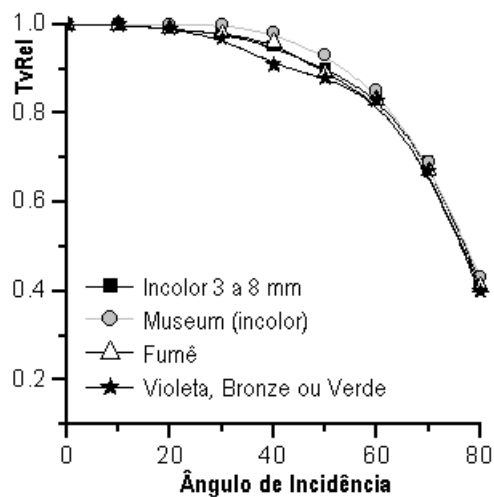
B) Vidros Refletivos Vácuo Cebrace



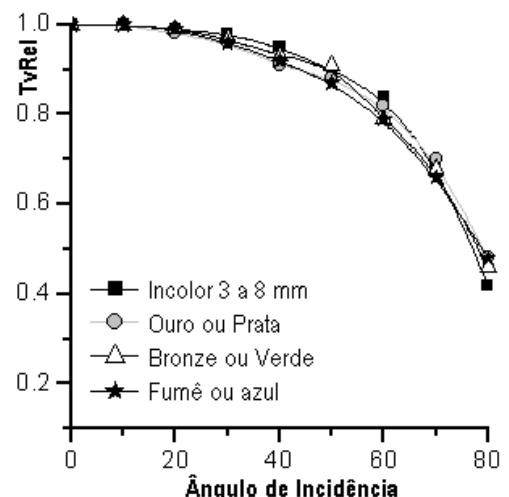
C) Vidros Refletivos Vácuo Guardian



D) Vidros Refletivos Pirolíticos



E) Películas Comuns



F) Películas Refletivas

Figura 3: Transmitância da luz visível ($TvRel$) em função do ângulo de incidência

A análise destes gráficos revela os seguintes comportamentos dos diferentes elementos transparentes analisados:

- O coeficiente de absorção do elemento tem grande importância na variação de sua transmitância, pois com a variação do ângulo de incidência varia também a distância percorrida pelo raio luminoso no interior do material (caminho ótico). Assim, quanto maior a absortância, maior é a dependência da T_v em relação ao ângulo de incidência.

- No vidro incolor a absorção é reduzida e depende pouco do ângulo, sendo a variação de T_v nesses elementos função exclusiva da variação da refletância

- Nos vidros comuns coloridos a T_v diminui proporcionalmente mais rápido que no incolor, devido ao fato exposto anteriormente, tendo esses vidros um modo diferente de variação deste parâmetro.

- Com os vidros laminados, formados por camadas de vidros coladas por películas de butiral, ocorre algo semelhante, mas com maior intensidade nos ângulos maiores, especialmente para aqueles com película interna de alta absorção ou compostos de vidros coloridos. Dessa maneira, esses vidros têm um comportamento de variação de T_v diferente dos vidros comuns, possuindo dois padrões entre eles mesmos: os vidros com alta T_v e baixa absorção (incolor, verde, azul-claro), e os demais, que possuem baixa T_v e alta absorção.

- Nos vidros laminados refletivos, a variação da T_v é semelhante à apresentada pelos vidros refletivos usados em suas composições.

- Os vidros refletivos pirolíticos verde, bronze e cinza-fumê, devido à menor T_v do vidro base colorido, têm um padrão de variação semelhante ao vidro colorido comum, enquanto o pirolítico prata varia de acordo com seu vidro base incolor.

- Os vidros refletivos a vácuo, Cebrace ou Guardian, têm comportamentos diferenciados de variação de T_v , sendo recomendável adotar padrões próprios de referência para cada grupo.

- Películas comuns têm comportamentos de variação do valor de T_v similar ao do vidro incolor usado como substrato.

- Películas refletivas comportam-se de modo semelhante ao vidro comum incolor, mas é conveniente a adoção de um material de referência próprio, mais fiel ao comportamento deste grupo de elementos.

- Assim como os vidros comuns, os polycarbonatos e o acrílico também se dividem entre aqueles que absorvem menos, caso dos polycarbonatos incolor, verde e azul e do acrílico incolor, com padrão similar ao vidro comum incolor, e os que absorvem mais, como os polycarbonatos bronze e cinza-fumê, que seguem o padrão do vidro comum colorido.

Dessa forma, dentre os 60 elementos ensaiados, foram identificados 7 grupos de padrões de variação de T_v com o ângulo de incidência:

- Grupo 1: Vidro comum incolor, vidro refletivo pirolítico prata, películas comuns, polycarbonato claro (incolor, verde e azul) e acrílico incolor.
- Grupo 2: Vidro comum colorido, refletivo pirolítico escuro (verde, bronze e cinza) e polycarbonato escuro (bronze e cinza-fumê).
- Grupo 3: Vidro laminado claro (incolor, verde e azul-claro)
- Grupo 4: Demais vidros laminados
- Grupo 5: Vidro refletivo a vácuo Cebrace.
- Grupo 6: Vidro refletivo a vácuo Guardian.
- Grupo 7: Películas refletivas.

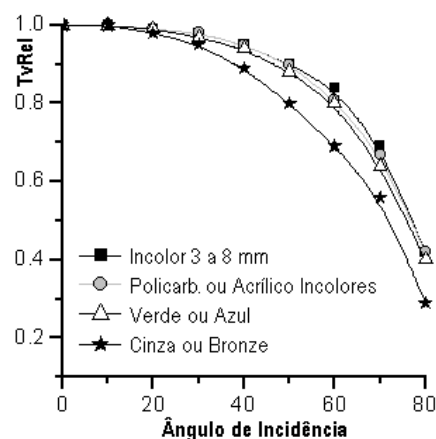


Figura 4: Polycarbonatos e Acrílico. Transmitância relativa da luz visível (T_v Rel) em função do ângulo de incidência.

Cada vidro laminado refletivo pertence ao grupo determinado pelo vidro refletivo utilizado em sua composição.

Na definição do material de referência de cada grupo, embora pudesse ser utilizado um dos elementos componentes do mesmo, foi adotado um material hipotético de referência, com valores de Tv obtidos a partir dos valores médios para cada ângulo da TvRel de todos os elementos do grupo. Sendo a TvRel calculada como a divisão entre a Tv de cada ângulo e a do ângulo normal, esse procedimento ofereceu as seguintes vantagens:

- a) Adoção de curvas de variação de Tv mais representativas, por apresentarem os valores médios de TvRel de diversos elementos com comportamentos semelhantes.
- b) Cada elemento de referência terá valores da Tv partindo de 1 para incidência normal e terminando em 0 para 90°. O valor 1 simplifica o cálculo do Coeficiente de Admissão de Luz (CAL), pois iguala seu valor à Tv do elemento qualquer para incidência normal. Esse recurso possibilita o cálculo da Tv para qualquer ângulo e para qualquer material do qual se conheça apenas a Tv para incidência normal.

A Tabela 1 exemplifica o processo de caracterização do material de referência do Grupo 1.

Tabela 1: Valores de TvRel e TvRel média para os elementos transparentes do Grupo 1

Ângulo	Comum Incolor	Pirrolítico Prata	Policarbonatos			Acrílico Incolor	Películas Comuns						TvRel Média do Grupo 1	
			Incolor	Verde	Azul		Fumê G20	Fumê G50	Museum	Violeta	Bronze	Verde		
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1	1	0.99	0.97	1	0.99	
30	0.98	0.98	0.98	0.96	0.97	0.97	0.98	0.99	1	0.96	0.95	0.99	0.98	
40	0.96	0.97	0.95	0.94	0.94	0.95	0.93	0.96	0.98	0.91	0.90	0.93	0.95	
50	0.90	0.94	0.89	0.88	0.88	0.90	0.85	0.91	0.93	0.91	0.86	0.88	0.90	
60	0.84	0.89	0.82	0.79	0.81	0.80	0.78	0.86	0.85	0.84	0.79	0.86	0.83	
70	0.70	0.74	0.67	0.64	0.64	0.66	0.62	0.69	0.69	0.68	0.65	0.67	0.67	
80	0.41	0.44	0.41	0.39	0.40	0.42	0.37	0.43	0.43	0.41	0.39	0.39	0.41	

A Tabela 2 indica os valores médios da TvRel para cada grupo, que passam a ser os valores da Tv do material hipotético adotado como referência.

Tabela 2: Valores médios da Transmitância da Luz Visível (Tv) de cada grupo

Âng	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
0	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1
20	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	1
30	0.98	0.95	0.96	0.94	0.94	0.91	0.96
40	0.95	0.89	0.93	0.90	0.91	0.88	0.92
50	0.90	0.81	0.88	0.81	0.81	0.79	0.88
60	0.83	0.70	0.80	0.69	0.72	0.68	0.80
70	0.67	0.58	0.61	0.48	0.61	0.53	0.68
80	0.41	0.29	0.28	0.18	0.36	0.23	0.47

A Figura 5 apresenta a variação da Tv dos materiais de referência de cada grupo em função do ângulo de incidência.

Com base nos valores observados (Figura 5) e através de análise de regressão, foi obtida uma equação genérica (Equação 1), que define a variação da Tv dos materiais de referência dos diferentes grupos em função do ângulo de incidência. Sendo “A” o ângulo de incidência e “b” e “c” os parâmetros das curvas de regressão apresentados da Tabela 3, de acordo com o grupo de elementos.

$$Tv = [\cos(A)]^{b(A^c)} \quad \text{[Equação 1]}$$

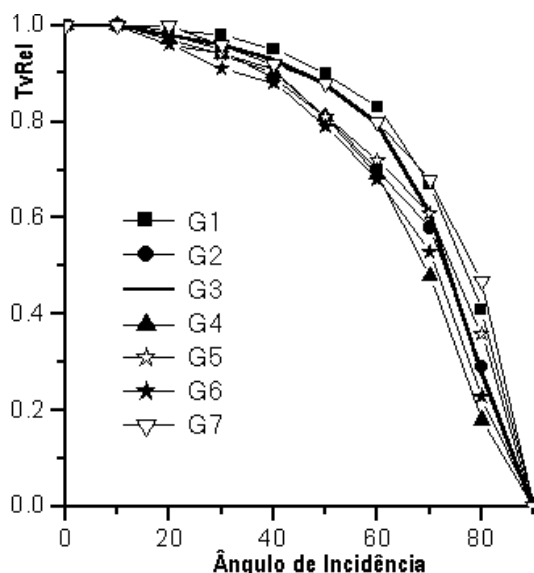


Figura 5: Variação da transmitância da luz visível (Tv) dos materiais de referência de cada grupo, em função do ângulo de incidência.

Tabela 3: Parâmetros para o cálculo da Tv dos materiais de referência, conforme a equação 1.

Grupo	b	c
1	0.243	2.216
2	0.515	0.568
3	0.357	1.553
4	0.552	1.072
5	0.459	0.719
6	0.549	0.375
7	0.324	0.856

A equação 1 reproduz com boa aproximação os valores medidos das transmitâncias dos 60 materiais para ângulos variados.

Conforme indica a figura 6, a comparação entre 600 valores calculados e medidos apresenta coeficiente de correlação de 0.996 e desvio padrão de 0.027.

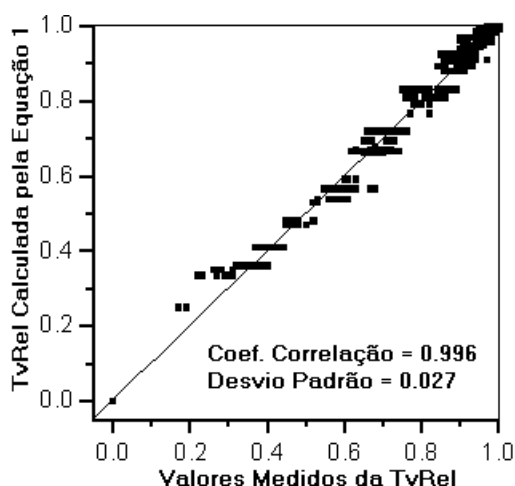


Figura 6: Correlação entre valores da Tv medidos e calculados pela Equação 1.

O número de amostras ensaiadas nesse trabalho é reduzido frente à grande diversidade de elementos transparentes existentes no mercado. No entanto, essa diversidade decorre, principalmente, de variações de espessura, de diferentes combinações entre o material base e a camada de tratamento

superficial ou tipo de película aderida, ou, ainda, de composições laminadas, que têm origem, em sua grande maioria, nos elementos aqui relacionados.

Assim, a abrangência prática desse estudo foi aumentada, utilizando-se os dados obtidos dos ensaios no cálculo das características óticas e dos parâmetros de desempenho visual de outros elementos não ensaiados, mas que possuam similaridade de composição com os estudados. O desenvolvimento do cálculo foi efetuado para o ângulo de incidência normal, assumindo-se que as curvas de variação do FCS com o ângulo de incidência sejam similares ao material de referência de cada grupo.

As tabelas de 3 a 10 apresentam os valores dos Coeficientes de Admissão de Luz (CAL) para os vidros comuns, refletivos pirolíticos e a vácuo, laminados, policarbonatos transparentes, acrílico incolor e películas de proteção solar comuns e refletivas. Os vidros laminados refletivos, compostos por um vidro refletivo aderido a um vidro incolor com o uso de uma película de butiral incolor, têm o comportamento e o valor de CAL semelhantes ao vidro refletivo usado na sua composição.

Tabela 3: Vidros comuns, policarbonatos e acrílico -Coeficiente de Admissão de Luz (CAL)

VIDRO COMUM	GRUPO	COEFICIENTE DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Espessura (mm)				
		2	4	6	8	10
Incolor	1	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83
Verde	2	0,81	0,74	0,67	0,61	0,55
Bronze	2	0,74	0,61	0,50	0,42	0,34
Cinza-fumê	2	0,71	0,56	0,45	0,36	0,28
Azul	2	0,73	0,60	0,50	0,41	0,33
POLICARBONATOS E ACRÍLICO	GRUPO	COEFICIENTE DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Espessura (mm)				
		2	4	6	8	10
Policarbonato Incolor	1	0,86	0,85	0,83	0,82	0,81
Policarbonato Verde	1	0,79	0,71	0,65	0,58	0,53
Policarbonato Bronze	2	0,70	0,56	0,45	0,36	0,29
Policarbonato Cinza-fumê	2	0,56	0,36	0,23	0,15	0,10
Policarbonato Azul	1	0,79	0,72	0,66	0,60	0,55
Acrílico Incolor	1	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87

Tabela 4: Vidros Refletivos Pirolíticos -Coeficiente de Admissão de Luz (CAL)

VIDRO REFLETIVO PIROLÍTICO	GRUPO	COEFICIENTE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Espessura (mm)				
		2	4	6	8	10
Verde	2	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39
Bronze	2	0,39	0,33	0,27	0,22	0,16
Cinza-fumê	2	0,39	0,31	0,25	0,20	0,15
Prata	1	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39

Tabela 5: Vidros Refletivos a vácuo -Coeficiente de Admissão de Luz (CAL)

VIDRO REFLETIVO A VÁCUO	GRUPO	COEFICIENTE DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Espessura (mm)				
		2	4	6	8	10
Prata neutro	3	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18
Prata médio	3	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
Prata escuro	3	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Bronze claro	3	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
Bronze médio	3	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13
Bronze escuro	3	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Azul claro	3	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38
Azul médio	3	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27
Azul escuro	3	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18
Azul intenso claro	3	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19
Azul intenso médio	3	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13
Azul intenso escuro	3	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Terra	3	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13

Tabela 6: Películas comuns aderidas sobre vidro incolor- Coef. de Admissão de Luz (CAL)

PELÍCULAS COMUNS ADERIDAS SOBRE VIDRO INCOLOR	GRUPO	COEFICIENTE DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Espessura do vidro comum incolor (mm)				
		2	4	6	8	10
Fumê G20	1	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26
Fumê G35	1	0,39	0,39	0,38	0,37	0,37
Fumê G50	1	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49
Fumê G70	1	0,70	0,69	0,68	0,66	0,65
Museum	1	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77
Violeta G05	1	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20
Bronze Natural	1	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20
Verde Natural	1	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28

Tabela 7: Películas Refletivas aderidas sobre vidro incolor- Coef. de Admissão de Luz (CAL)

PELÍCULAS REFLETIVAS SOBRE VIDRO INCOLOR	GRUPO	COEFICIENTE DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Espessura do vidro comum incolor (mm)				
		2	4	6	8	10
Prata	5	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26
Fumê	5	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Bronze	5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Verde	5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ouro	5	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Azul	5	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12

Tabela 8: Vidros Laminados c/ película de butiral incolor – Coef. de Admissão de Luz (CAL)

VIDRO LAMINADO COM PELÍCULA BUTIRAL INCOLOR	GRUPO	COEFICIENTE DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Espessura total do vidro (mm)				
		6	8	10	12	14
Incolor X Incolor	3	0,84	0,83	0,82	0,80	0,79
Verde X Verde	3	0,66	0,60	0,54	0,49	0,45
Bronze X Bronze	4	0,50	0,41	0,34	0,28	0,23
Cinza-fumê X Cinza-Fumê	4	0,44	0,35	0,28	0,22	0,18
Azul X Azul	4	0,49	0,40	0,33	0,27	0,22

Tabela 9: Vidros Laminados mistos c/ película de butiral incolor – Coef. Admis. de Luz (CAL)

VIDRO LAMINADO MISTO - PELÍCULA BUTIRAL INCOLOR	Espes. Vidro Colorido (mm)	GRUPO	COEF. DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
			Espessura vidro INCOLOR(mm)				
			2	4	6	8	10
Verde	3	3	0,75	0,74			
Verde	4	3		0,70	0,69		
Verde	6	3		0,64	0,63	0,62	0,61
Bronze	3	4	0,66	0,65			
Bronze	4	4		0,58	0,57		
Bronze	6	4		0,48	0,48	0,47	0,46
Cinza-fumê	3	4	0,62	0,61			
Cinza-fumê	6	4		0,43	0,42	0,42	0,41
Azul	3	4	0,65	0,64			
Azul	4	4		0,58	0,57		
Azul	6	4		0,47	0,47	0,46	0,46

Tabela 10: Vidros Laminados c/ película de butiral colorida –Coef. de Admissão de Luz (CAL)

VIDRO LAMINADO COM PELÍCULA BUTIRAL COLORIDA	GRUPO	COEFICIENTE. DE ADMISSÃO DE LUZ (CAL)				
		Esp. total das duas lâminas de vidro INCOLOR (mm)				
		6	8	10	12	14
Verde claro	3	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62
Bronze-claro	4	0,53	0,52	0,52	0,51	0,50
Bronze-escuro	4	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27
Fumê	4	0,45	0,45	0,44	0,43	0,43
Azul-claro	3	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
Rosa	4	0,53	0,52	0,52	0,51	0,50
Azul-escuro	4	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45

4 CONCLUSÕES

Foi aqui apresentado um método para cálculo de ganhos de luz natural através de elementos transparentes. Este método é particularmente inovador na adoção de materiais de referência representativos dos grupos e na formulação do conceito de Coeficiente de Admissão de Luz (CAL).

A divisão dos 60 elementos ensaiados em 7 grupos, aumentou a precisão do modelo, permitindo que inúmeras opções de espessuras e composições possam ser analisadas a partir dos valores aqui obtidos, bastando saber-se a que grupo pertencem e sua T_v para a incidência normal. Dessa forma, pode-se obter os valores para os demais ângulos, o que permite o cálculo de disponibilidade de luz natural interna para qualquer situação de incidência da luz.

Materiais diferentes dos 60 aqui mencionados podem ser classificados em um dos 7 grupos, desde que sejam observados os processos de fabricação e as tonalidades das cores.

Cabe salientar que os resultados de ensaios para uma determinada espessura permitem calcular a T_v para qualquer outra espessura do mesmo material. No caso de vidros laminados, basta saber as características de cada uma de suas camadas para obter-se a T_v do conjunto.

A definição de curvas de referência da variação da T_v com o ângulo de incidência minimiza a necessidade de ensaios e simplifica o processo de caracterização de materiais transparentes. A transmitância para incidência normal, dado de entrada do novo método, é facilmente obtida na literatura especializada ou mesmo nos catálogos dos fabricantes, sendo o seu próprio valor adotado como CAL e aplicado no ajuste dos ganhos de luz.

Com a utilização do método e dos dados disponíveis nesse trabalho, os cálculos de iluminação natural tornam-se mais simples e mais precisos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, J. C. PIZZUTTI. Avaliação do Desempenho Térmico e Visual de Elementos Transparentes Frente à Radiação Solar. Tese (Doutorado). Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

PFROMMER, P.; LOMAS, K.L.; SEALE, C.; KUPKE C. The Radiation Transfer Through Coated and Tinted Glazing. Solar Energy, v.54, n.5, p.287-99, 1995.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM Standards. E892-87. Standard Tables for Terrestrial Solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5 for a 37° Tilted Surface. 1987.