

Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral

Solar reflectance of colours for external paints obtained by spectrophotometric analysis

Adriana Petito de Almeida Silva Castro

Lucila Chebel Labaki

Rosana M. Caram

Admir Basso

Mauro Roberto Fernandes

**Adriana Petito de Almeida
Silva Castro**

Faculdade de Engenharia Civil
Universidade de Campinas
R. General Osório, 1980,
Apto. 91, Campinas-SP
Tel.: (19) 3254-7405,
E-mail: dripasc@aol.com.br

Lucila Chebel Labaki

Faculdade de Engenharia Civil
Universidade de Campinas
Caixa Postal 6021, 13083-970
Tel.: (19) 3788 2384
Fax: (19) 3788 2411
E-mail: lucila@fec.unicamp.br

Rosana M. Caram

Departamento de Arquitetura
e Urbanismo, Escola de
Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador Sancarlense,
400, São Carlos-SP, 13566-590
Tel.: 16 273 9308
E-mail: rcaram@sc.usp.br

Admir Basso

Departamento de Arquitetura
e Urbanismo, Escola de
Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador Sancarlense,
400, São Carlos-SP, 13566-590
Tel.: (16) 273 9283
E-mail: admbasso@sc.usp.br

Mauro Roberto Fernandes

Instituto de Química de São
Carlos, Universidade de São
Paulo
Av. Trabalhador Sancarlense,
400, São Carlos-SP, 13566-590
Tel.: (16) 273-9894
E-mail: mauro@iqsc.usp.br

Resumo

O desempenho térmico de edificações é fortemente influenciado pela cor externa. São conhecidos os efeitos de ganho de calor solar em função da refletância das superfícies externas da edificação, porém dispõe-se de pouca informação sobre esse parâmetro. O presente trabalho pretende contribuir para preencher essa lacuna. Amostras de tintas de diferentes cores são analisadas em função de sua refletância à radiação solar. A técnica utilizada é a análise espectrofotométrica, método que fornece não apenas a refletância total, como também as porcentagens ao longo do espectro. São utilizados dois tipos de amostras: pastilhas de argamassa de cimento pintadas e amostras retiradas de catálogo. Como a reflexão desse tipo de amostra não é especular, é utilizada uma esfera integradora, acessório que detecta a distribuição difusa da luz. Os resultados mostram que cores consideradas mais escuras podem apresentar refletância menor do que outras mais claras, devido à baixa refletância na região do infravermelho próximo.

Palavras-chave: refletância, cor externa, análise espectral, esfera integradora, ganho de calor solar.

Abstract

External colour has a strong influence on the thermal performance of buildings. The effects of solar heat gain, as a function of the reflectance of external surfaces of the buildings are well known. However, there is little information available about this parameter. This article aims to contribute to fill this gap. Samples of paints of different colours are analysed as a function of their reflectance to solar radiation. The technique used is the spectrophotometer analysis. Such a method provides not only the total reflectance, but also the percentage along the solar spectrum. Two kinds of samples are used: painted cement mortar tablets and samples obtained from catalogues. Since these samples do not present specular reflection, the integrating sphere is used, an accessory that detects the diffuse distribution of light. The results show that in some cases darker colours present lower reflectance than lighter ones, due to lower values in the near infrared region.

Keywords: reflectance, external color, spectrophotometric analysis, integrating sphere, heat solar gain.

Introdução

O estudo do desempenho térmico de edificações tem se desenvolvido com bastante intensidade no Brasil nos últimos anos. Um dos problemas enfrentados por pesquisadores e profissionais da área em nosso país é a necessidade de um conhecimento maior das propriedades térmicas dos materiais e componentes construtivos. Dados retirados de publicações estrangeiras são muito utilizados, podendo, porém, referir-se a materiais que não sejam exatamente os utilizados nas construções brasileiras.

Os elementos da edificação, quando expostos à radiação solar, podem ser classificados em opacos e/ou transparentes ou translúcidos. Os materiais transparentes são aqueles que permitem a transmissão direta de boa parte da radiação solar, enquanto os materiais opacos são aqueles que somente refletem e absorvem essa radiação, sendo que a capacidade de refletir a radiação está diretamente relacionada com a cor e a textura do revestimento externo.

Nosso interesse de trabalho é investigar a relação entre a cor das paredes externas de uma edificação e o seu comportamento em relação à radiação solar, isto é, o ganho de calor solar pelas superfícies opacas devido à absorção desta radiação, e a conseqüente transmissão de calor para o interior.

É fato conhecido que a cor de uma superfície opaca fornece boa indicação da sua capacidade de absorção da radiação solar. Quanto mais clara e brilhante, menor a absorção e, conseqüentemente, maior a reflexão. A cor da pintura externa possui um efeito significativo no ganho de calor, sendo possível, através de sua escolha adequada, atenuá-lo significativamente.

A absorptância à radiação solar é definida como o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. A refletância à radiação solar é definida como o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 1998a). Como a energia incidente em superfícies opacas é em parte refletida e em parte absorvida, a soma desses dois coeficientes é igual a um. Sendo assim, conhecendo-se a refletância, o valor da absorptância é facilmente obtido e, através dele, o ganho de calor solar.

A região chamada visível do espectro solar compreende uma faixa espectral bem definida, aquela para a qual o olho humano é sensível, causando a sensação de visão e cores. As cores são criadas pela mistura dos vários comprimentos de onda nas proporções apropriadas. Consegue-se perceber que um objeto é azul ou vermelho, por exemplo, porque este objeto reflete o comprimento de onda referente àquela região espectral. A luz é, portanto, o instrumento através do qual se estabelece a visão, provavelmente o mais importante meio de comunicação do homem com seu entorno.

O infravermelho próximo, invisível ao olho humano, é fonte de calor; interfere nas condições internas do ambiente através do ganho de calor e corresponde a mais da metade do espectro solar, sendo, portanto, de extrema importância sua consideração (CARAM, 1998).

No Brasil há poucas pesquisas a respeito do comportamento dos materiais frente à radiação solar. Com relação aos materiais transparentes, pode-se citar o trabalho de Caram (1998). Já com relação aos materiais opacos, destaca-se o de Oiticica et al. (2000), onde foi medida a refletância de cores em superfícies construtivas de acabamentos variados, adotando-se a cor branca como 85% de reflexão e medindo-se a refletância de outras cores, sempre em relação à cor branca.

Atualmente, a grande variedade de tonalidades de cores disponível no mercado tem influenciado significativamente nos projetos arquitetônicos. Dispõe-se, entretanto, na literatura técnica, de apenas alguns valores de refletâncias médias em superfícies. Além disso, os dados encontrados na literatura brasileira atual ou são muito imprecisos, ou fornecem valores de refletâncias obtidos há duas ou três décadas, ou ainda, baseiam-se em resultados obtidos no exterior.

Lamberts et al. (1997) apresentam absorptâncias de apenas três tipos de cores: escuras, médias e claras; Mascaró (1991) lista valores de refletância apresentados em 1961 por Prado (1961); Frota e Schiffer (1995) baseiam-se em Koenigsberger et al. (1977), que, além de serem autores estrangeiros, publicaram esses dados há 26 anos. Além disso, os dados de refletância publicados no projeto de Norma (ABNT, 1998b), pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações são, aparentemente, uma compilação dos valores

acima citados. Da mesma forma, os fabricantes nacionais de tintas não exibem, em geral, esse tipo de informação para o usuário. Tais fatos ilustram a importância de uma atualização desses dados.

Um dos métodos para se medir a refletância de cores utiliza o medidor de luminância, que fornece a refletância total, adotando um valor de referência. No presente trabalho adotou-se a análise espectrofotométrica, que apresenta várias vantagens em relação ao medidor de luminância. Dentre elas, pode-se citar a precisão nas medidas e a obtenção dos resultados ao longo do espectro, em intervalos pré-estabelecidos de comprimento de onda (de até 1nm), permitindo escolher a região de interesse (CASTRO, 2002). É importante observar que a informação que interessa quanto ao ganho de calor devido à absorção da radiação solar é a refletância total da amostra, a partir da qual se obtém a absorvância e, conseqüentemente, o ganho solar.

Neste trabalho, o intervalo da radiação solar considerado para a integração foi de 300 a 2500 nm. Este intervalo foi adotado por figurar em várias referências internacionais (MEINEL, 1979; DUFFIE, 1974; CHEREMISINOFF; REGINO, 1979; MUNEER, 1997), embora se saiba que 90% da radiação solar se encontra entre 300 e 1500 nm (MEINEL, 1979; CARAM, 1998).

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal obter experimentalmente valores de refletância à radiação de onda curta (ultravioleta, visível e infravermelho) de várias cores de tintas utilizadas em pinturas externas, com a utilização da técnica espectrofotométrica.

Materiais e métodos

Equipamentos

As análises óticas foram realizadas em espectrofotômetro da marca HITACHI, modelo U-3501, pertencente ao Instituto de Química da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. O espectrofotômetro utilizado varre a região espectral relativa ao ultravioleta, visível e infravermelho-próximo, possibilitando escolher as regiões do espectro.

A análise espectrofotométrica é o melhor meio para se obter as respostas que o trabalho propõe atingir, pois o equipamento fornece informações quanto à porcentagem de transmissão, reflexão e

absorção das amostras. Para operar no modo transmissão não há a necessidade de acessórios, mas, para operar no modo reflexão e absorção, objeto deste trabalho, é necessária a utilização de um acessório adicional, chamado esfera integradora, um dispositivo de 60 mm de diâmetro colocado em um compartimento do espectrofotômetro, tendo a função de detectar a distribuição difusa da luz. A esfera integradora é usada para medições de transmitância de amostras transparentes e de refletância de amostras opacas. A parede interna da esfera é provida de uma pintura branca altamente refletiva (pastilhas de sulfato de bário). O sulfato de bário é uma referência internacional, com 99,8 % de refletância (HITACHI, [200-?]). As amostras foram ensaiadas no intervalo de 300 a 2500 nm.

As curvas de reflexão obtidas foram processadas por programa gráfico e, por integração das áreas, foram obtidas as refletâncias.

Amostras analisadas

As amostras estão divididas em dois grupos: o primeiro é o das amostras ensaiadas em superfície real e o segundo é o grupo daquelas retiradas do próprio catálogo de fabricante.

Amostras ensaiadas em superfície real

Com o intuito de se obter resultados mais próximos àqueles de uma superfície real, foram confeccionadas “pastilhas” de argamassa de cimento, no tamanho de 25 x 25 mm que, depois de secas, foram pintadas com duas demãos de massa corrida e, em seguida, três demãos das tintas fornecidas pela fabricante Suvinil Tintas. Tomou-se o cuidado de se obter amostras com superfície bem lisa, para diminuir ao máximo o efeito de rugosidades nos resultados de refletância.

O formato quadrado das pastilhas apresenta uma melhor adequação junto ao suporte do espectrofotômetro, permitindo melhor fixação e assegurando maior estabilidade quanto ao manuseio no momento de ensaiá-las.

Foram fornecidas tintas em quantidade suficiente para a pintura das pastilhas, num total de 15, nas cores: Alecrim, Areia, Azul bali, Branco, Flamingo, Gelo, Marfim, Mel, Palha, Pêssego, Telha e Vanilla (látex acrílicas); e Azul profundo, Preto e Vermelho Cardinal (látex PVA).

A escolha de algumas tintas látex PVA, que teoricamente são mais utilizadas em pinturas internas, foi com o objetivo de se incluir na análise

cores mais escuras como vermelho, preto e azul profundo. Além disso, as tintas látex PVA, por possuírem um custo mais baixo que as acrílicas, muitas vezes são utilizadas em pintura externa, objeto deste trabalho.

Amostras de catálogo

Como as amostras de tintas foram fornecidas pela Suvinil, optou-se por analisar amostras do próprio catálogo, as quais foram cortadas no formato apresentado no mesmo. Foram analisadas 22 cores, sendo 15 correspondentes àquelas tintas fornecidas, e 7 adicionais, para abranger um número maior de cores.

As cores correspondentes às tintas fornecidas foram as seguintes:

(a) Acrílicas: Alecrim, Areia, Azul Bali, Branco, Flamingo, Gelo, Marfim, Mel, Palha, Pêssego, Telha e Vanilla;

(b) PVA: Azul Profundo, Preto e Vermelho Cardinal.

As cores adicionais foram:

(a) Acrílicas: Atlantis, Camurça, Concreto, Damasco, Marrocos e Pérola;

(b) PVA: Verde Musgo.

Resultados

Todas as amostras foram ensaiadas no intervalo de 300 a 2500 nm, e neste intervalo foi feita uma outra subdivisão, caracterizando as regiões do ultravioleta (300 a 380 nm), do visível (380 a 780 nm) e do infravermelho (780 a 2500 nm).

Cabe ressaltar que a análise por regiões do espectro normalmente não é feita na literatura conhecida, onde são apresentados dados referentes à refletância total.

Resultados para as amostras em superfície real

A Figura 1 mostra as curvas geradas pelo espectrofotômetro para algumas amostras. É fato conhecido que, com relação ao infravermelho de onda longa, a refletância não depende da cor. Para o infravermelho próximo, porém, observa-se uma forte dependência. A Tabela 1 expõe os valores de refletância obtidos para as pastilhas nas regiões do

ultravioleta, visível, infravermelho e também a refletância total.

Resultados para as amostras do catálogo

A Figura 2 mostra as curvas geradas pelo espectrofotômetro para algumas amostras. A Tabela 2 expõe os valores de refletância obtidos para as amostras do catálogo nas regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e também a refletância total.

Análise dos resultados

Pastilhas

A refletância das pastilhas na região do ultravioleta é bastante baixa em todas as amostras, compreendendo um intervalo de 4 a 8 %. Nota-se que no ultravioleta há uma uniformidade na refletância de todas as cores ensaiadas. Na região do visível, os dados nominais comprovam o esperado, pois a cor Branca apresentou a maior refletância (88 %) e a cor Preta a menor (4 %).

As outras cores, das mais claras para as mais escuras, também comprovam o esperado, pois se sabe que cores mais claras refletem mais a luz, enquanto cores mais escuras absorvem mais.

Com relação ao infravermelho, observa-se que algumas cores que refletem mais no visível não necessariamente têm maior refletância no infravermelho. As cores Azul Bali e Vermelho Cardinal foram as que apresentaram maiores diferenças entre visível e infravermelho. O Azul Bali reflete 41 % no visível e 75 % no infravermelho, e o Vermelho Cardinal, 30 % e 68 %, respectivamente. Esses dados mostram que cores consideradas escuras, por sua baixa refletância no visível, podem apresentar um bom desempenho térmico em relação ao ganho de calor solar, devido à alta refletância no infravermelho.

Por outro lado, a cor Gelo apresenta boa refletância no visível, porém, valor mais baixo para o infravermelho. A única cor que manteve o mesmo valor de refletância nas duas regiões foi a cor Preta, com 4 %. Analisando-se a refletância total, percebe-se que as cores se comportam de modo diferente da região do visível. Portanto, não se pode inferir que se uma determinada cor reflete bastante no visível, também apresentará um valor

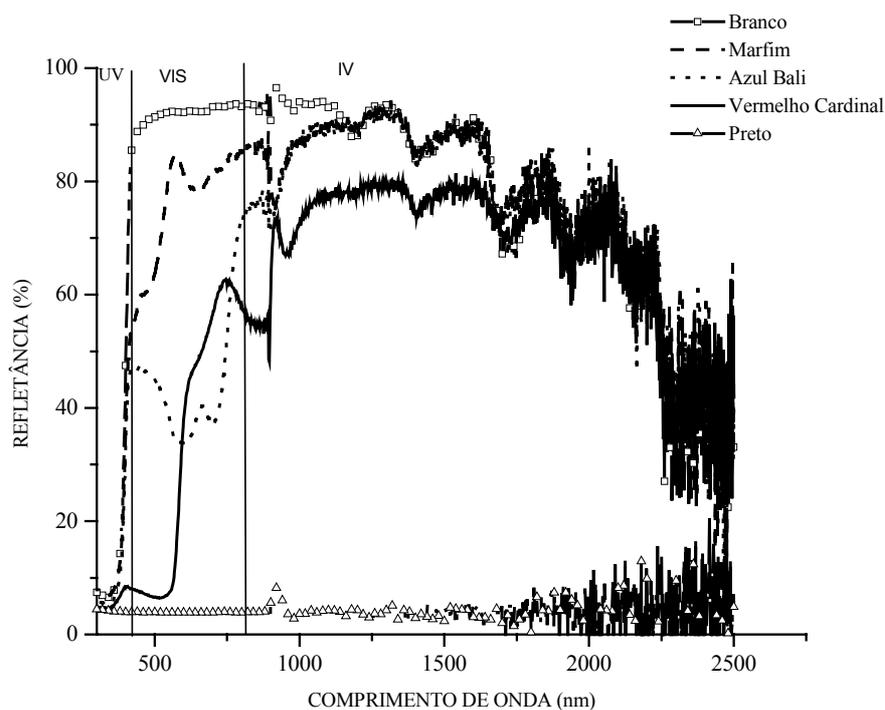


Figura 1 - Curvas de refletância obtidas para as cores Branco, Marfim, Azul Bali, Vermelho Cardinal e Preto (pastilhas)

LÁTEX	COR	REFLETÂNCIA (%)			
		Ultravioleta	Visível	Infravermelho	Total
Acrílico	Alecrim	6	36	35	34
	Areia	8	59	57	55
	Branco	8	88	76	75
	Gelo	8	69	59	59
	Mel	7	51	68	63
	Marfim	8	71	76	73
	Palha	8	70	66	64
	Pêssego	8	63	67	64
	Vanilla	8	68	74	71
	Flamingo	7	51	65	60
	Telha	6	25	45	40
	Azul Bali	6	41	75	66
PVA	Preto	4	4	4	4
	Vermelho Cardinal	5	30	68	59
	Azul Profundo	6	19	41	36

Tabela 1 - Refletâncias obtidas para as pastilhas pintadas

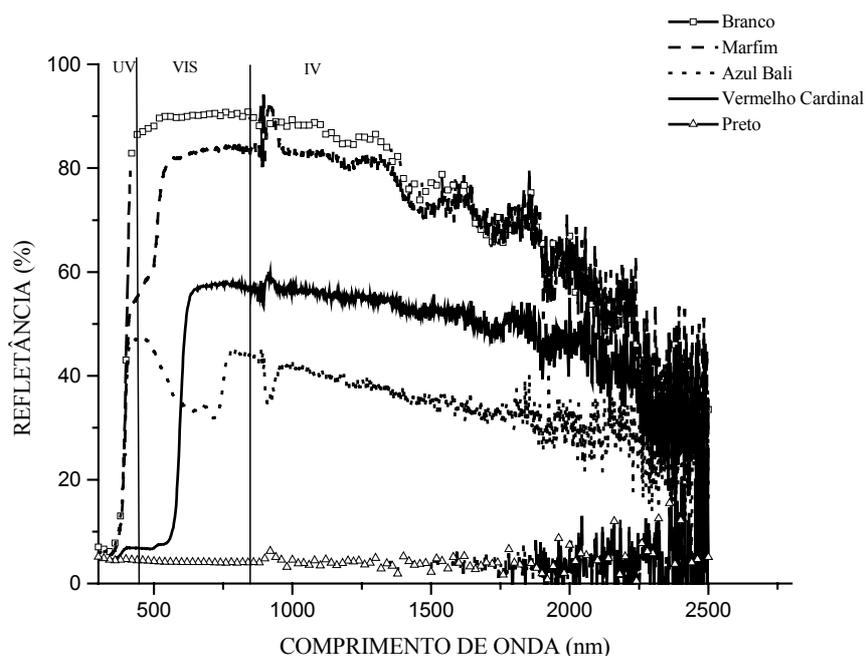


Figura 2 - Curvas de refletância obtidas para as cores Branco, Marfim, Azul Bali, Vermelho Cardinal e Preto (catálogo)

LÁTEX	COR	REFLETÂNCIA (%)			
		Ultravioleta	Visível	Infravermelho	Total
Acrílico	Alecrim	7	36	35	34
	Areia	8	58	55	54
	Branco	7	85	69	69
	Gelo	8	67	59	59
	Mel	7	53	63	59
	Marfim	6	72	68	66
	Palha	8	68	61	61
	Pêssego	7	61	62	60
	Vanilla	7	68	67	65
	Flamingo	6	52	62	58
	Telha	6	22	27	25
	Azul Bali	7	38	34	34
	Atlantis	7	72	65	64
	Camurça	6	42	41	40
	Pérola	7	71	67	65
	Damasco	8	63	63	61
	Concreto	7	28	25	25
Marrocos	6	38	54	49	
PVA	Preto	5	4	4	4
	Vermelho Cardinal	5	30	48	43
	Azul Profundo	6	17	36	32
	Verde Musgo	5	17	22	21

Tabela 2 - Refletâncias obtidas para as amostras retiradas do catálogo

alto na refletância total. Com relação ao ganho de calor, as cores de menor contribuição são Branco, Marfim e Vanilla, pois têm refletância total acima de 70 %. As cores Azul Bali, Palha e Pêssego têm o mesmo comportamento, refletindo em torno de 65 %. Visualmente, diríamos que o Azul é mais escuro, portanto, deveria refletir menos, mas observa-se que essa cor apresenta boa refletância para o total, similar à da Palha e Pêssego, que são consideradas cores mais claras/refletivas. A mesma comparação pode ser feita para o Vermelho Cardinal e o Gelo, cores que parecem ter comportamentos diferentes, no entanto, apresentam a mesma refletância total (59 %). Portanto, as cores que representam maior ganho de calor são Preto, Alecrim, Azul Profundo e Telha, com refletâncias totais abaixo de 40%.

Catálogo

Os ensaios com as amostras do catálogo foram realizados com o intuito de averiguar se a “cor” que o consumidor vê no catálogo corresponde àquela da amostra real. Portanto, as regiões do espectro que interessam, neste caso, são o visível (com relação à iluminação natural) e a refletância total (ganho de calor).

Na região do visível, os dados nominais comprovam o esperado, pois a cor Branca foi a de maior refletância (85%) e a cor Preta a de menor (4%). As outras cores também se comportaram conforme o esperado. A maioria das cores exibiu um valor próximo para o visível e o total. Somente as cores Vermelho Cardinal e Azul Profundo apresentaram maiores diferenças, de 13% para o Vermelho Cardinal e 15% para o Azul Profundo

Discussão

Os resultados obtidos para as amostras do catálogo foram, de forma genérica, muito semelhantes àqueles obtidos para as pastilhas. Isto demonstra que este catálogo é uma boa aproximação do que ocorre na superfície real, podendo, então, atuar como uma referência para o consumidor, em termos de refletância de cores. Não se pode, porém, generalizar, considerando que isso seja válido para qualquer catálogo. Na região do visível, não houve diferença significativa entre as refletâncias das pastilhas e do catálogo.

Já com relação à refletância total, as cores que apresentaram maiores diferenças foram, em primeiro lugar, o Azul Bali, com 34% para o catálogo e 66% para a pastilha. As cores Vermelho

Cardinal e Telha também apresentaram diferença razoável entre catálogo e pastilha, sendo a primeira de 16% e a segunda, 15%. Este resultado é importante, pois o uso do resultado do catálogo pode induzir a uma opção equivocada em relação ao ganho de calor solar. Deve-se averiguar o comportamento da cor também em superfície real, representada, neste trabalho, pelas pastilhas de argamassa de cimento.

A influência do infravermelho no ganho de calor solar não foi referenciada na literatura consultada. Este trabalho apresenta somente resultados obtidos em laboratório. Como etapa posterior, seria muito interessante elaborar medições em protótipos a fim de se comparar as cores externas estudadas e analisar o comportamento térmico dos mesmos.

A influência do descoramento em cada cor não foi considerada nesta pesquisa. As amostras expostas às condições climáticas durante um determinado tempo poderão ser analisadas novamente com a intenção de se verificar a influência do descoramento da cor da tinta na refletância da mesma.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Comitê Brasileiro de Construção Civil. Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações.

Desempenho Térmico de Edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 1998a.

_____. **Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2:** Métodos de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica, do Atraso Térmico e do Fator de Calor Solar de Elementos e Componentes de Edificações. Rio de Janeiro, 1998b.

CARAM, R.M. **Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações.** 1998. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CASTRO, A.P.A.S. **Análise da refletância de cores de tintas através da técnica espectrofotométrica.** 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

CHEREMISINOFF, P.N.; REGINO, T.C.
Principles and Application of Solar Energy.
Ann Arbor Science, USA, 1979.

DUFFIE, J.A. **Solar Energy Thermal Processes.**
New York: Wiley Interscience Publication, 1974.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico.** 2.Ed. São Paulo: Nobel, 1995. 243 p.

HITACHI. **Manual de Instruções da Esfera Integradora.** [S.l.: s.n., 200-?].

KOENIGSBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.A. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales.** Madrid: Paraninfo, 1977.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

MASCARÓ, L.R. **Energia na edificação.**
São Paulo: Projeto Editores Associados, 1991.

MEINEL, A.B. **Applied Solar Energy.**
Massachusetts: Adison Wesley Publishing, 1979.

MUNEER, T. **Solar radiation and Daylight Models for the Energy Efficient Design of Building.** Oxford: Architectural Press, 1997.

OITICICA, M.L.G.R.; BARBIRATO, G.M.; SILVA, C.A.C.; MACHADO, I.B.L. Refletância de Cores em Superfícies Construtivas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2000. p. 1386-1391.

PRADO, L.C. **Iluminação Natural.** São Paulo: FAU-USP, 1961.