

VERIFICAÇÃO DA ABSORTÂNCIA EM SUPERFÍCIES OPACAS NÃO HOMOGÊNEAS UTILIZANDO UM ESPECTRÔMETRO PORTÁTIL.

Ordenes, M⁽¹⁾; Garcia, E⁽²⁾

(1) Dr. Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo. martin@arq.ufsc.br

(2) Aluna de graduação do Departamento de Arquitetura e Urbanismo. grceduarda@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Trindade - CP 470 - CEP 88040-970 – Florianópolis. SC

Resumo

A quantidade de radiação solar absorvida pela superfície externa de elementos opacos representa um dos principais ganhos de calor através da envoltória de edificações. Este ganho de calor tem consequências diretas no conforto térmico dos usuários e no consumo de energia dos equipamentos de climatização para estes ambientes. A captação de radiação solar pode ser caracterizada pela absorptância definida como a razão entre a energia solar absorvida pela superfície e o total da energia solar incidente na superfície. No método definido para etiquetagem de eficiência energética de edifícios comerciais e residenciais, os ganhos de calor por absorção de radiação solar na fachada têm um peso importante, sendo considerados como pré-requisitos, isto é, como condição preliminar para poder identificar a classificação final do projeto arquitetônico. No entanto, o regulamento não define uma metodologia padronizada a ser adotada em campo para obter a absorptância de cada revestimento usado na superfície externa do edifício construído. O objetivo principal do trabalho de pesquisa é analisar as variações que podem ser obtidas nos valores de absorptância a partir de medições em campo sobre superfícies não homogêneas através do uso do espectrômetro portátil ALTA II, por ser o equipamento usado comumente nos edifícios etiquetados até hoje. As medições foram realizadas diferentes cenários considerando o planejamento e tempo de inspeção no edifício a ser avaliado. Os resultados mostram que a variação, dependendo da metodologia adotada, pode variar entre 11,0% e 16,0%. Esta faixa de variação encontra-se acima da tolerância de 10% definida no procedimento de inspeção (RAC-C).

Palavras-chave: Absortância de radiação, medição em campo, superfície não homogênea.

Abstract

The amount of solar radiation absorbed by the external surface of an opaque constructive element represents an important heat gain through the building envelope and its consequences on thermal comfort and energy consumption. The solar radiation retained without reflection can be described by the solar absorptance, as a measure of the proportion of solar radiation a body absorbs. This parameter is considered in the energy efficiency labeling for commercial and residential buildings in Brazil. However, there is no standard methodology to access this parameter on an in situ inspection. This research work shows the variation obtained over a non-homogenous surface using a portable device, commonly used on building inspection. Results show a variation of 11,0% to 16,0%, depending on the measurement methodology adopted. This range of variation is higher than the tolerance accepted in the labeling procedure (10%).

Keywords: Solar absorptance, in situ measurement, non-homogeneous surface.

1. INTRODUÇÃO

A partir da crise de abastecimento de energia de 2001, o Brasil adotou uma nova postura em relação ao consumo de energia. Recentemente, em setembro de 2010, o INMETRO, através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) publicou a última versão dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INMETRO, 2010a). O objetivo desta certificação é estimular a construção de edificações eficientes do ponto de vista de consumo de energia. Os edifícios receberão classificação variando de nível A (mais eficiente) até nível E (menos eficiente) contidos na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do Inmetro. Esta classificação é aplicada para avaliar os sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar nos novos empreendimentos de edificações comerciais.

Dentro dos parâmetros usados para avaliar o projeto arquitetônico (envoltória), a absorptância solar é definida como a razão entre a energia solar absorvida pela superfície e o total da energia solar incidente na superfície (ABNT 2005a). No método definido, os ganhos de calor por absorção de radiação solar na fachada têm um peso importante, sendo considerados como pré-requisitos, isto é, como condição preliminar para poder identificar a classificação final do projeto arquitetônico.

O valor da absorptância depende diretamente do acabamento da superfície externa da fachada. Nos últimos anos pesquisas passaram a ser conduzidas buscando caracterizar efetivamente esta propriedade nas tintas utilizadas no Brasil. Entre estes, os trabalhos de Castro et al.(2003) e Dornelles (2008) apresentam valores de absorptância solar para diferentes cores e tipos de tintas utilizadas em superfícies opacas de edifícios, a partir de medições em laboratório usando o espectrofotômetro. Adicionalmente, o trabalho apresentado por dos Santos et al. (2009) mostra que quando usado um aparelho espectrômetro portátil para medição da absorptância existe uma importante influência das condições de iluminação (natural e artificial), no valor que pode ser obtido em campo.

Embora o RTQ-C destaque a importância que a absorptância solar de elementos opacos tem na classificação de eficiência energética da envoltória, o documento para avaliação da conformidade no edifício construído define apenas o equipamento a ser utilizado (espectrofotômetro ou espectrômetro) e a tolerância (10%) nos valores de absorptância obtidos (INMETRO, 2010b). No entanto, não está definida uma metodologia padronizada para obter um valor de absorptância que seja representativo de cada revestimento usado na superfície externa do edifício construído.

Para identificar um valor único que seja representativo é necessário definir alguns parâmetros como a quantidade de pontos a serem medidos, números de medições em cada ponto e variação aceitável em cada medição. Estas condições podem ser definidas em função do planejamento e disponibilidade de tempo para executar a inspeção do edifício a ser etiquetado.

2. OBJETIVO

Em virtude da falta de um método padronizado para obter uma absorptância representativa de cada revestimento usado na fachada o presente trabalho de pesquisa tem como objetivo geral analisar as variações que podem ser obtidas nos valores de absorptância a partir de medições em campo sobre uma superfície não homogênea através do uso do espectrômetro portátil ALTA II.

Como objetivos específicos decorrentes deste trabalho de pesquisa é possível identificar a

calibração do espectrômetro portátil ALTA II; a análise dos resultados a partir de ferramentas estatísticas; e a observação de características físicas nas superfícies externas que possam influenciar na metodologia de medição.

3. METODOLOGIA

3.1. Equipamento de medição - espectrômetro portátil ALTA II

O instrumento de medição a ser utilizado é o espectrômetro portátil ALTA II (Figura 1). Este equipamento foi inicialmente desenvolvido para fins pedagógicos. O espectrômetro ALTA II mede refletâncias correspondentes a radiações em 11 diferentes comprimentos de onda, entre 470 e 940 nm, sendo sete na região visível e quatro na região do infravermelho-próximo. Este equipamento foi escolhido para o trabalho de pesquisa considerando que, pela portabilidade do dispositivo, tem sido usado amplamente nas inspeções dos primeiros edifícios etiquetados. Os detalhes sobre o procedimento de cálculo da absortância a partir das medições do ALTA II podem ser encontradas na publicação de Santos et al. (2009).

No entanto, é importante ressaltar que este equipamento mede uma faixa pequena de comprimentos de onda (470 a 940 nm) em relação à abrangência do espectro solar total (de 300 a 2500 nm aproximadamente). Esta limitação do equipamento pode levar a diferenças no comportamento observado da superfície frente à radiação solar, principalmente para a faixa de radiações infravermelha (até 2500nm), que concentra grande parcela da energia solar responsável pelos ganhos de calor.



Figura 1. O espectrômetro portátil ALTA II. Fonte: <<http://www.lpi.usra.edu>>.

3.2. Calibração

Para conferir a precisão do espectrômetro portátil ALTA II foi aplicado um procedimento de calibração em todo o espectro de comprimento de onda do aparelho utilizando uma amostra com superfície de cor cinza e com propriedades fotométricas previamente conhecidas através de medições em laboratório. Os valores previamente obtidos em laboratório foram realizados utilizando o espectrofotômetro Perkin Elmer Lambda 750 que possui uma esfera integradora de 60mm revestida com spectralon. Este ensaio comparativo foi realizado junto ao Laboratório de Filmes Finos e Superfícies (LFFS) do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas (CFM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

3.3. Medição em campo

Para as medições em campo foi selecionada uma parede externa dentro do campus da UFSC,

visando trabalhar nela com diferenças visuais na superfície exposta ao ambiente externo. Entre as características a serem consideradas como parâmetros de escolha encontram-se a homogeneidade, cor, rugosidade, degradação da superfície externa e facilidade de acesso para medição.

Assim, foi definido que as medições em campo seriam realizadas na fachada leste do prédio da Engenharia Mecânica com um revestimento externo de tijolo aparente que apresenta diferenças na coloração e desgaste de cada tijolo, a superfície total adotada tem uma área de $1,60 \text{ m}^2$ (Figura 2). As medições foram realizadas durante o período da tarde para evitar interferência da radiação solar direta incidente nos valores medidos pelo espectrômetro portátil ALTA II.

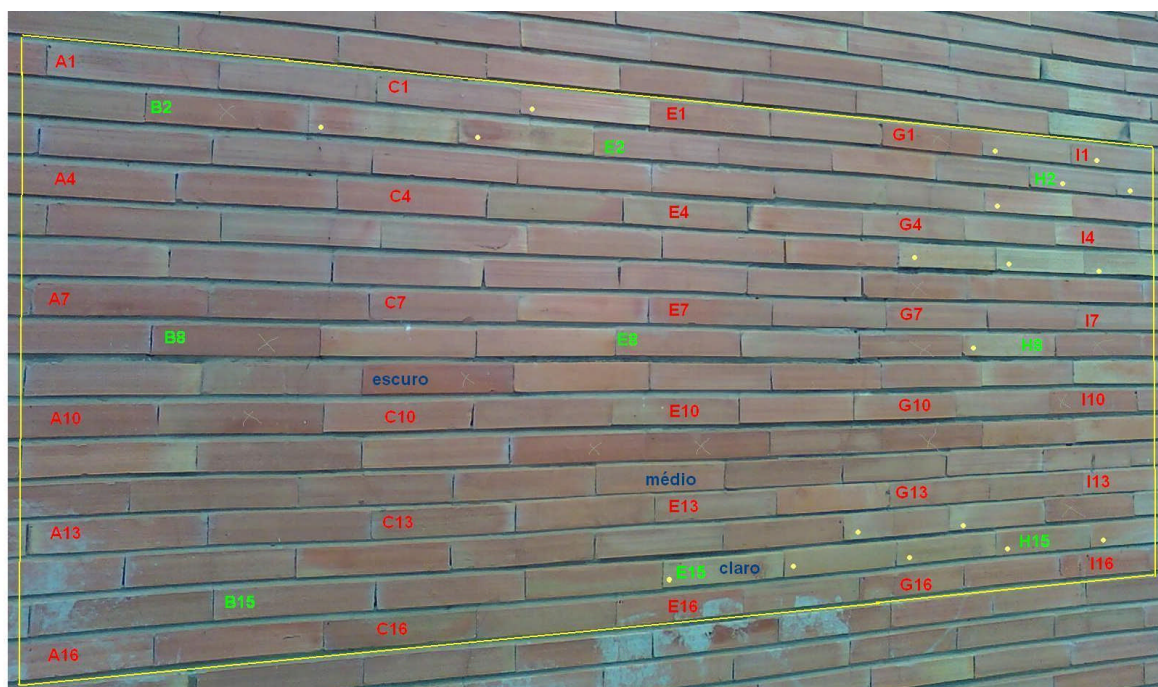


Figura 2. Superfície e pontos de medição adotados no trabalho de pesquisa.

A Figura 2 apresenta também os pontos em que foram realizadas as medições. Estas medições foram definidas com diferentes tamanho de amostragem visando representar 3 cenários possíveis para o inspetor. No primeiro cenário foram realizadas as medições em três pontos da parede (tijolos marcados em azul com “escuro”, “médio” e “claro”), tentando representar uma situação em que o inspetor teve um acesso prévio à superfície que será avaliada e pode planejar as medições em função desta percepção visual tentando minimizar o tempo dedicado à inspeção.

O segundo e terceiro cenário pretendem representar uma situação em que o inspetor não teve nenhuma informação prévia das condições da superfície a avaliar. No segundo cenário foram definidos 9 pontos de medição (tijolos marcados em verde) para representar uma situação de curto tempo para inspeção, mas uma preocupação em obter uma representação uniforme da superfície. No terceiro cenário foram definidos 30 pontos de medição (tijolos marcados em vermelho) para representar uma inspeção uniforme da superfície com um tempo maior de medição. Para os três cenários, em cada ponto foram realizadas três medições de acordo com a metodologia proposta por Santos et al. (2009).

3.4. Cálculo da absorvância global

A absorvância solar é definida como a razão entre a energia solar absorvida pela superfície e o total da energia solar incidente na superfície (ABNT 2005a). Neste trabalho a absorvância global é definida como a absorvância solar que represente toda a superfície não homogênea de maneira integrada. Para efeitos de cálculo de uma absorvância global (α_g) que represente toda a superfície de maneira uniforme, não foi considerada a absorvância da argamassa de assentamento. Isto pela dificuldade prática de medir nesta superfície.

Para cada um dos três cenários de medição foi determinada um método de cálculo da absorvância global diferente em função do tamanho da amostra.

Para o primeiro cenário a absorvância global é calculada a partir de uma média ponderada pela área de tijolos claros, médios e escuros, de acordo com a equação 1. Considerando que cada tijolo tem uma superfície de 0,011 m² e que foram contabilizados 19 tijolos claros, 111 tijolos com coloração média e 14 tijolos escuros, as áreas de ponderação são 0,21 m², 1,22 m² e 0,15m² respectivamente.

$$\alpha_g = \frac{\alpha_c \cdot A_c + \alpha_m \cdot A_m + \alpha_e \cdot A_e}{A_{total}} \quad [Eq. 01]$$

A_c , A_m e A_e : Áreas de tijolos claros, médios e escuros respectivamente [m²]
 A_{total} : Área total de tijolos [m²]
 α_c , α_m e α_e : Absorvância de tijolos claros, médios e escuros respectivamente

Para o segundo cenário (9 pontos), foi considerado que a amostragem é pequena para conformar uma distribuição normal da amostra e a absorvância global foi calculada a partir da média com a distribuição t-Student com 9 graus de liberdade e um nível de confiabilidade de 95% (equação 2). Foi adotada a distribuição t-Student porque ela tem uma aplicação prática para determinar a média de uma população, nos casos em que o tamanho da amostra (9 pontos) seja muito menor que o tamanho da população.

$$\alpha_g = \bar{x} - t \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad [Eq. 02]$$

\bar{x} : média aritmética da amostra de absorvância
 s : desvio padrão da amostra
 t : variável aleatória para a distribuição t de Student
 n : tamanho da amostra

Para o terceiro cenário (30 pontos) foi considerado que o tamanho de amostragem permite considerar a hipótese de uma distribuição normal e a absorvância global foi calculada a partir da média aritmética de acordo com a equação 3.

$$\alpha_g = \frac{\sum_{i=1}^{n=30} \alpha_i}{n} \quad [Eq. 03]$$

α_i : absorvância registrada em cada ponto de medição
 n : quantidade de medições

4. RESULTADOS

A Figura 3 apresenta o resultado do trabalho de calibração. Nele foi possível observar que o equipamento ALTA II apresenta um comportamento análogo (série ALTA) aos valores de referência obtidos em laboratório (série REF) para toda a faixa de comprimento de onda. A diferença total observada foi de 1,3% o que permite garantir uma maior confiabilidade nas medições em campo.

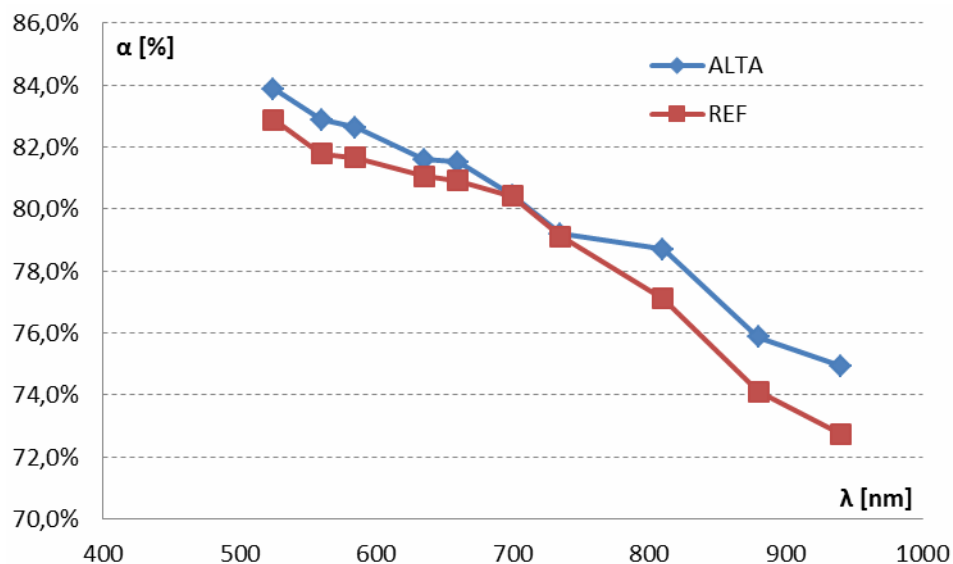


Figura 3. Comparação de resultados entre o ALTA II e valores de referência.

A Tabela 1 apresenta os valores máximos e mínimos de absorvância observados em campo e o valor global calculado de acordo com a metodologia definida para cada cenário. Estes cenários foram elaborados visando representar diferentes situações de planejamento e tempo que o inspetor pode ter na visita ao edifício construído. Considerando que o cenário mais comum pode ser aquele em que o inspetor não tenha informações prévias das fachadas opacas e que disponha de uma limitação de tempo para execução da inspeção (isto é, cenário 2), a Tabela 1 mostra que os cenários 1 e 3 apresentam variações de 11% e 16% respectivamente no cálculo da absorvância global se comparados com o cenário 2 como base de comparação. Estes resultados apresentam uma variação maior que a tolerância admitida pela metodologia de medição de absorvância em campo (10%) definida nos Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INMETRO, 2010b).

Tabela 1. Valores de absorvância obtidos a partir das medições em campo.

	Absorvância [%]		
	máxima	mínima	global
cenário 1 (3 pontos)	62,2	55,8	59,4
cenário 2 (9 pontos)	60,7	53,7	53,4
cenário 3 (30 pontos)	70,3	54,5	62,1

5. CONCLUSÕES

O método de avaliação da envoltória proposto no RTQ-C considera um único valor de absorvância como parâmetro para identificar o ganho de calor por radiação solar através de superfícies opacas. Na prática, a obtenção deste parâmetro a partir de medições em campo apresenta diferentes dificuldades, principalmente nos casos de superfícies não homogêneas em que o tamanho de amostragem representa uma decisão importante para obter um valor representativo para toda a superfície.

Na situação escolhida para realizar as medições em campo, optou-se por uma parede que, embora tivesse o mesmo tipo de revestimento em toda a superfície, apresentava visualmente variações na coloração, desgaste e textura do revestimento. Observou-se que para esta

situação os cenários com diferentes tamanhos de amostra apresentaram variações entre 11% e 16%, maiores que a tolerância definida pela metodologia de inspeção (10%), sendo que a faixa de absorvância calculada para a parede encontra-se entorno de 60%. Esta situação pode verse agravada nas exigências de avaliação do RTQ-C que define como limite máximo uma absorvância de 50%. Este tipo de situação poderia comprometer a classificação de uma etiqueta parcial de envoltória de nível A para nível C.

Cabe destacar que o equipamento utilizado neste trabalho possui uma limitação na faixa de comprimento de ondas medidas que não inclui a parcela de radiação infravermelha (entre 940 e 2500nm) que representa um ganho de calor importante na superfície. Assim, as variações obtidas em cada cenário podem ser maiores se for considerado um espectrofotômetro que permita medir a contribuição da parcela infravermelha.

Embora o trabalho tenha sido desenvolvido aplicando as medições em um elemento construtivo vertical, a metodologia definida neste trabalho inicial de pesquisa visa possibilitar futuras comparações com o método normalizado para medição em campo da absorvância definido na norma ASTM E1918 - *Standard Test Method for Measuring Solar Reflectance of Horizontal and Low-Sloped Surfaces in the Field*.

Assim, o presente trabalho pretende ser uma contribuição para aperfeiçoar os métodos de avaliação definidos na nova certificação de eficiência energética para edifícios comerciais e residenciais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-1: Desempenho Térmico de Edificações – parte 1: Definições, símbolos e unidades**, Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005b.

CASTRO, A. P. de A. S.; LABAKI, L. C.; CARAM, R. M.; BASSO, A.; FERNANDES, M. R. **Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral**. Revista Ambiente Construído, ANTAC, vol. 3; n°2, pag 69-76, Porto Alegre, 2003.

DORNELLES, K. A. **Absorvância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

DOS SANTOS, E., MARINOSKI, D., LAMBERTS., R. **Influência do ambiente de medição sobre a verificação da absorvância de superfícies opacas utilizando um espectrômetro portátil**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC). Natal (RN). 2009.

INMETRO. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em www.inmetro.gov.br Acesso em: 01de dezembro de 2010a.

INMETRO. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em www.inmetro.gov.br Acesso em: 01de dezembro de 2010b.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam agradecer ao programa FunPesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina pelos recursos que permitiram viabilizar este trabalho de pesquisa.