



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

## **AVALIAÇÃO DA DETERMINAÇÃO DE ALBEDO FEITA COM INSTRUMENTOS COM BAIXAS RESOLUÇÕES ESPECTRAIS**

**Erich Kazuo Shigue (1); João Roberto Gomes de Faria (2)**

(1) Aluno do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAAC-UNESP, erich\_kazuo@hotmail.com

(2) Professor Adjunto do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, joaofari@faac.unesp.br  
FAAC-UNESP - Univ. Estadual Paulista, Dep. de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo,  
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01, Bauru-SP, 17030-360, Tel.: (14) 3103 6059

### **RESUMO**

O albedo é um dos parâmetros que podem ser manipulados para se obter conforto térmico dentro de um ambiente, pois quanto maior for a refletância da superfície do material, menor será a temperatura interna, o que consequentemente gera menor gasto com sistemas de ventilação e refrigeração, promovendo em longo prazo uma economia financeira substancial, além da sustentabilidade do projeto. A medição de albedo em geral envolve equipamentos caros e sofisticados, compostos por sensores que trabalham com uma ampla faixa de comprimentos de onda. Nessa pesquisa verificou-se a possibilidade de se obter valores de albedo através de métodos alternativos de medição, por meio de instrumentos mais simples e baratos, que trabalham com faixas de sensibilidade espectral próximas da faixa da radiação visível. Os resultados mostraram que a exclusão das refletâncias na banda da radiação solar de ondas longas gera valores imprevisíveis e às vezes incoerentes, tornando inviável o uso desses métodos.

Palavras-chave: albedo, refletância, medição.

### **ABSTRACT**

Albedo is a parameter that can be manipulated to achieve thermal comfort inside an environment: the higher the reflectance of the material surface, the lower the internal temperature, reducing the demand for energy to ventilating and cooling, promoting long-term substantial financial savings, and sustainability of the building project. Measurement of albedo generally involves expensive and sophisticated equipment, with sensors that work with a wide range of wavelengths. In this work was researched the possibility to obtain albedo values through alternative methods of measurement, using simple and inexpensive tools that work with ranges of spectral sensitivity near to that of visible radiation. The results showed that the exclusion of reflectance in the range of long-wave solar radiation generates unpredictable and sometimes incoherent values of albedo, making it unviable the use these methods.

Keywords: albedo, reflectance, measurement.

## 1. INTRODUÇÃO

A refletância solar ou albedo é um dos parâmetros que podem ser manipulados para se obter conforto térmico dentro de um ambiente, pois quanto maior for seu valor nas superfícies externas, menor será a temperatura interna, o que se traduz em menor gasto com sistemas de ventilação e refrigeração. No caso específico deste trabalho, o interesse era a determinação de albedos de superfícies urbanas para uso em modelos de clima na camada intraurbana.

Conforme Dornelles (2008), sintetizando vários autores, a absorptância (ou seu valor oposto usado neste trabalho, a refletância) seu valor varia, dentre outros fatores, com:

- A cor da superfície: a princípio, quanto mais clara, maior a refletância. No entanto, Prado e Ferreira (2005) e Dornelles (2008) mostram relações mais complexas, dependendo das propriedades dos pigmentos e substratos empregados;

- Rugosidade: superfícies mais irregulares e rugosas têm menor refletância;

- Ângulo de incidência da radiação: a refletância aumenta com ângulos de inclinação maiores;

- Espectro da radiação incidente: cada superfície apresenta um espectro característico de refletância em função do comprimento de onda;

- Fatores externos que influenciam os equipamentos de medição causando variações nos valores obtidos como, por exemplo, nuvens encobrendo o sol (alteração no espectro da radiação incidente).

Por definição, albedo é a razão entre a quantidade de radiação solar refletida por um corpo e a quantidade incidente sobre ele (OKE, 1987).

A medição do albedo é feita por albedômetros, instrumentos compostos por dois radiômetros dispostos em oposição um ao outro em relação a seu eixo normal. Para a medição, o instrumento é disposto normalmente à superfície em estudo, em distâncias mínimas que variam de 20 a 50 cm (CORRÊA e CEBALLOS, 2008).

Devido à complexidade desses instrumentos, outros mais simples têm sido propostos, assim como métodos alternativos de medição. Assim, Dornelles (2008), trabalhando com amostras em laboratório, propõe a digitalização das amostras com scanner comum (cuja sensibilidade é a do espectro visível, de 380 a 650 nm), o uso de um espectrômetro portátil (de 470 a 940 nm) e a dedução do valor da refletância a partir da temperatura superficial (por proporcionalidade entre as temperaturas de uma superfície branca e uma preta), em relação aos valores medidos com um espectrofotômetro de refletância (185 a 3300 nm). Spangerberger (2004) aproxima o albedo pela relação de refletâncias à luz, tomando por referência a refletância de uma folha de papel branco.

No presente trabalho são testados três métodos alternativos para a medição de albedo em campo, tendo por referência os valores medidos por um piranômetro de radiação líquida.

## 2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho aqui exposto foi validar métodos alternativos para medição de albedo em campo, baseados em instrumentos de baixo custo.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Empregou-se no presente trabalho o método experimental, baseado na relação entre dados medidos em campo: foram medidos, no campus da UNESP de Bauru, uma série de superfícies de pavimentos e de paredes de prédios, sob diversas condições meteorológicas, em horários distintos e a partir de 5 instrumentos: um radiômetro de radiação líquida Kipp & Zonen modelo CM3 (305 a 2800 nm), um medidor de energia solar Instrutherm (400 a 1000 nm), um luminômetro Konica Minolta modelo LS-110 (400 a 700 nm) e imagens HDR compostas de fotos tiradas com uma câmera foto gráfica digital Sony modelo DSC-S930 (cuja resposta espectral é a mesma do luminômetro) (Figura 1).

O radiômetro de radiação líquida é composto por um par de piranômetros e um par de pirgeômetros, montados em oposição. O manual do equipamento indica alturas mínimas 1,5 m para a instalação do sensor, para evitar sua sombra na área em medição. No entanto, como o raio do campo de leitura do piranômetro corresponde a 10 vezes a altura de instalação, isso significa que é preciso dispor de uma área homogênea com 30 m de diâmetro, o que é impraticável. Assim, ele foi instalado numa base que possibilitava a medição de superfícies horizontais e verticais, aproximadamente a 20 cm delas. O sensor era acoplado a um *datalogger* com software para cálculo de albedo, entre outras variáveis. Foi feita uma campanha de um dia de medições, com céu limpo, para se verificar a influência da sombra do instrumento nos resultados.



Figura 1 – Instrumentos usados na pesquisa: a) radiômetro, b) medidor de energia solar, c) luminômetro, d) câmera fotográfica.

O medidor de energia solar apresenta valores de irradiância solar global ou de densidade superficial de energia solar acumulada ao longo de um período. O instrumento permite considerar um valor medido como referência e as medições posteriores como valores percentuais daquele; assim, pode medir a refletância, dispondo o instrumento numa linha normal à superfície, ora no seu sentido da superfície, ora contra ela. Pode também medir, por procedimento análogo, a transmitância de materiais translúcidos. Para o presente trabalho, ele foi montado no mesmo suporte do radiômetro, ficando no mesmo plano do piranômetro superior para medir a radiação incidente e no plano do piranômetro inferior para medir a radiação refletida (Figura 2).

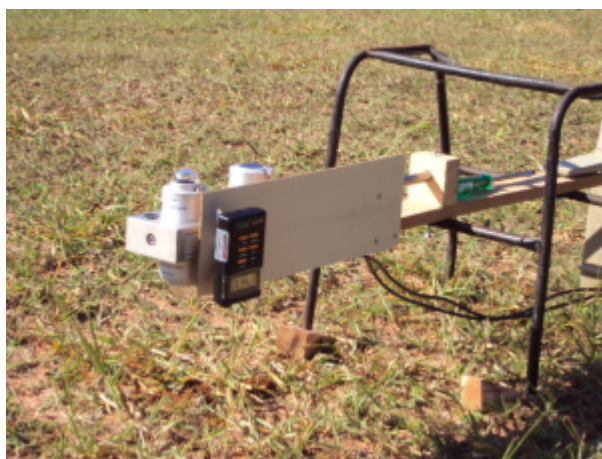


Figura 2 – Montagem do conjunto radiômetro – medidor de energia solar. Em primeiro plano, os sensores do radiômetro e o medidor de energia solar.

Com o luminômetro mediu-se a luminância da superfície em estudo em relação à de uma folha de papel sulfite branco Ripax de 75 g/m<sup>2</sup>, cuja refletância para o espectro visual é dada por Dornelles (2008) como 0,87. Considerando-se as superfícies medidas como perfeitamente difusoras, a refletância é obtida por proporcionalidade. O instrumento apresenta, no entanto, o inconveniente da grande variabilidade de valores medidos numa mesma superfície, a menos que ela seja bastante homogênea, como paredes amaciadas; no caso de superfícies com alta rugosidade, é necessário um número muito grande de medições para se alcançar um valor médio consistente.

A imagem HDR segue o mesmo princípio do luminômetro, com a vantagem de trabalhar com áreas grandes. Elas foram geradas com o programa LuminanceHDR (<<http://luminance-hdr.sourceforge.net>>) e analisadas com os programas RadDisplay (<<http://www.deluminaelab.com>>) e ViewPIC (FARIA, 2007). A câmera empregada no experimento foi previamente calibrada, através de curvas de regressão linear pelo método do mínimo erro quadrático médio (FARIA, 2007). Entretanto, seu uso deve ser feito com cautela, pois, de acordo com Souza e Scarazatto (2009) a resposta de câmeras compactas é bastante irregular.

Os instrumentos utilizados no experimento apresentam, por diversos motivos, diferentes resoluções espectrais. Tomando-se por referência o espectro da irradiância solar global horizontal a 37° de latitude definida pela ASTM G173-3 (ASTM, 2003), a Figura 3 mostra o alcance daqueles instrumentos: 99,8% do espectro para o radiômetro, 69,7% para o medidor de energia solar e 50,6% para o luminômetro e as imagens HDR.

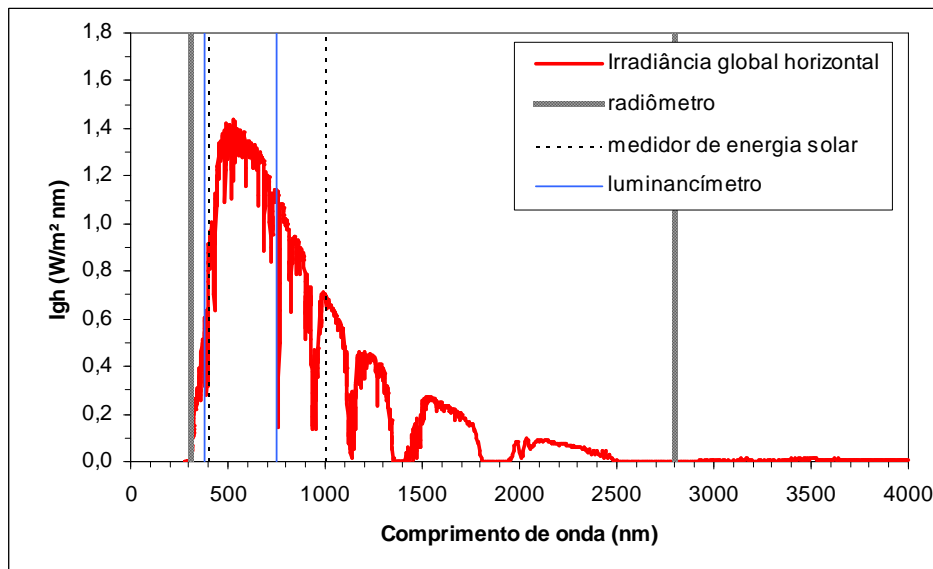


Figura 3 – Limites das faixas espectrais dos instrumentos usados na pesquisa. Fonte dos dados primários: ASTM (2003).

Da mesma forma, as precisões de leitura também são distintas: 10% para o radiômetro, 5% para o medidor de energia solar e 2% para o luxímetro, conforme seus respectivos manuais. O erro envolvido na leitura das imagens HDR foi determinado durante a calibração da câmera, conforme descrito a seguir.

A curva de regressão (Figura 4a) obtida para valores elevados de luminâncias medidas (acima de 1000 cd/cm<sup>2</sup>), comuns em ambientes externos, foi linear, com coeficiente de interceptação nulo; assim, a refletância pôde ser determinada apenas pela relação entre as luminâncias da superfície em estudo e do papel, ambos na cena fotografada. No entanto, nota-se que o coeficiente angular da equação é extremamente pequeno, o que significa que a sensibilidade da câmera é muito menor que a do luminancímetro, ou seja, pequenas variações de luminância não são detectadas por ela, e o erro máximo envolvido nesse procedimento é elevado, da ordem de 35% (Figura 4b).

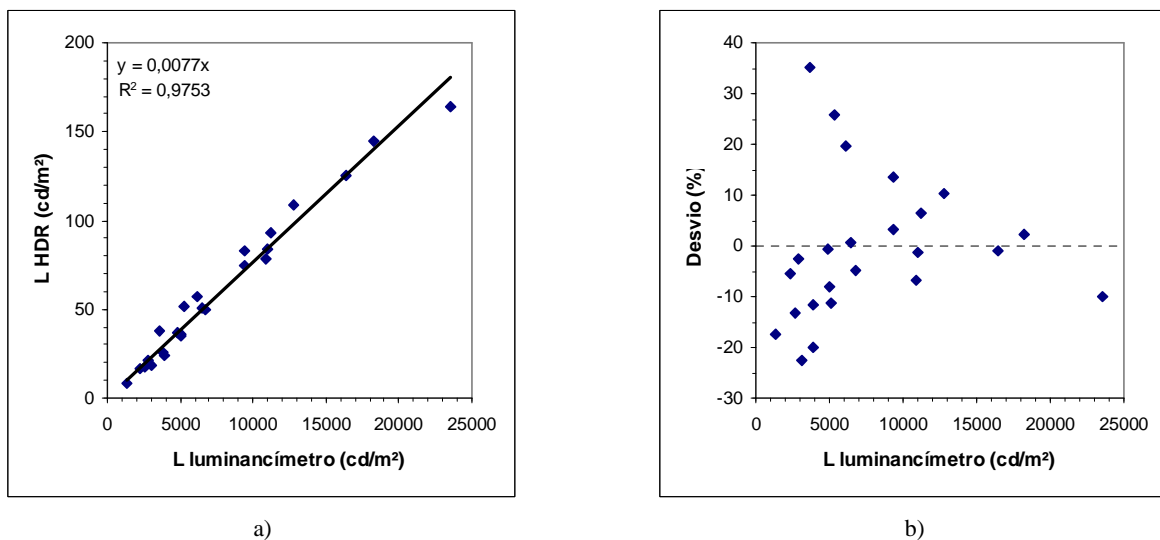


Figura 4 – a) Relação entre as luminâncias extraídas das imagens HDR em relação às medidas com o luxímetro; b) Determinação dos desvios das leituras das luminâncias nas imagens HDR em relação às medidas com o luxímetro (erro máximo = 35%)

A leitura dos valores de luminância das imagens HDR foi feita com o aplicativo ViewPic (FARIA, 2007). A análise dos resultados foi feita em planilha eletrônica. Optou-se por comparar os resultados do medidor de energia solar, do luminancímetro e das imagens HDR com os do radiômetro através de análises de regressões lineares. Esperava-se que cada instrumento tivesse sua curva característica em relação ao radiômetro e, nesse caso, o parâmetro de qualidade seria a menor dispersão dos valores, medida pelo quadrado do coeficiente de correlação do momento do produto de Pearson ( $R^2$ ). Além disso, aplicou-se o teste de significância aos resultados do luminancímetro e das imagens HDR em relação aos do radiômetro com nível de confiança de 95% (devido à dificuldade em inverter a posição do medidor de energia solar para o cálculo da grandeza, a quantidade de medidas tomadas foi insuficiente para uma análise estatística).

#### 4. RESULTADOS E ANÁLISES

A Figura 5 apresenta o comportamento do albedo de uma superfície asfáltica em função do ângulo de incidência solar, medido com o radiômetro.

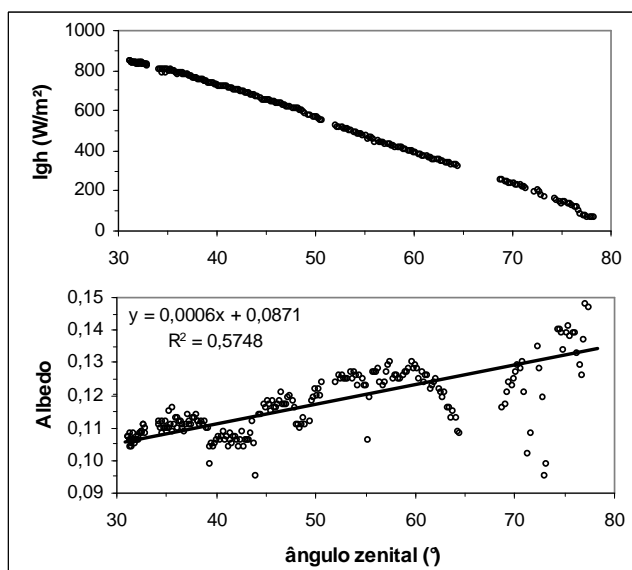


Figura 5 – Acima: Distribuição da irradiância solar global no plano horizontal em função do ângulo zenital do sol; Abaixo: albedo em função do ângulo zenital, mostrando a tendência ao aumento e à dispersão dos valores com a redução da altura solar. Dados medidos no dia 31/08/2010, das 12h14min às 17h11min, com céu limpo.

Tabela 1 – Determinação de albedo feitas com 4 instrumentos, sem correção

Item N°	Superfície	Albedo médio			
		Radiômetro	Medidor de energia solar	Luminancímetro	Imagem HDR
1	Asfalto novo	-	0,07	0,07	0,25
2	Concreto pintado de cinza	-	0,13	0,20	0,51
3	Piso pintado de vermelho 1 (à sombra)	0,20	0,27	0,11	0,16
4	Piso pintado de vermelho 1 (ao sol)	-	0,24	0,13	0,16
5	Parede de alvenaria pintada de branco	0,64	0,61	0,84	0,92
6	Parede tijolo cerâmico aparente	0,25	0,34	0,23	0,34
7	Piso de concreto pintado de cinza (à sombra)	0,12	0,12	0,17	0,16
8	Parede de alvenaria pintada de bege com textura	0,49	0,51	0,51	0,55
9	Piso de concreto pintado de cinza (ao sol)	0,12	0,12	0,15	0,33
10	Piso pintado de vermelho 2 (ao sol)	0,20	0,26	0,11	0,30
11	Parede de bloco de concreto sem acabamento	0,17	0,22	0,19	0,25
12	Piso de concreto cinza irregular	0,16	0,17	0,18	0,21
13	Gramma aberta	0,21	0,28	0,10	0,33
14	Gramma fechada alta	0,18	0,33	0,08	0,30
15	Concreto pintado de cinza	-	0,20	0,20	-
16	Asfalto velho	0,09	0,09	0,06	-
17	Pedra portuguesa vermelha	0,20	0,24	0,16	0,37
18	Seixos rolados	0,17	0,19	0,15	0,34
19	Gramma fechada baixa	0,19	0,34	0,06	0,16
20	Parede de alvenaria pintada de rosa salmão	0,35	0,43	0,23	0,33
21	Piso de cimento com pedra	0,19	0,23	0,14	0,34
22	Piso de cimento com pedra pintado de cinza claro	0,22	0,25	0,29	0,61
23	Ladrilho hidráulico branco	0,45	0,46	0,44	0,69
24	Brita #2	0,10	0,10	0,10	0,22
25	Piso de bloco de cimento e pedra	0,10	0,11	0,09	0,34
26	Piso pintado de vermelho 2	0,05	0,25	0,12	0,12

A dispersão dos valores medidos, assim como o próprio valor médio, aumenta com o ângulo zenital, conforme descrito pela bibliografia. Quando os valores de zênite são baixos, a normal do sensor está próxima do ângulo dos raios solares incidentes e, dessa forma, a influência da rugosidade é pequena; ao contrário, para baixas alturas solares, a altura dos elementos de rugosidade da superfície cria grandes áreas de sombra, visíveis pelo sensor.

Na Tabela 1 estão tabulados os resultados dos cálculos de albedo feitos com todos os instrumentos usados no trabalho e Figura 6 apresenta as curvas de regressão que são ao mesmo tempo a correção dos valores e o parâmetro da qualidade dos resultados das refletâncias calculadas a partir dos três instrumentos alternativos ao radiômetro.

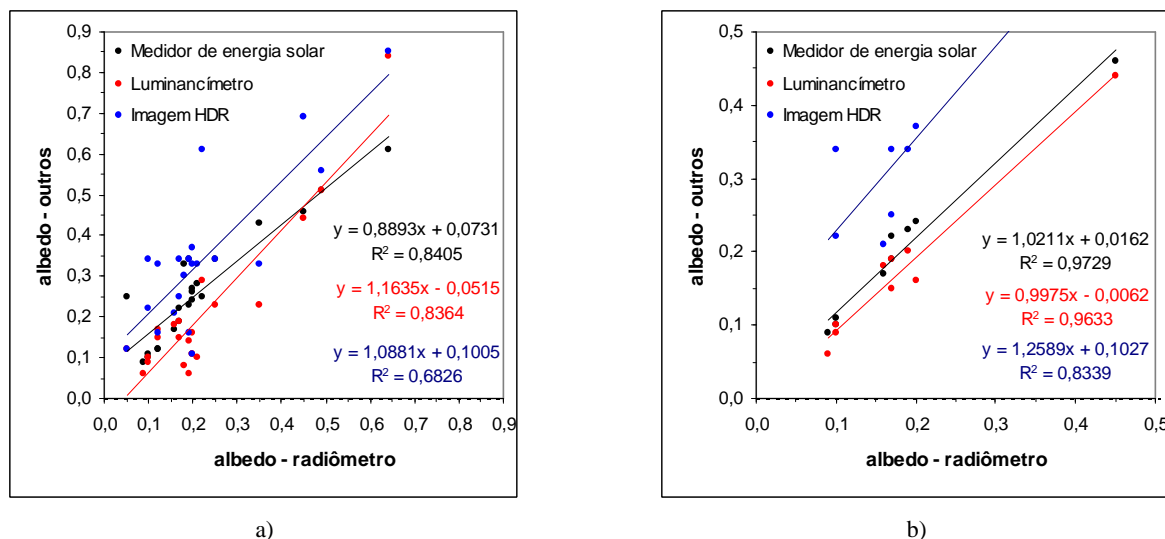


Figura 6 – Relações entre os albedos derivados das medições feitas com o medidor de energia solar, o luminancímetro e as imagens HDR em relação aos valores medidos com o radiômetro: a) todas as superfícies; b) somente as superfícies construídas não pintadas.

Quando se consideram todas as superfícies, o medidor de energia solar e o luminancímetro apresentam precisão ( $R^2$  das retas de regressão e dispersão dos pontos em relação à precisão do radiômetro) apenas aceitável, enquanto que as imagens HDR são inadequadas a esse uso. Por outro lado, quando se tratam de superfícies regulares e sem pintura, os dois primeiros instrumentos apresentam resultados muito bons, enquanto os resultados das imagens HDR tornam-se apenas aceitáveis ( $R^2 = 0,83$ , com dispersão dos pontos medidos fora da faixa de erro do radiômetro).

As retas de regressão da Figura 6 indicam, nas superfícies sem pintura estudadas, a grande contribuição da refletância no espectro da radiação visível na composição do albedo e, nesse caso, essas linhas tendem a apresentar coeficiente angular unitário e coeficiente de interceptação nulo. As superfícies pintadas podem apresentar refletâncias bastante distintas nas diversas faixas do espectro em função dos pigmentos usados, conforme consta na literatura. Finalmente, o albedo das superfícies gramadas é bastante heterogêneo em função da densidade da cobertura vegetal, do tipo de solo, da geometria e altura das folhas e, inclusive, da abertura do campo do sensor do instrumento.

A Tabela 2 apresenta os valores da Tabela 1 corrigidos pelas equações de regressão dos respectivos instrumentos.

Tabela 2 – Determinação de albedo feitas com 4 instrumentos, corrigido pelas equações de regressão da Figura 6

Item Nº	Superfície	Albedo médio			
		Radiômetro	Medidor de energia solar	Luminancímetro	Imagem HDR
1	Asfalto novo	-	0,00	0,10	0,13
2	Concreto pintado de cinza	-	0,06	0,22	0,37
3	Piso pintado de vermelho 1 (à sombra)	0,20	0,22	0,14	0,01
4	Piso pintado de vermelho 1 (ao sol)	-	0,19	0,15	0,06
5	Parede de alvenaria pintada de branco	0,64	0,60	0,77	0,77
6	Parede tijolo cerâmico aparente	0,25	0,30	0,31	0,20
7	Piso de concreto pintado de cinza (à sombra)	0,12	0,05	0,19	0,07
8	Parede de alvenaria pintada de bege com textura	0,49	0,49	0,48	0,43
9	Piso de concreto pintado de cinza (ao sol)	0,12	0,05	0,16	0,24

Item Nº	Superfície	Albedo médio			
		Radiômetro	Medidor de energia solar	Luminancímetro	Imagem HDR
10	Piso pintado de vermelho 2 (ao sol)	0,20	0,21	0,13	0,23
11	Parede de bloco de concreto sem acabamento	0,17	0,17	0,20	0,16
12	Piso de concreto cinza irregular	0,16	0,11	0,20	0,11
13	Gramma aberta	0,21	0,23	0,13	0,15
14	Gramma fechada alta	0,18	0,29	0,11	0,17
15	Concreto pintado de cinza	-	0,14	0,21	-
16	Asfalto velho	0,09	0,02	0,10	-
17	Pedra portuguesa vermelha	0,20	0,19	0,18	0,23
18	Seixos rolados	0,17	0,13	0,17	0,22
19	Gramma fechada baixa	0,19	0,30	0,10	0,08
20	Parede de alvenaria pintada de rosa salmão	0,35	0,40	0,24	0,20
21	Piso de cimento com pedra	0,19	0,18	0,22	0,22
22	Piso de cimento com pedra pintado de cinza claro	0,22	0,20	0,29	0,46
23	Ladrilho hidráulico branco	0,45	0,44	0,42	0,52
24	Brita #2	0,10	0,03	0,13	0,12
25	Piso de bloco de cimento e pedra	0,10	0,04	0,12	0,22
26	Piso pintado de vermelho 2	0,05	0,20	0,14	0,01

Aplicando-se um teste de hipótese segundo a qual os resultados da Tabela 2 deveriam conter os dados do radiômetro com intervalo de confiança de 95%, apenas permanecem válidos os valores de albedo dos itens 8 - Parede de alvenaria pintada de bege com textura e 19 - Gramma fechada baixa, medidos com o luxímetro.

Tabela 3 – Validade dos resultados, considerando um intervalo de 95% de confiança e a margem de erro dos instrumentos.  
Obs.: nos itens marcados com “-“ não se tinha dados para essa análise

Item Nº.	Superfície	Validade	
		Luminancímetro	Imagem HDR
1	Asfalto novo	-	-
2	Concreto pintado de cinza	-	-
3	Piso pintado de vermelho 1 (à sombra)	Inválido	Inválido
4	Piso pintado de vermelho 1 (ao sol)	Inválido	Inválido
5	Parede de alvenaria pintada de branco	Inválido	Válido
6	Parede tijolo cerâmico aparente	Válido	Válido
7	Piso de concreto pintado de cinza (à sombra)	Inválido	Inválido
8	Parede de alvenaria pintada de bege com textura	Válido	Válido
9	Piso de concreto pintado de cinza (ao sol)	Inválido	Inválido
10	Piso pintado de vermelho 2 (ao sol)	Inválido	Válido
11	Parede de bloco de concreto sem acabamento	Válido	Válido
12	Piso de concreto cinza irregular	Inválido	Válido
13	Gramma aberta	Inválido	Válido
14	Gramma fechada alta	Inválido	Válido
15	Concreto pintado de cinza	-	-
16	Asfalto velho	Válido	-
17	Pedra portuguesa vermelha	Válido	Válido
18	Seixos rolados	Válido	Válido
19	Gramma fechada baixa	Inválido	Inválido
20	Parede de alvenaria pintada de rosa salmão	Inválido	Inválido
21	Piso de cimento com pedra	Válido	Válido
22	Piso de cimento com pedra pintado de cinza claro	Inválido	Inválido
23	Ladrilho hidráulico branco	Válido	Válido
24	Brita #2	Inválido	Válido
25	Piso de bloco de cimento e pedra	Inválido	Inválido
26	Piso pintado de vermelho 2	Inválido	Inválido



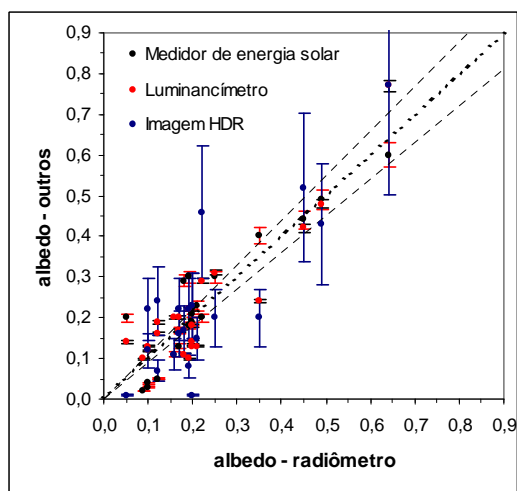


Figura 7 – Dados medidos e corrigidos pelas curvas de regressão, com as respectivas margens de erro.

No entanto, contando com a margem de erro de cada instrumento (radiômetro – 10%; medidor de energia solar – 5%; luxímetro – 2% e imagem HDR – 35%), as medidas com suas respectivas faixas de precisão passam a se interferir, aumentando a quantidade de resultados válidos, conforme a Tabela 3 e a Figura 7.

Apesar disso, não se pode considerar a imagem HDR válida para o presente estudo devido à excessiva margem de erro ela presente. Uma provável explicação para ela em relação ao luminancímetro e aos valores díspares de albedo são os tratamentos que a câmera usada no estudo faz automaticamente na imagem para melhorar algumas características (contraste, cor, etc.), uma vez que o modelo empregado é voltado ao público leigo em fotografia. Para um estudo mais preciso seria necessária uma câmera que fornecesse imagens RAW (sem nenhum processamento).

## 5. CONCLUSÕES

Nesse trabalho foram testados três instrumentos para a determinação do albedo de superfícies: o medidor de energia solar da Instrutherm, o luminancímetro modelo LS-110 da Konica Minolta e a câmera fotográfica digital modelo DSC-S930 da Sony (através de cujas fotos foram geradas imagens HDR). Esses instrumentos têm em comum a faixa de sensibilidade espectral correspondente à da energia luminosa ou próxima a ela, no caso do medidor de energia solar (400 a 1000 nm). Os albedos resultantes dos usos desses instrumentos foram comparados com os medidos por um radiômetro de radiação líquida modelo CM3 da Kipp & Zonen, cuja sensibilidade espectral estende-se desde o ultravioleta próximo até a radiação solar infravermelha.

Os resultados mostraram que a resposta dos instrumentos depende, primeiramente, do espectro da refletância da superfície e de sua homogeneidade. Assim, as respostas do medidor de energia solar e do luminancímetro são bastante satisfatórias quando as superfícies não são pintadas (asfalto, pavimentos de concreto, brita e seixos rolados), mas insatisfatórias quando elas são pintadas ou bastante heterogêneas (pisos e paredes pintadas e gramados), com erros que chegam a até 400%. Nesses casos, provavelmente a contribuição da fração da refletância na faixa do infravermelho na composição do albedo é representativa, fazendo com que somente a refletância da fração visível não seja suficiente para explicar o comportamento da variável.

Embora não tenham sido feitos maiores testes com os resultados do medidor de energia solar devido à insuficiência de dados, eles não apresentam desempenho significativamente diferente dos outros instrumentos, indicando que a pequena fração de resposta espectral extra em relação ao espectro visível ainda não é suficiente para a medição do albedo.

As imagens HDR foram um caso à parte: embora a bibliografia cite seu bom desempenho na medição de luminâncias (e, por consequência, resultados compatíveis com os do luminancímetro), no presente trabalho seus desempenhos não foram satisfatórios, o que pode ser atribuído ao tipo de câmera (compacta semi-automática), o que também é indicado na bibliografia como fator de mau desempenho.

Pelos resultados do trabalho, não é recomendado usar instrumentos com bandas de sensibilidade espectrais menores que a da radiação solar na determinação do albedo superficial, uma vez que não é possível garantir que a distribuição espectral da refletância à radiação solar de ondas longas das superfícies não tenha contribuição significativa na composição do valor da propriedade em questão.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **G173-03**: standard tables for reference solar spectral irradiances - direct normal and hemispherical on 37° tilted surface. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2003.
- CORRÊA, M. P.; CEBALLOS, J. C. UVB surface albedo measurements using biometers. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 4, p. 411-416, 2008.
- DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Campinas, 2008.
- FARIA, J. R. G. Análises de distribuição de luminâncias através de imagens HDR compostas por fotos de câmeras snapshot. In: ENCAC-ELACAC 2007 - IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2007. p. 677-686.
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2nd. ed. Cambridge: Routledge, 1987.
- PRADO, R. T. A.; FERREIRA, F. L. Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials. **Energy and Buildings**, v. 37, n. 4, p. 295-300, 2005.
- SOUZA, D. F. ; SCARAZZATO, P. S. O uso de câmeras digitais compactas na geração de imagens HDR para estudos de iluminação. In: ENCAC-ELACAC 2009 - X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal, 2009. **Anais...** Natal, 2009. p. 1808-1811.
- SPANGENBERG, J. **Improvement of urban climate in tropical metropolis'** – a case study. Master Thesis, Institute for Technologies in the Tropics, University of Applied Sciences Cologne, Cologne, 2004.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro recebido através da bolsa de iniciação científica proc. N°. 2009/17482-2 e do Auxílio-Pesquisa proc. N°. 2007/08097-2. Agradecem também à Fundação para o Desenvolvimento da UNESP (FUNDUNESP), cujo aporte financeiro através do proc. N°. 00787/11-DFP viabilizou a apresentação e a publicação deste trabalho no ENCAC 2011.