

# UMA AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE MEDIDAS EXPERIMENTAIS DE ALBEDO UVB

Marcelo de Paula Corrêa

DSA/CPTEC/INPE – Rod. Pres. Dutra, km 39 – CEP 12630-000 – Cachoeira Paulista/SP – Brasil  
contato: mpcorrea@cptec.inpe.br

## Resumo

Este trabalho apresenta os resultados preliminares de medidas do albedo de diferentes tipos de superfície na região ultravioleta B do espectro (280-320nm). Para tanto, um albedômetro composto por um par de biômetros Solar Light 501A foi montado para a análise das seguintes superfícies: grama verde, grama amarelada, areia, madeira (natural e pintada), fórmica e metal. São discutidos problemas relacionados a este tipo de experimento como, por exemplo, as variações de temperaturas sofridas pelos sensores e a influência da nebulosidade. Os resultados aqui apresentados servem como contribuição ao trabalho de Blumthaler e Ambach (1988), amplamente difundido na literatura e utilizado como referência para os principais modelos de transferência radiativa na região ultravioleta do espectro.

## Resumen

Este trabajo presenta resultados preliminares de medidas de albedo de diferentes tipos de superficie en la región espectral ultravioleta B (280-320 nm). Un albedómetro compuesto por un par de biómetros Solar Light 501A fue montado para análisis de las siguientes superficies: césped verde, pasto amarillento, arena, madera (natural y pintada), formica y metal. Son discutidos problemas relacionados con el experimento, como las variaciones de temperatura sufridas por los medidores y la influencia de la nubosidad. Los resultados presentados son una contribución para el trabajo de Blumthaler e Ambach (1988), ampliamente difundido en la literatura y usado como referencia para los principales modelos de propagación de radiación en la región espectral de ultravioleta (Blumthaler y Ambach, 1988).

## Abstract

This work shows preliminary results of UVB albedo measurements of different surfaces. An albedometer composed by a pair of Solar Light 501A biometers was built and the following surfaces were analyzed: green and yellowish grass, sand, wood (natural and painted), formica (synthetic plate) and iron. Problems related to this type of experiment, as influence of clouds and variations of temperature of the sensors are also discussed. The results are a contribution for Blumthaler and Ambach's work (1988), widely used as reference for the main UV radiative transfer models.

## 1. Introdução

A radiação ultravioleta (R-UV) está intrinsecamente ligada à vida na Terra, exercendo influência sobre ecossistemas aquáticos e terrestres, e controlando processos fotoquímicos e meteorológicos que ocorrem, principalmente, na estratosfera. Representando cerca de 7 a 8% da radiação emitida pelo Sol, e compreendida no intervalo espectral entre 100 e 400 nm, a R-UV atinge a atmosfera terrestre onde sofre intensa atenuação até atingir a superfície. Esta atenuação é mais forte em comprimentos de onda inferiores a 280 nm, nos quais a radiação é completamente absorvida pelo ozônio e oxigênio estratosféricos, e mais fraca na região superior a 320 nm. Entre os comprimentos de onda de 280 a 320 nm a R-UV é denominada do tipo B (R-UVB), a qual é fortemente absorvida pelo ozônio estratosférico e sofre intenso espalhamento molecular. Por estas razões a R-UVB atinge a superfície terrestre em pequenas quantidades, porém suficientes para desencadear uma série de reações fotobiológicas sobre a fauna e flora terrestre. A exposição excessiva do ser humano à R-UVB é apontada como a principal causadora de problemas de saúde como queimaduras e cânceres de pele, envelhecimento precoce e cataratas. Por outro lado, pequenas doses diárias deste tipo de radiação são fundamentais para a síntese de vitamina D no organismo (Diffey, 1991).

A modelagem matemática dos fluxos de R-UVB é de relevância para estudos em diversas áreas de aplicação e dependem do bom conhecimento acerca de variáveis: a) meteorológicas, como o conteúdo de ozônio, presença de aerossóis e nuvens; b) temporais relacionadas à posição do disco

solar; e c) geográficas, como latitude, longitude, altitude e o albedo da superfície. O presente trabalho se atém à análise desta última variável e propõe uma breve discussão acerca dos parâmetros que influenciam sua medida experimental. A motivação para este tipo de experimento visa complementar o importante, e amplamente difundido, trabalho de Blumthaler e Ambach (1988).

## 2. Material e Metodologia

Conforme mostra a figura 1, o albedômetro foi construído a partir da disposição em oposição de dois biômetros Solar Light 501A (<http://www.solarlight.com>), previamente comparados entre si, ajustados para realizarem medidas a cada minuto.



Figura 1 – albedômetro

O princípio de operação destes instrumentos se baseia naqueles usados pelos radiômetros Robertson-Berger. (Berger, 1976). A luz solar penetra através de um domo de quartzo e atravessa um primeiro filtro negro que absorve as radiações de outros comprimentos de onda (visível e infravermelho). A radiação resultante, que contém todo o espectro UV, incide sobre um sensor de fósforo que é excitado e produz luz detectada por um fotodiodo de gálio-arsênio-fósforo (GaAsP). Ambos elementos estão montados dentro de uma cápsula regulada termostaticamente por um elemento de Peltier (termopar). A corrente produzida pelo fotodiodo é convertida em tensão e amplificada através de circuitos eletrônicos. O albedo da superfície ( $A_{UVB}$ ) foi determinado a partir do quociente entre as tensões elétricas medidas pelos sensores, tal que:

$$A_{UVB} = \frac{U_a}{U_d} \quad (1)$$

Onde  $U_a$  representa a tensão relacionada à irradiância refletida pelo solo (ascendente) e  $U_d$  representa a tensão relacionada à irradiância descendente.

O biômetro de face voltada para baixo foi fixado a 40 cm da superfície, de acordo com as recomendações de Blumthaler e Ambach (1988) para manter o sensor entre 30 e 50 cm do solo. Algumas medidas foram realizadas com o sensor fixado a 30 cm do solo e nenhuma alteração significativa do albedo foi registrada. Embaixo do instrumento foi instalada uma placa quadrada de 1,44 m<sup>2</sup> cujas características foram alteradas para representar diferentes tipos de superfície: areia, fôrmica branca, metal e superfícies de madeira pintadas com tinta acrílica branca e preta. Como o

instrumento foi instalado dentro de um cercado meteorológico, outros dois tipos de superfície puderam ser analisados: grama viçosa e grama amarelada em virtude da ausência de exposição à radiação solar por alguns dias. Neste último caso aproveitou-se o estado da grama após duas semanas de utilização das placas.

A temperatura do sensor é igualmente convertida em tensão e, uma vez que a calibração realizada pelo fabricante é válida para a temperatura de 25°C, seu controle tem importância relevante sobre as medidas. Por esta razão, a temperatura do sensor é estabilizada por um circuito elétrico (elemento de Peltier) que, devido ao alto consumo de energia, é desligado quando os níveis de radiação tornam-se praticamente nulos. No entanto, observou-se que o desligamento do circuito do instrumento voltado para baixo pode ocorrer mesmo durante o dia. Em algumas situações de céu nublado com presença de nuvens profundas ou nos períodos próximos do nascer ou ocaso, a radiação refletida pode ser muito tênue e, conseqüentemente, este sensor pode ter o circuito estabilizador desligado. Nestas situações o albedo medido mostrou valores discrepantes que puderam ser corrigidos com a equação de conversão recomendada pelo fabricante:

$$U_{\text{corr}} = \frac{U_{\text{medido}}}{1 + [T - 25] * 0,01} \quad (2)$$

Onde  $U_{\text{corr}}$  é a tensão corrigida,  $U_{\text{medido}}$  é a tensão medida e T é a temperatura do sensor.

### 3. Resultados

#### 3.1 Comparação entre os instrumentos

Em um período de uma semana imediatamente anterior a este experimento, ambos os instrumentos foram colocados lado a lado para comparação. Foi observada uma diferença sistemática de aproximadamente 2,5% entre ambos. Na figura 2 são apresentadas medidas coletadas, minuto a minuto, durante este período. As nomenclatura “sensor 0” e “sensor 1” se referem aos respectivos números de série dos instrumentos. As diferentes colorações na reta foram utilizadas para verificar se os sensores se comportam de maneira distinta de acordo com os níveis de radiação. Porém, como se pode observar, tanto a equação da reta que leva em consideração todos os pontos, como as dos segmentos, apresentam ótima correlação e pequenas diferenças entre as mesmas. Deste modo, a equação  $U_1 = 1,025U_0$  foi utilizada para corrigir os valores utilizados neste experimento.

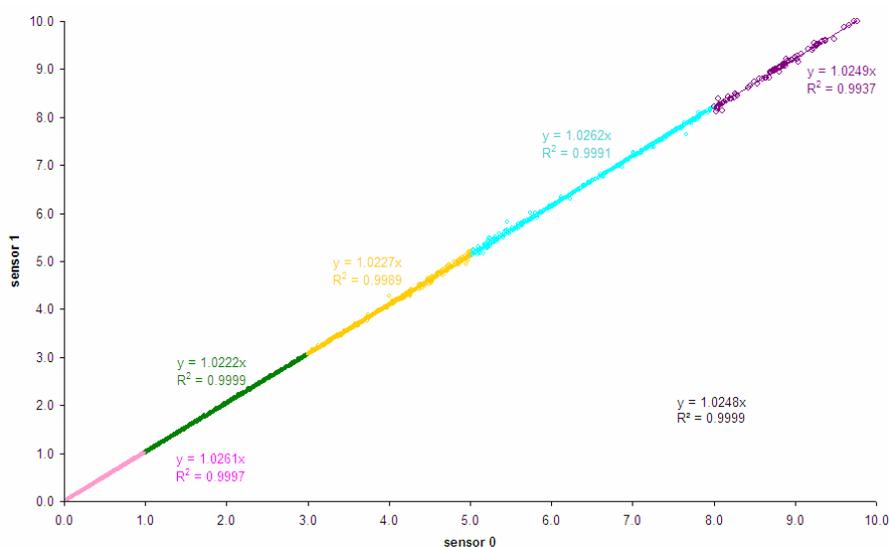


Figura 2 – comparação entre os instrumento

### 3.2. Avaliação do albedo de superfície e influências naturais (nebulosidade e posição do sol).

Na tabela 1 são apresentados os diferentes tipos de superfície, os valores de albedo médio avaliados neste experimento e, também, aqueles apresentados no trabalho de Blumthaler e Ambach (1988). Os resultados deste trabalho foram determinados a partir da média das medidas registradas minuto a minuto entre horários cuja posição zenital do sol foi inferior a 60°:

Tipo de superfície	Albedo médio (%)	
	Este Trabalho	BA88
Gramma viçosa	1,1 ± 0,1	1,3
Gramma amarelada	1,0 ± 0,1	–
Metal (aço fosco)	4,3 ± 0,1	–
Madeira clara	2,6 ± 0,1	–
Placa de madeira pintada de branco	4,2 ± 0,1	–
Placa de madeira pintada de preto	2,7 ± 0,1	–
Placa de fórmica branca (laminado melamínico)	7,9 ± 0,4	–
Areia grossa úmida	2,4 ± 0,2	–
Areia grossa seca	4,2 ± 0,1	–
Areia de aluvião	–	9,1
Asfalto	–	5,5
Água	–	4,8
Gelo	–	7,8
Terra	–	2,2
Rocha primitiva	–	3,7
Quadra de tênis	–	2,9
Pasto alpino	–	4,9
Pedra calcária	–	11,2
Neve seca (nova)	–	94,4
Neve úmida (nova)	–	79,2
Neve seca (antiga)	–	82,2
Neve úmida (antiga)	–	74,4

Tabela 1 – albedo UVB de diferentes superfícies

De forma a se verificar a influência de diferentes condições atmosféricas sobre os resultados, os períodos de coleta variaram entre 2 e 4 dias para cada tipo de superfície. Conforme exemplifica a figura 3, não foram observadas variações significativas das medidas de albedo médio em situações de céu claro ou encoberto. Nos casos da nebulosidade observada no período vespertino, notou-se apenas a presença de pequenas variações nos valores de albedo instantâneo. No entanto, os valores médios calculados para os períodos de céu claro (12 – 15h30 UTC) e com nebulosidade (15h30 – 18 UTC) foram próximos e, respectivamente, iguais a  $2,7 \pm 0,1$  e  $2,6 \pm 0,1$ .

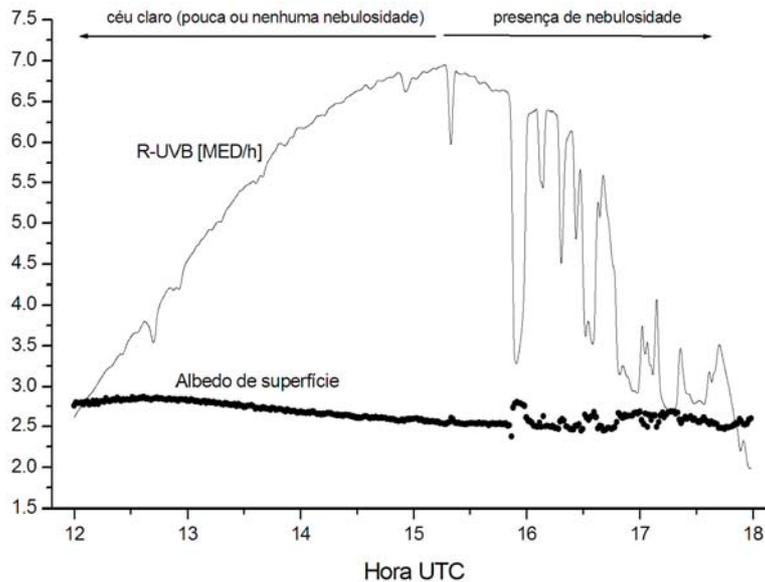


Figura 3 – Efeito da nebulosidade sobre o albedo de superfície (linha – R-UVB em unidades de MED/h; pontos – albedo UVB)

A variabilidade horária do albedo também foi analisada. No início e no fim do dia foram observadas variações significativas nas medidas, as quais podem ser atribuídas a fatores relacionados com a posição do sol, tenuidade dos fluxos, resposta angular do sensor e, também, desligamento do controle de temperatura. O fabricante dos instrumentos garante erros máximos de 6% para ângulos zenitais solares menores que  $70^\circ$ , devido à resposta do sensor ao cosseno do ângulo solar zenital. No entanto, conforme mostra a figura 4, a variabilidade dos resultados é intensa para ângulos zenitais inferiores a  $60^\circ$  ( $11h30 < t < 18h30$  UTC). Desta forma, somente os valores medidos dentro deste intervalo foram utilizados para o cálculo do albedo médio de cada superfície. Em todas as séries registradas observou-se um ciclo diário com valores mínimos de albedo próximo ao meio-dia. A amplitude desta variação é inferior a 1% do valor do albedo médio e pode ser atribuída ao movimento do sol e ao conseqüente aumento de radiação difusa em horários cujo caminho óptico é maior. De qualquer modo, esta variação exerce pouca influência sobre o valor do albedo médio.

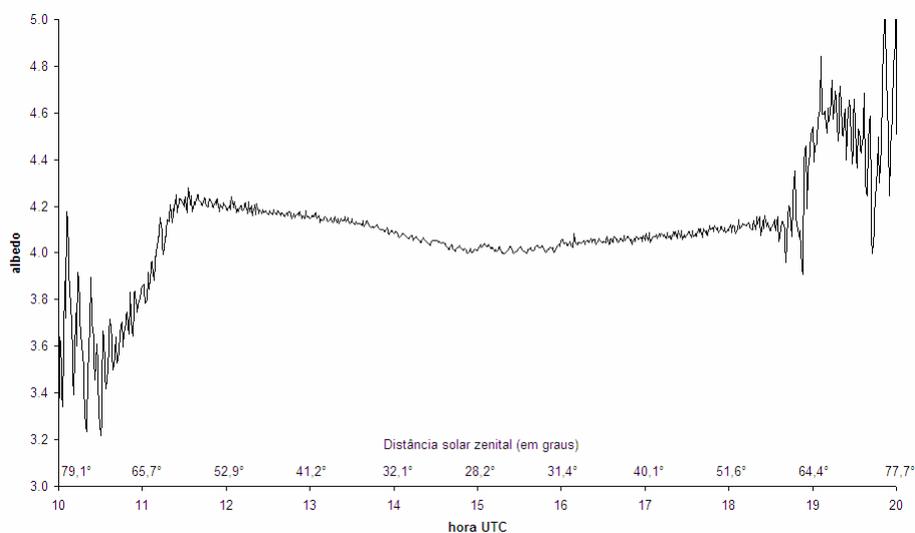


Figura 4 – Exemplo da variação horária do albedo de superfície

### 3.3. Influências atribuídas às propriedades do sensor

Conforme descrito na seção 2, por recomendação do fabricante, os biômetros foram instalados com um circuito de compensação responsável por ajustar a temperatura do sensor em torno de 25°C. No entanto, o circuito de estabilização é controlado pela intensidade da radiação incidente e, por vezes, o sensor com a face voltada para baixo tem o circuito desligado devido às intensidades muito tênues de energia refletida pelo solo. Nestas situações e, também, em dias muito quentes, ou muito frios, podem ocorrer variações importantes nas medidas realizadas pelo sensor. A figura 5 apresenta um exemplo do problema, na qual pode ser observado que as maiores amplitudes entre o albedo medido e aquele corrigido pela equação 2 ocorrem em situações de maior diferença de temperatura entre os dois sensores. Deve-se ressaltar que o sensor com a face voltada para cima mantém sua temperatura em torno de 25°C durante todo o dia. Por outro lado, o sensor voltado para o solo atingiu temperaturas superiores aos 34°C, nestas situações foram observadas alterações no albedo maiores que 10%.

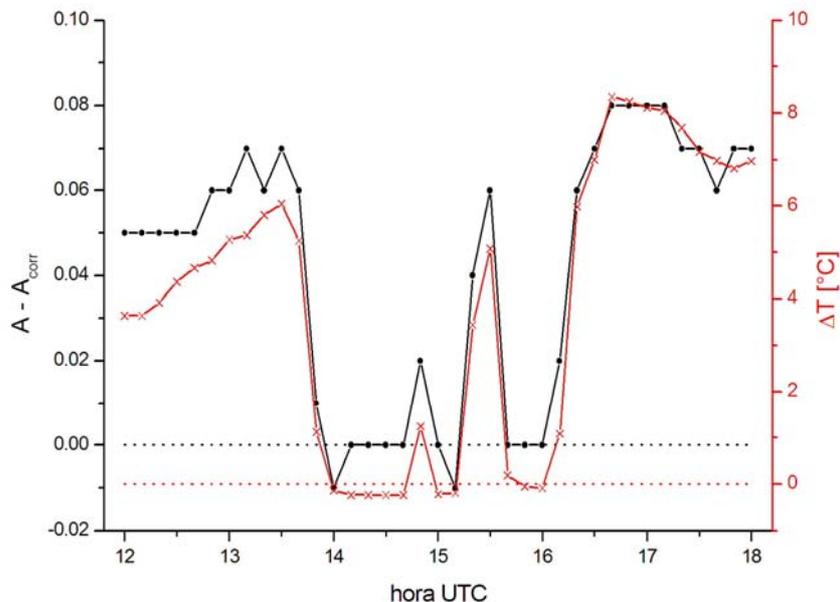


Figura 5 – Influência da temperatura do sensor sobre a avaliação do albedo  
(em preto – diferença entre albedo medido e albedo corrigido pela equação 2)  
(em vermelho – diferença entre as temperaturas dos sensores com e sem funcionamento do circuito de estabilização)

## 4. Conclusões

Neste trabalho foram apresentados valores de albedo UVB para diferentes superfícies, de modo a complementar a tabela apresentada em Blumthaler e Ambach (1988). Esta contribuição tem importância relevante, principalmente em cálculos de radiâncias e irradiâncias UVB por modelos computacionais de transferência radiativa. Foram também destacados problemas observados durante os experimentos, tais como a influência da variação da temperatura do sensor, da nebulosidade e do ciclo diurno sobre a avaliação do albedo. O controle de temperatura mostrou-se imprescindível, enquanto a nebulosidade mostrou pouca influência sobre o albedo medido. Quanto ao ciclo diurno, valores próximos do nascer e do ocaso foram descartados, enquanto valores determinados a partir do ângulo zenital solar de 60° foram considerados na avaliação do albedo médio.

Outras superfícies deverão ser avaliadas, tais como diferentes tipos de areia e outras superfícies comumente encontradas em zonas urbanas. Tais tipos de solo são fundamentais para estimativas da influência da R-UVB sobre o ser humano. Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa em desenvolvimento no Brasil, que inclui a avaliação de outros fatores que influenciam os fluxos de R-UV, tais como a altitude, aerossóis e nuvens. Maiores detalhes podem ser consultados em <http://satelite.cptec.inpe.br/uv>.

### **Agradecimentos**

O autor agradece aos técnicos do Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM) do INPE, ao Dr. Juan Carlos Ceballos e à FAPESP pelo financiamento deste trabalho como parte do Projeto de Pesquisa n° 04/00937-3.

### **Referências**

1. Blumthaler M. e W. Ambach. Solar UVB-Albedo of various surfaces. *Photochem. Photobiol.*, 48(1), 85-88, 1988.
2. Berger, D., (1976) The sunburning ultraviolet meter: design and performance. In: *Photochem. Photobiol.*, 24, 587-593.
3. Diffey, B.L. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys. Med. Biol.*, 36(3), 299-328, 1991.