

# NOVO ALGORITMO PARA MONITORAR VARIABILIDADE CLIMÁTICA

*Nelson Veissid*

Lab. Associado de Sensores e Materiais, Inst. Nac. de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP Bra.  
veissid@las.inpe.br

**RESUMO:** O segundo satélite da Missão Espacial Completa Brasileira do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (SCD2/MECB) lançado no dia 23 de outubro de 1998 carrega a bordo um experimento (ECS) de células solares espaciais produzidas no Brasil. O objetivo principal do ECS é de qualificar estes dispositivos em missão. O experimento atua como um sensor de radiação e permite medir a radiação solar direta e a parcela desta radiação que é refletida para fora de Terra. Portanto, o ECS permite estimar o albedo global através da relação entre estes dois valores depois de correções angulares esféricas. Estatística feita na coletânea de dados do albedo permitiu estabelecer padrões sazonais para diferentes regiões na América do Sul. O algoritmo proposto neste trabalho baseia-se na comparação do padrão sazonal da variação do albedo planetário sobre uma específica região, tomado nos anos de 1999-2003 (período de 5 anos) e comparado com os anos seguintes 2004 e 2005. Curvas de médias mensais e seus respectivos desvios padrões permitem estabelecer uma previsão de 95% da ocorrência dos valores do albedo planetário, dentro de uma faixa ou envoltória de mais ou menos dois desvios padrões em torno do seu valor médio. Os valores de albedo dos anos de 2004 e 2005 respeitaram estes padrões, para todas as regiões estudadas menos na região chamada de Atlântico Sul (18°S, 33°W). Este região apresentou elevado aumento do albedo, principalmente nos primeiros semestres destes dois últimos anos, e, portanto, pode-se concluir que houve mudança climática nesta região. Desta forma, os dados de albedo planetário visto pelo ECS possibilitam, através deste algoritmo, o monitoramento de variabilidade climática.

**ABSTRACT:** The second satellite of the Brazilian Space Mission Brazilian of the National Institute of Space Researches (SCD2/MECB) launched on October 23, 1998 carries on board an experiment of space solar cells (ECS) produced in Brazil. The main objective of this Experiment is to qualify this device in mission. The experiment acts as a sensor of radiation and it allows measure the direct solar radiation and the portion of this radiation that it is reflected outside of Earth. Therefore, the Experiment allows measure the global albedo through the relationship between these two values after spherical angular corrections. Statistics done in the data of the albedo allowed establish seasonal patterns for different areas in South America. The algorithm proposed in this work is based in the comparison of the seasonal pattern of the variation of the planetary albedo on a specific region, taken in the years of 1999-2003 (period of 5 years) and compared with the years 2004 and 2005. Curves of monthly averages and their respective standard deviations allow establish a forecast of 95% of the occurrence of the values of the planetary albedo, inside of an envelope of more or less two standard deviations around his medium value. The values of albedo of the years of 2004 and 2005 respected these patterns, for all of the areas studied, with exception in the called area of South Atlantic Ocean (18°S, 33°W). This area presented high increase of the albedo, mainly in the first semesters of these two years, and, therefore, it can be concluded that there was climatic change in this area. This way, the data of planetary albedo seen by ECS make possible, through this algorithm, the monitoring of climatic variability.

**Palavras-Chave:** Albedo Planetário, Satélite, Célula Solar, América do Sul, Variabilidade Climática.

## 1. INTRODUÇÃO

O Experimento Célula Solar (ECS) do satélite Brasileiro SCD2/MECB atua como um sensor de radiação eletromagnética (350-1100 nm) e permite medir o albedo global sobre a América do Sul (Veissid et al., 1999). Os dados de albedo correspondem a vários arquivos diários armazenados e processados desde a data do lançamento do satélite. Estes dados podem ser agrupados em períodos de tempo (anual, sazonal ou mensal) ou serem estudados por regiões em latitude e longitude (Veissid & Pereira, 2000). Os dados do ECS são transmitidos em tempo real pela telemetria do satélite e recebidos na estação receptora de Cuiabá, MT-Brasil (16°S, 56°W). A Figura 1 mostra as órbitas do satélite SCD2 dentro da visada desta estação no mês de novembro de 1998.

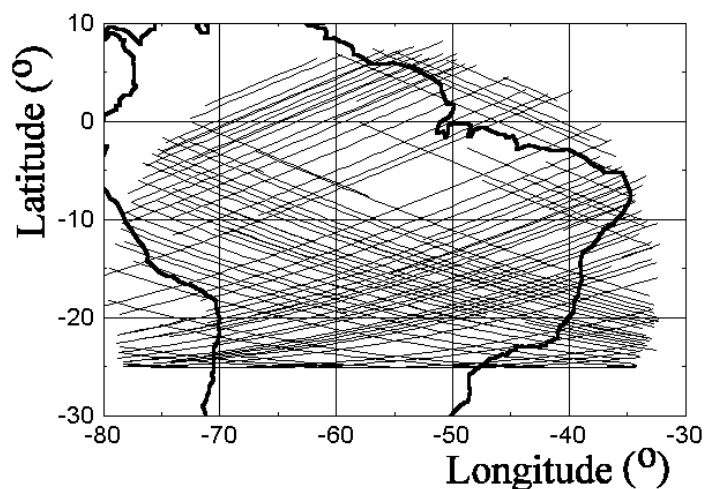


Figura 1: Órbitas do SCD2 dentro da visada da estação receptora em Cuiabá-MS em novembro de 1998.

A distribuição estatística temporal do albedo sob uma determinada região (círculo em latitude e longitude com diâmetro de  $5^\circ$ ) mostra comportamento Gaussiano para o logaritmo do albedo. Esta distribuição permite determinar o valor médio e o respectivo desvio padrão como uma função ao longo dos dias do ano. Este comportamento permite monitorar variabilidade climática, pois variações deste padrão são indícios de mudança (Veissid, 2002).

## 2. METODOLOGIA

Os dados de albedo acumulados desde o lançamento do SCD2 e selecionados dentro de várias regiões em latitudes e longitudes, foram processados para se estabelecer um padrão estatístico (VEISSID, 2003). Varias distribuições estatísticas foram testadas (Gaussiana, Poisson, Lorentziana e outras) e, finalmente, observou-se que o logaritmo do albedo obedecia a uma distribuição normal do tipo Gaussiana. Desta forma, temos uma base estatística para calcular os valores médios e os desvios padrões e, conseqüentemente, definir os padrões em diferentes regiões da América do Sul.

O período de 1999 até 2003 foi escolhido para definir este padrão. Por exemplo, o gráfico do lado esquerdo da Figura 2 mostra esta estatística sobre a cidade de São Paulo ( $24^\circ\text{S}$ ,  $47^\circ\text{W}$ ) numa área quadrada em latitude e longitude com lados de  $5^\circ$ . As curvas mostram a variação do valor médio e uma faixa de dois desvios padrões de largura (envoltória), que engloba 95% dos eventos registrados. Portanto, desta forma tem-se um padrão bem definido, pois foi obtido num período de cinco anos. O gráfico do lado direito da Figura 2 mostra os dados de albedo para os anos de 2004 e 2005, juntamente com as curvas estatísticas obtidas no período de 1999-2003. A comparação dos dois gráficos da Figura 2 permite estimar por visualização se houve mudança climática na região estudada e, também, permite calcular a porcentagem de eventos que ocorreram dentro da envoltória de dois desvios padrões. Por exemplo, para este gráfico sobre a região da cidade de São Paulo foi registrado 94% dos eventos e, isto mostra, que a estatística foi obedecida porque o valor esperado era de 95%, pois dentro de dois desvios padrões deve-se sempre ter 95% de ocorrência de eventos. Portanto, para esta região não houve mudança climática nos anos de 2004 e 2005 quando comparado com o período de 1999-2003.

## 3. RESULTADOS

Dentro da visada da estação receptora do sinal do satélite SCD2, mostrada na Figura 1, foram escolhidas regiões aleatórias para serem mostradas neste trabalho. Os dados de albedo do ECS permitem escolher outras regiões para estudo. A Figura 2 no lado direito mostra a estatística feita para os anos de 1999-2003 sobre a região da cidade de São Paulo, dentro de um círculo com diâmetro de  $5^\circ$  em latitude e longitude. O gráfico do lado esquerdo desta figura mostra os valores de albedo dos anos de 2004 e 2005, junto com as curvas de albedo médio e da envoltória de mais ou menos dois desvios padrões obtidos no estudo estatístico do período de 1999-2003. As Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 mostram este mesmo estudo estatístico feitos nas regiões da cidade de Brasília, da cidade de Belém, da cidade de Manaus e no Atlântico Sul, todos dentro de um círculo com diâmetro de  $5^\circ$  em latitude e longitude.

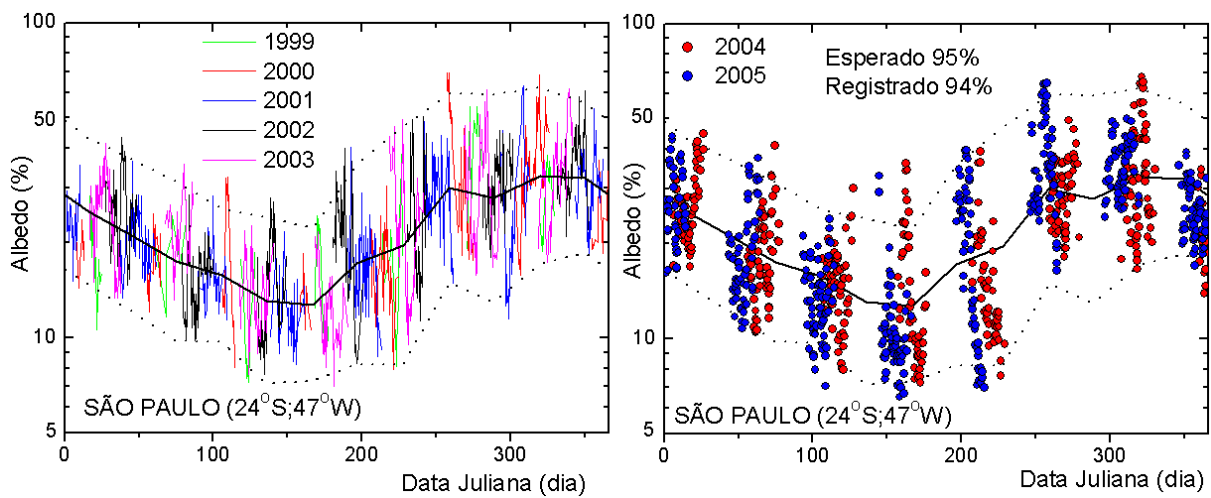


Figura 2: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de São Paulo.

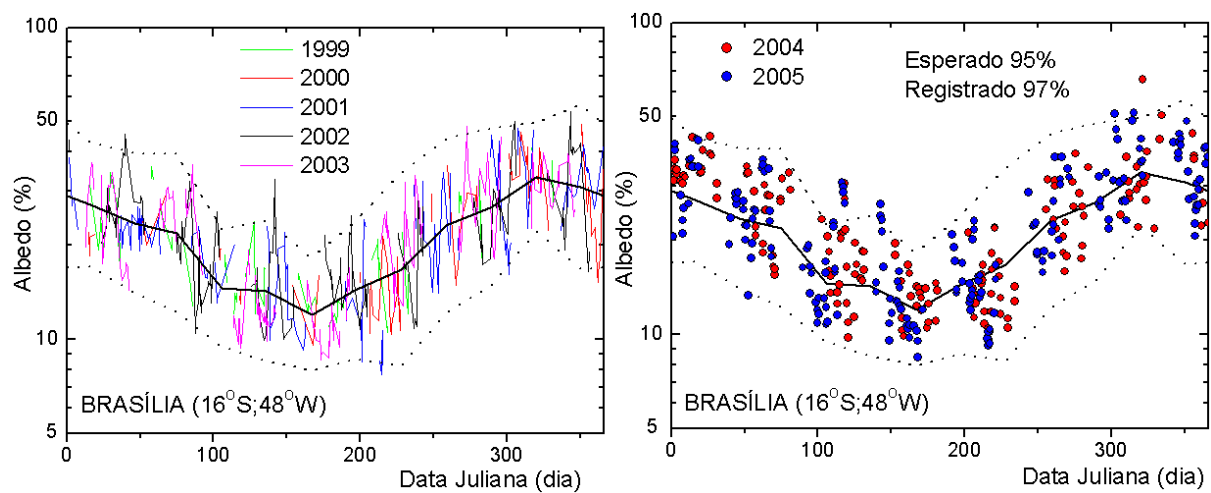


Figura 3: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de Brasília.

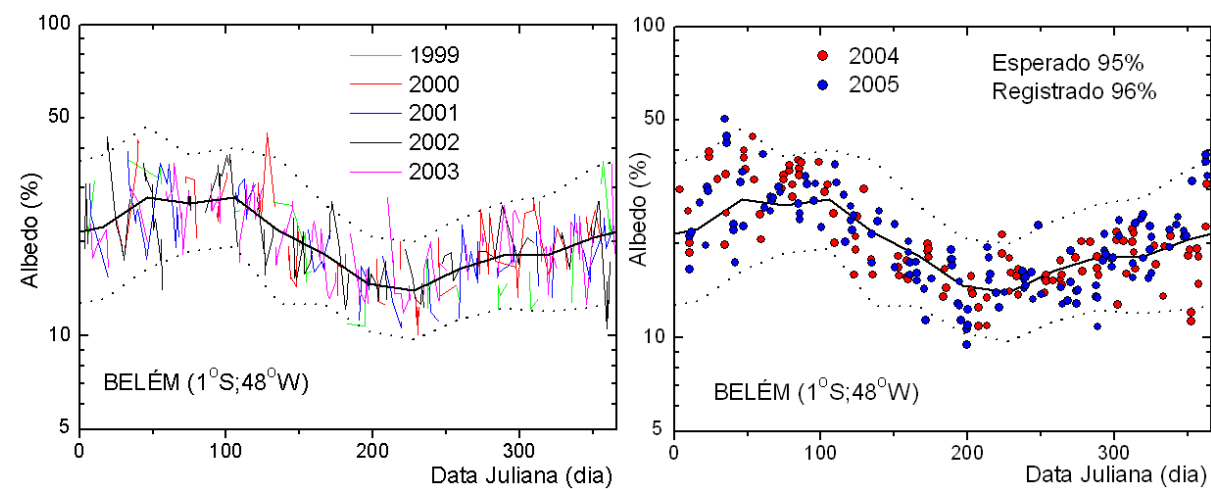


Figura 4: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de Belém.

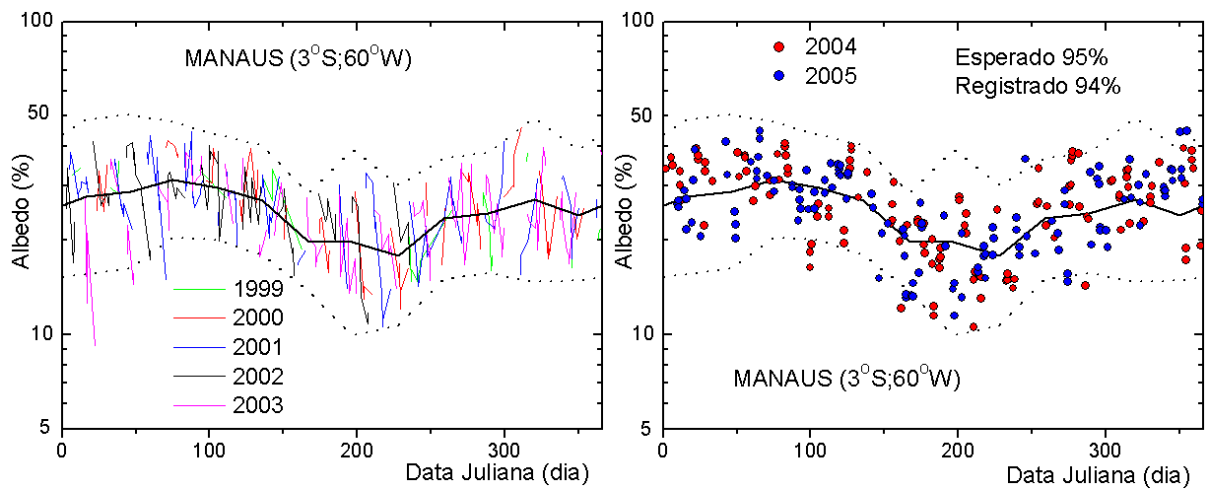


Figura 5: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de Manaus.

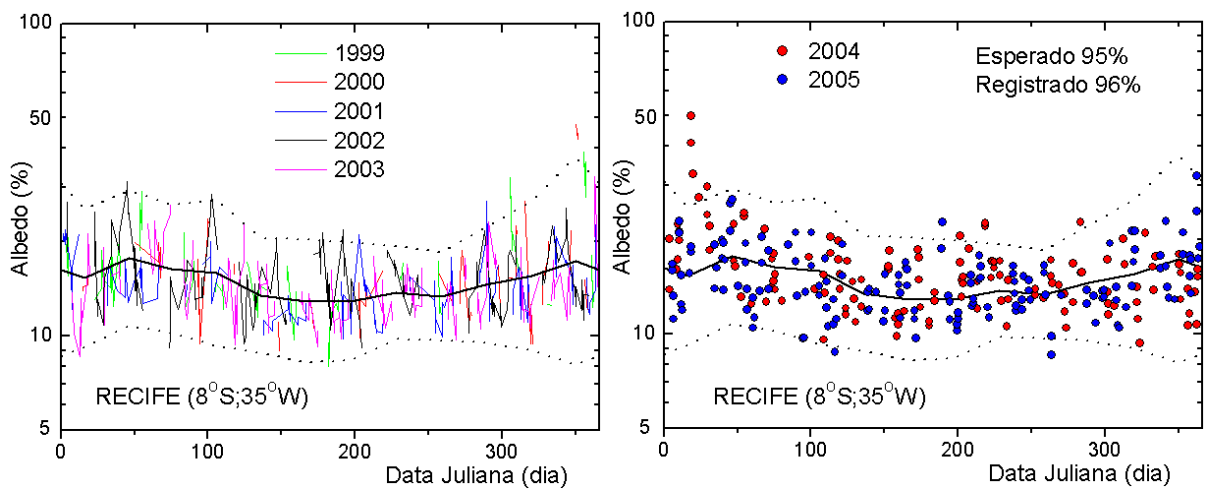


Figura 6: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de Recife.

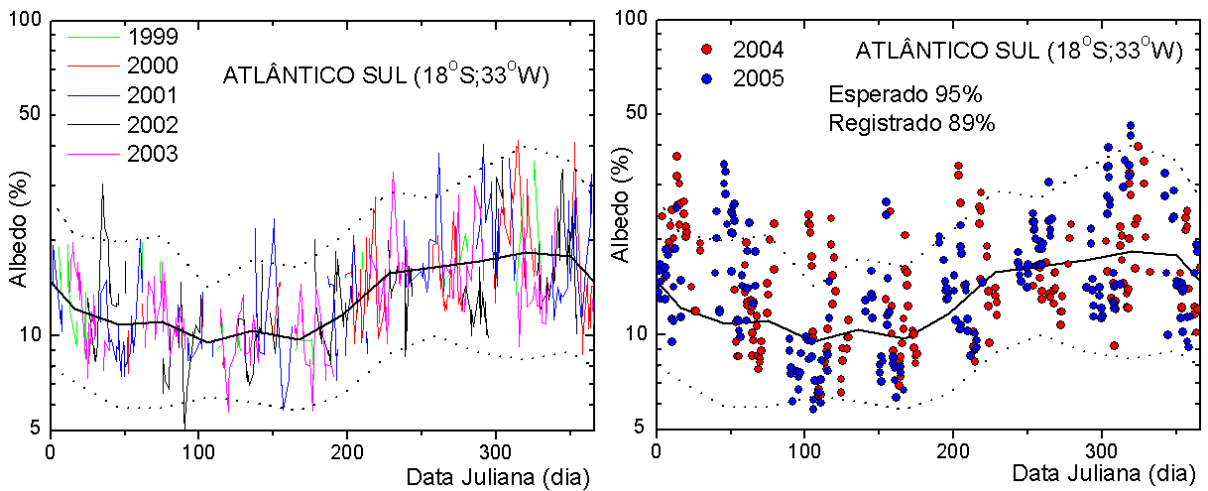


Figura 7: Estatística dos Valores de albedo sobre a região do Atlântico Sul.

#### 4. CONCLUSÕES

Um experimento simples colocado a bordo de um satélite Brasileiro permite estimar o albedo planetário em tempo real. Os dados tratados com um algoritmo adequado permitem monitorar variabilidade climática pois o albedo corresponde a refletividade da energia solar pelo sistema atmosfera-superfície. Por exemplo, as nuvens produzem refletividade entre 60% e 80% e o oceano é menor do que 5%. Os continentes refletem entre 10% e 30%, dependendo da cobertura do solo. Portanto, o albedo é um excelente “termômetro” para monitorar variabilidade climática.

A metodologia empregada elimina o efeito da degradação dos sensores (células solares) do ECS pois os dois sinais sofrem redução proporcional que é compensada pelo quociente no cálculo do albedo. Fato análogo acontece com o efeito da temperatura.

Os dados do albedo medido pelo ECS também podem ser apresentados na forma de imagens sobre o mapa da América do Sul e elas são importantes aos climatologistas e meteorologistas para o entendimento dos processos atmosféricos. Principalmente no estudo dos processos sazonais, processos naturais (el-niño) e humanos (poluição).

As curvas de dispersão do albedo mostram que o Atlântico Sul, nos primeiros semestres de 2004 e 2005, foi a região que apresentou maior mudança climática, pois a confiabilidade esperada de 95% resultou numa taxa de apenas 83% de valores de albedo dentro da envoltória de mais ou menos dois desvios padrões. Mesmo considerando os anos inteiros de 2004 e 2005 a taxa de ocorrência foi de 89%. Tal comportamento anômalo do albedo encontrado sobre o Atlântico Sul não pode ser explicado por variações aleatórias, mas somente por mudança climática e, este fato, poderá ser confirmado com dados de estações meteorológicas ou dados de outros satélites. O processamento dos dados do ECS nos anos seguintes (2006, 2007 e 2008) irá mostrar se este fato foi decorrente de alguma variação sazonal ou se ele confirma mudança climática global.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VEISSID, N.; BELOTO, A. F.; FERREIRA LEITE, N. "Experimentos Célula Solar 1 e 2 dos Satélites SCD1 e SCD2 do INPE". **Seminários de Fontes Não-Convencionais de Energia – As Tecnologias Solar, Eólica e de Biomassa**, Florianópolis-SC, 6 a 8 de Dezembro de 1999, Trabalho completo publicado nos Anais, pg. 171-190.

VEISSID, N.; PEREIRA, E. B. "Um Modelo Simples de Levantamento do Albedo Planetário Empregando Dados do Experimento Célula Solar do Satélite Brasileiro SCD2", **Brazilian J. of Geophysics**, Vol. 18(1), p. 25, 2000.

VEISSID, N. "Variabilidade Climática Caracterizada pelo Desvio Padrão do Albedo Planetário". **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia: A Meteorologia e a Gestão de Energia**, Foz do Iguaçu-PR, 4 a 9 de Agosto de 2002, Trabalho completo publicado nos Anais (CD-ROM), trabalho 2142-1.

VEISSID, N. "New Developments in Using Solar Cells as Remote Sensors to Gauge Climate Change", **Environmental Geosciences**, Vol. 10(2), p. 47-57, 2003.

VEISSID, N. "New Satellite Sensor and Method for the Direct Measurement of the Planetary Albedo, Results for the 1999, 2000 and 2001 in South America", **Atmospheric Research**, Vol. 66, p. 65-82, 2003.