

## Novo algoritmo para mapas de variabilidade climática

Nelson Veissid

Laboratório associado de Sensores e Materiais - LAS  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
veissid@las.inpe.br

**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, 2005 and 2006. Curves of monthly averages and their respective standard deviations allow establish a forecast of 68% of the occurrence of the values of the planetary albedo, inside of an envelope of more or less one standard deviation 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 for these years. The year 2006 all values returned to the normal values. This way, the data of planetary albedo seen by ECS make possible, through this algorithm, the monitoring of climatic variability.

**Palavras-chave:** Earth Albedo, Satellite, Solar Cell, South America, Global Changing, Albedo Planetário, Satélite, Célula Solar, América do Sul, Mudanças Globais.

### 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.

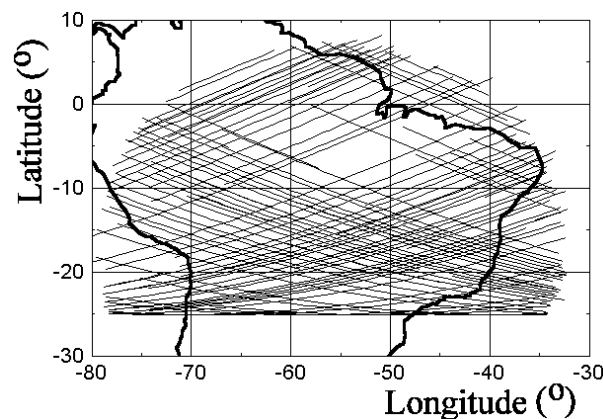


Figura 1: Órbitas do SCD2 na visada da estação receptora de Cuiabá-MS em novembro/1998.

A distribuição estatística temporal do albedo sob uma determinada região (círculo em latitude e longitude com diâmetro de 5°) 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°S, 47°W) numa área quadrada em latitude e longitude com lados de 5°. As curvas mostram a variação do valor médio e uma faixa de dois desvios padrões de largura (envoltória), que engloba 68% 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, 2005 e 2006, 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 67% (2004), 63% (2005) e 68% (2006) dos eventos e, isto mostra, que a estatística foi obedecida porque o valor esperado era de 68%, pois dentro de uma envoltória de dois desvios padrões de largura em torno do valor médio devemos sempre ter 68 % de ocorrência de eventos. Portanto, para esta região não houve mudança climática nos anos de 2004-2006 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° em latitude e longitude. O gráfico do lado esquerdo desta figura mostra os valores de albedo dos anos de 2004-2006, junto com as curvas de albedo médio e da envoltória de mais ou menos um desvio padrão obtido no estudo estatístico de cinco anos no período de 1999-2003. As Figuras 3 e 4 mostram este mesmo estudo estatístico feitos nas regiões da cidade de Manaus e de Belém, todos dentro de um círculo com diâmetro de 5° em latitude e longitude.

A Figura 5 mostra os valores de albedo para a região que teve a maior variabilidade no ano de 2004. A Figura 6 mostra a estatística para a região com maior variabilidade em 2005. As Figuras 7 e 8 mostram os piores casos de variabilidade do albedo para o ano de 2006.

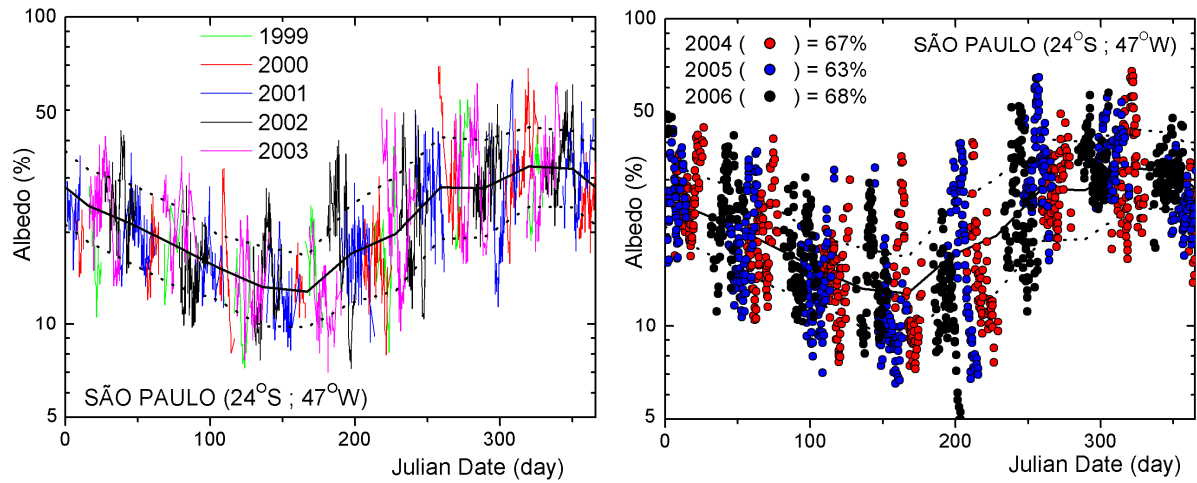


Figura 2: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de São Paulo.

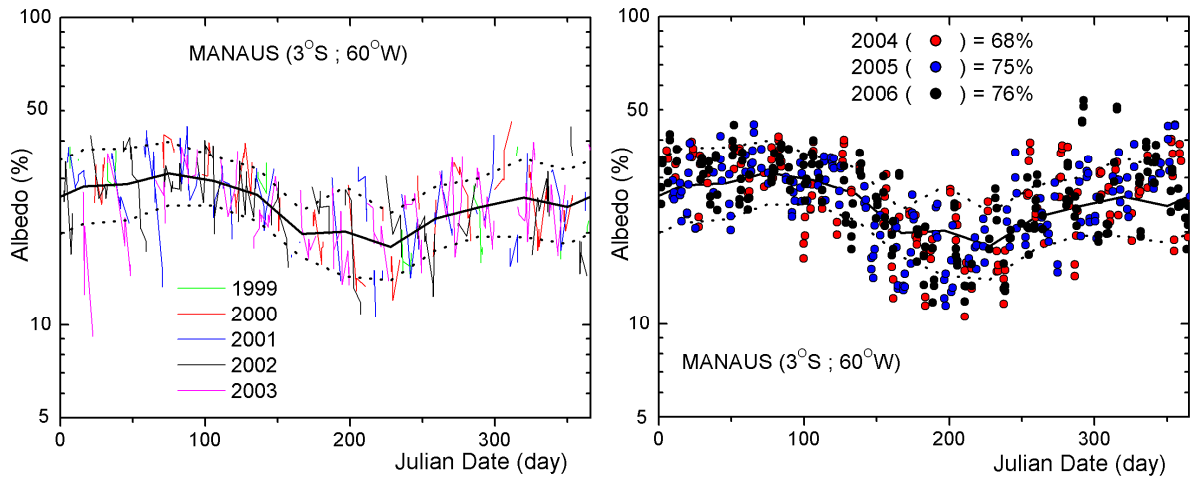


Figura 3: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de Manaus.

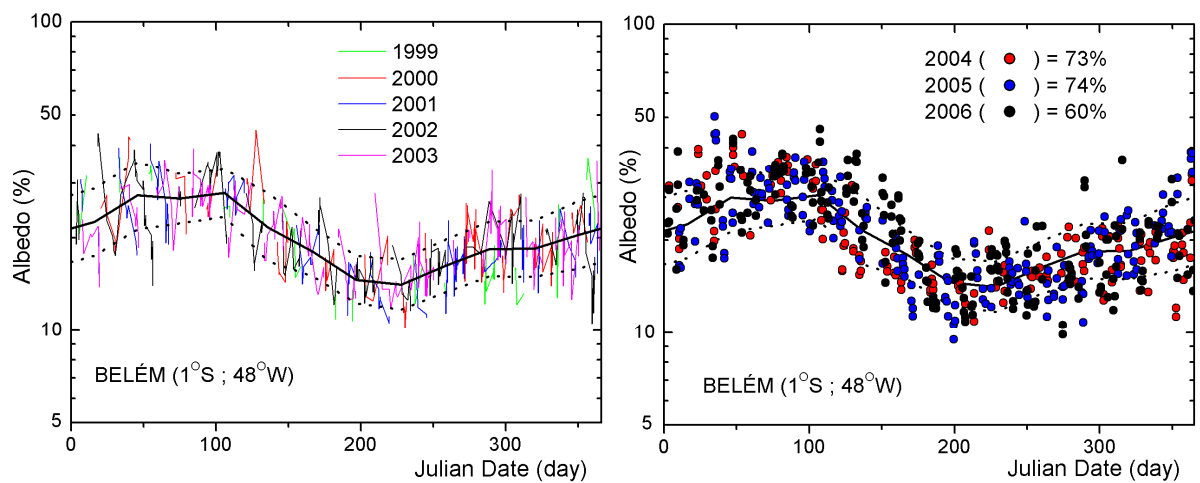


Figura 4: Estatística dos Valores de albedo sobre a região da cidade de Belém.

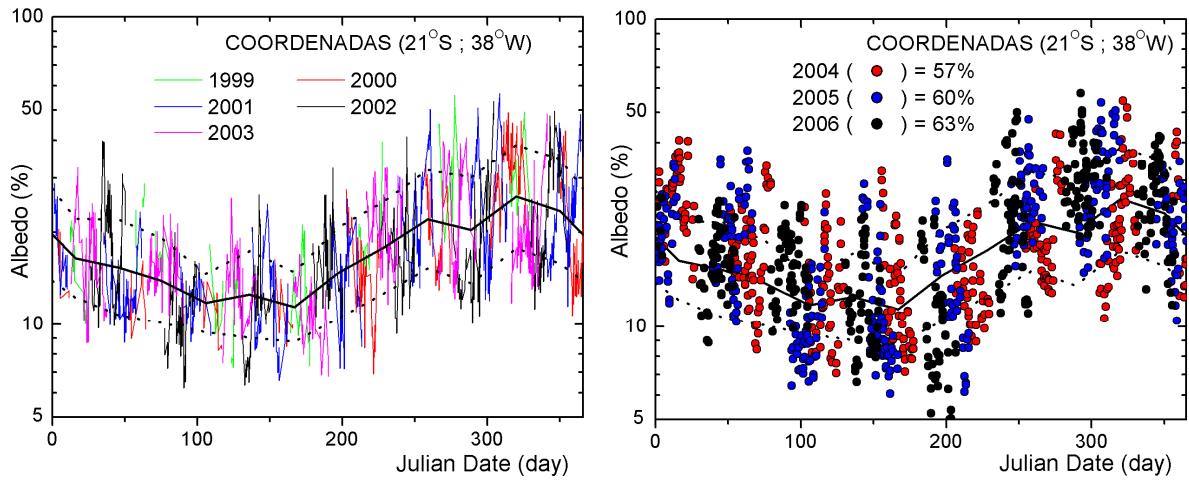


Figura 5: Estatística dos Valores de albedo sobre a região com coordenadas 21°S e 38°W.

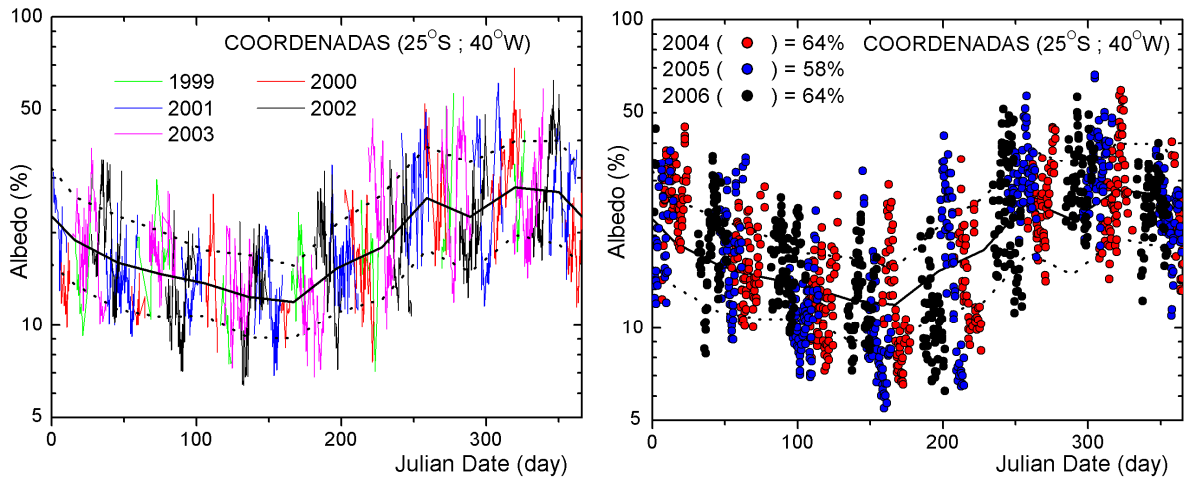


Figura 6: Estatística dos Valores de albedo sobre a região com coordenadas 25°S e 40°W.

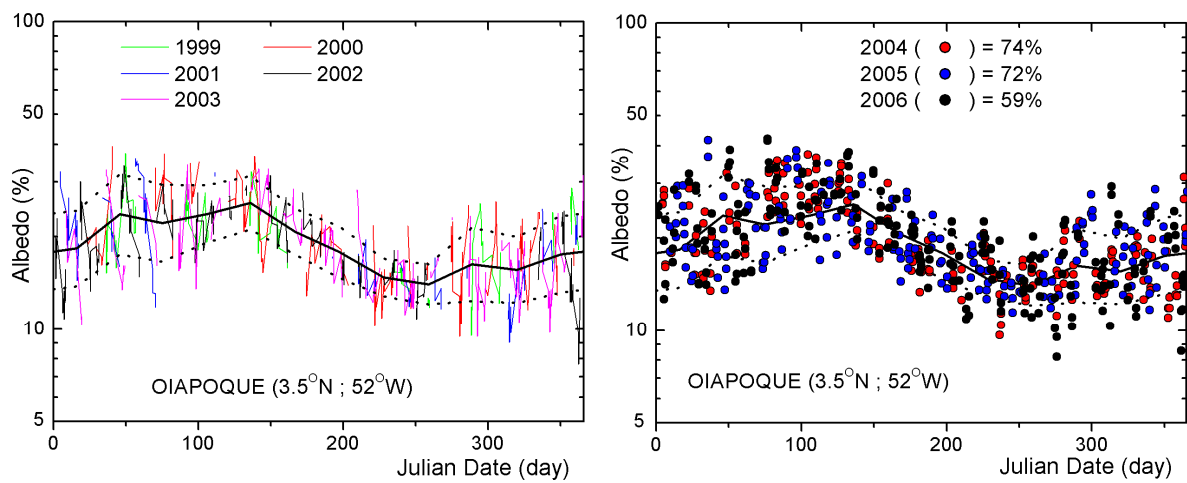


Figura 7: Estatística dos Valores de albedo sobre a região do Oiapoque.

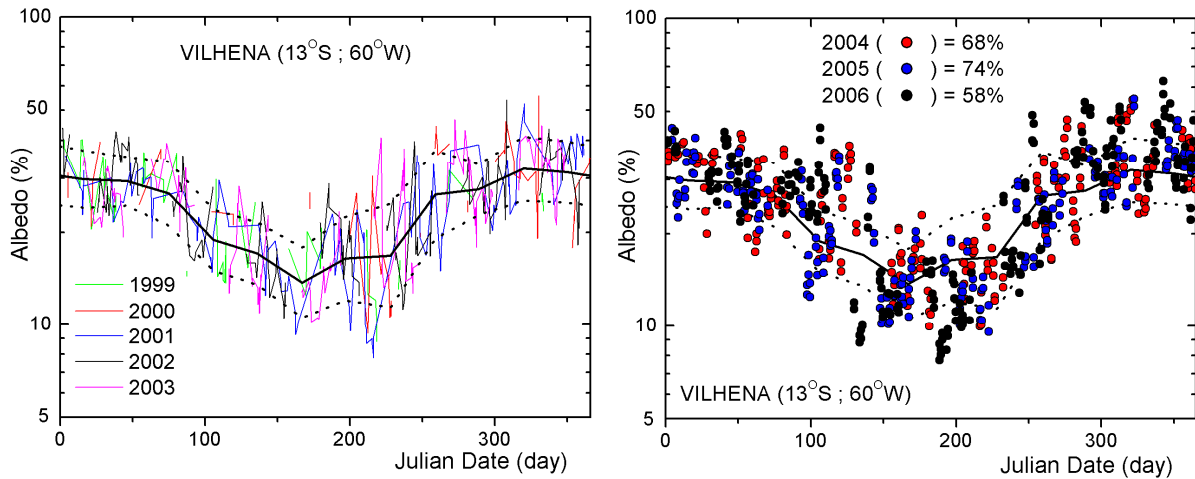


Figura 8: Estatística dos Valores de albedo sobre a região de Vilhena.

A estatística mostrada nas Figuras 2-8 apresenta aspectos regionais interessantes. Por exemplo, a região sobre a cidade de São Paulo tem a maior dispersão dos valores de albedo ao longo do ano quando comparada com todas as outras regiões da América do Sul. Este fato é decorrente de sucessões alternadas de frentes frias e de frentes com umidade proveniente da região Norte. A Figura 4, estatística da região sobre a cidade de Belém, mostra a faixa mais estreita de confiabilidade com 68 % de todas as regiões analisadas e, apesar disto, os anos de 2004 e 2005 mantiveram os dados de albedo dentro desta faixa. No ano de 2006 pode-se ver um aumento na dispersão porém com manutenção do valor médio. A Figura 8, sobre a região da cidade de Vilhena, também mostra esta característica. A Figura 5, dados de albedo sobre o Oceano Atlântico na altura do litoral do Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, mostra um acentuado aumento no valor do albedo para os anos de 2004 e 2005, provavelmente, devido ao aumento de cobertura de nuvens. Nesta Figura, pode-se confirmar que no ano de 2006 a situação retornou aos dados da estatística de 1999-2003. Varias outras conclusões podem ser extraídas na análise dos dados deste tipo de figura.

Os mapas das Figuras 9, 10 e 11 mostram a variabilidade climática para os anos de 2004, 2005 e 2006. Estes mapas sintetizam em formato de isolinhas por barras de cores as informações da dispersão, em torno de mais ou menos um desvio padrão em torno da média, mostradas nas Figuras 2-8 para regiões isoladas.

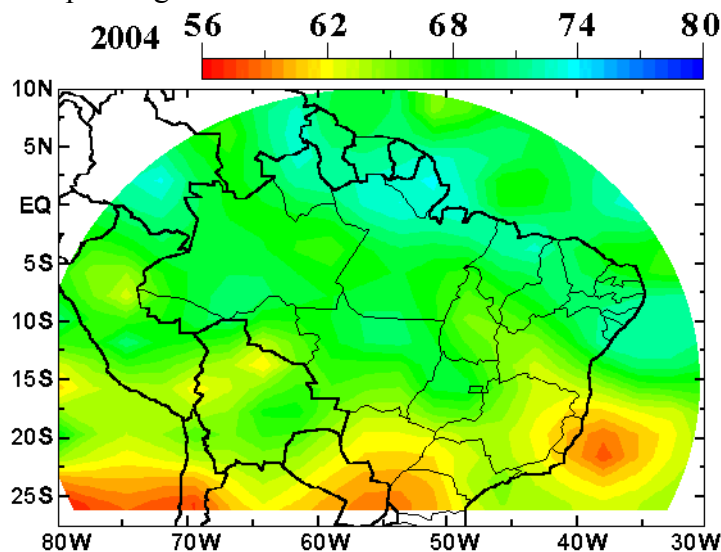


Figura 9: Mapa de variabilidade climática para 2004.

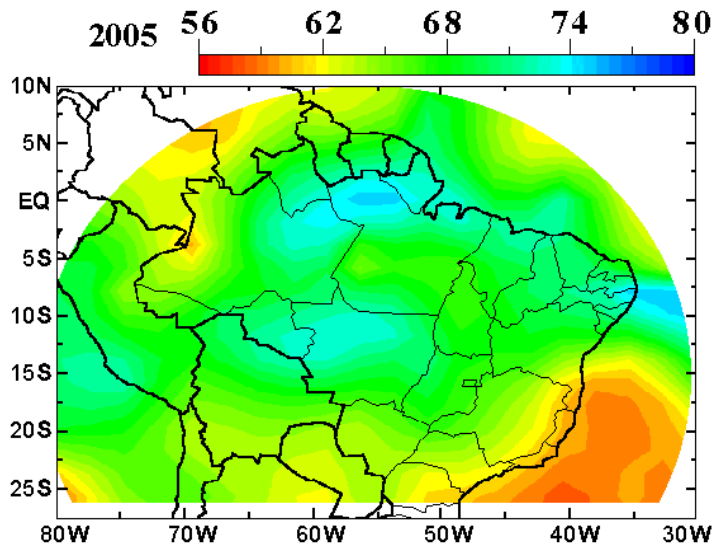


Figura 10: Mapa de variabilidade climática para 2005.

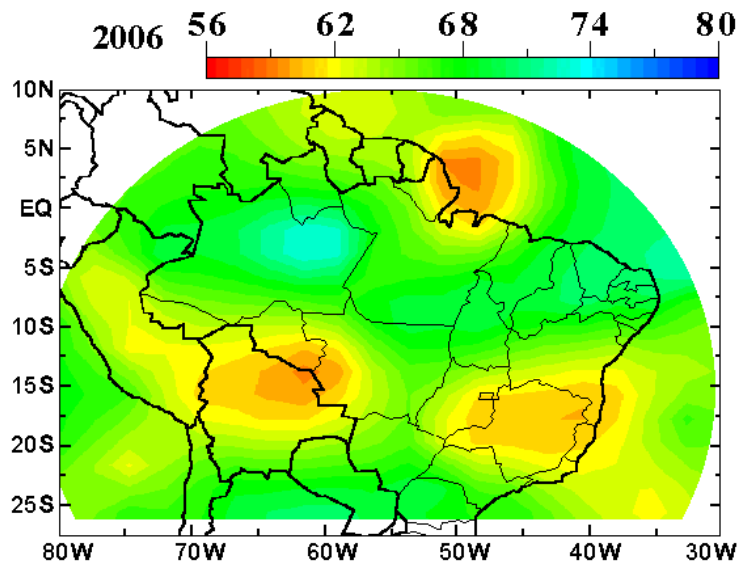


Figura 11: Mapa de variabilidade climática para 2006.

#### 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 monitor da variabilidade climática.

A metodologia empregada é isenta dos efeitos 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, também, 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).

Os mapas de variabilidade climática mostram que o Atlântico Sul, nos anos de 2004 e 2005, foi a região que apresentou maior mudança climática, pois a frequência esperada de 68% resultou num valor menor do que 62%. A Figura 11 mostra que no ano 2006 a situação voltou a normalidade. Desta, forma, pode-se concluir que esta região não teve uma verdadeira variabilidade climática porém, talvez, uma leve oscilação anual. O processamento dos dados do ECS dos anos 2007 e 2008 irá permitir novos testes para o algoritmo mostrado neste trabalho. Adicionalmente, o autor espera que o próximo El-Niño seja intenso suficiente, também, para mostrar a validade do método.

## 5. Citações e Referências

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.