

O EXPERIMENTO ALBEDO DO SATÉLITE BRASILEIRO SCD2

Nelson Veissid – veissid@las.inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Sensores e Materiais, LAS/INPE-SJC

Resumo. O segundo satélite da Missão Espacial Completa Brasileira do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (SCD2/MECB-INPE) foi colocado em órbita em outubro de 1998 e leva a bordo um experimento de células solares. O principal objetivo é o de qualificar em missão células solares espaciais produzidas no Brasil. Células solares atuam como sensores de radiação e isto permite medir a radiação direta do Sol e a radiação que é refletida pelo planeta Terra para o espaço exterior. Portanto, desta maneira o experimento pode medir o albedo planetário que é a razão entre os valores destas duas radiações, após correções angulares esféricas. O Experimento Célula Solar, agora chamado de Experimento Albedo, permite monitorar a refletividade do planeta Terra. O trabalho apresenta os produtos possíveis de serem obtidos pelo experimento, os quais são: mapas de valor médio, desvio padrão (variabilidade), mapas de máximo e mínimo para diferentes períodos (anual, sazonal ou mensal), gráficos da dispersão temporal do albedo planetário sobre uma determinada região, mapas de anomalia e outros.

Palavras-chave: Albedo Planetário, Célula Solar, Satélite, Mudanças Climáticas, Atmosfera

1. INTRODUÇÃO

O segundo satélite da Missão Espacial Completa Brasileira do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (SCD2/MECB-INPE) foi colocado em órbita em outubro de 1998 e leva a bordo um experimento de células solares de qualificação espacial produzidas no Brasil. O principal objetivo deste experimento é o de qualificar em missão estes dispositivos, através da degradação do desempenho elétrico das células solares durante a vida do satélite. Veissid et al. (2010), em um estudo de oito anos de vida do satélite, relatou os resultados da degradação por radiação ionizante das células solares que compõem o experimento. Além deste objetivo principal, o experimento mostra uma característica que foi descoberta depois do lançamento durante a interpretação dos primeiros dados da telemetria. Ele atua como um sensor de radiação eletromagnética (350-1100 nm) e permite medir a radiação solar direta incidente na Terra e a radiação que é refletida para o espaço exterior pelo planeta (Rauschenbach, 1980). A razão entre a intensidade destas duas radiações é o albedo planetário global (Veissid et al., 1999). Os dados de albedo correspondem a mais de quatro arquivos diários e estão armazenados e processados desde a data do lançamento do satélite. Os dados são transmitidos em tempo real pela telemetria do satélite e recebidos na estação receptora de Cuiabá, MT-Brasil (16°S, 56°W). A Fig. 1 mostra algumas das órbitas do satélite SCD2 dentro da visada desta estação no mês de novembro de 1998.

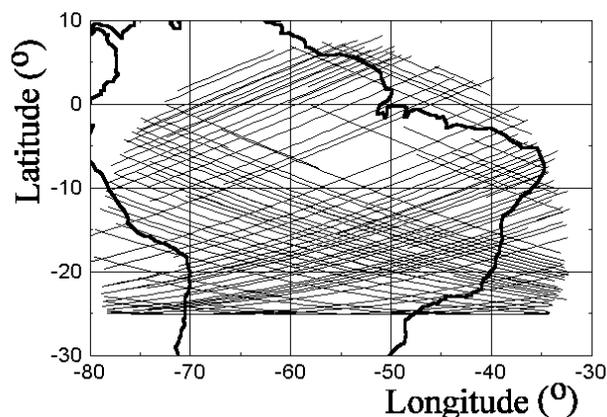


Figura 1 - Órbitas do satélite SCD2 dentro da visada da estação no mês de novembro de 1998.

Em função das leituras do experimento não serem armazenadas no computador de bordo do satélite e, somente, serem transmitidas em tempo real durante passagem do satélite pela visada da antena receptora, é que temos dados de albedo unicamente sobre a região da América do Sul mostrada na Fig. 1. Os pontos de telemetria amostrados a cada meio segundo, ver Fig. 2A, são submetidos a uma mudança de variável de tempo para ângulo de rotação. O pico da radiação solar ou amplitude solar é obtido pelo método dos mínimos quadrados no ajuste de uma parábola em torno do seu máximo. Usando este algoritmo, os pontos telemetrizados do experimento mostrados na Fig. 2A se transformam na curva da Fig. 2B. O albedo planetário é a razão entre a altura dos dois picos da Fig. 2B após correções esféricas angulares (Veissid e Pereira, 2000).

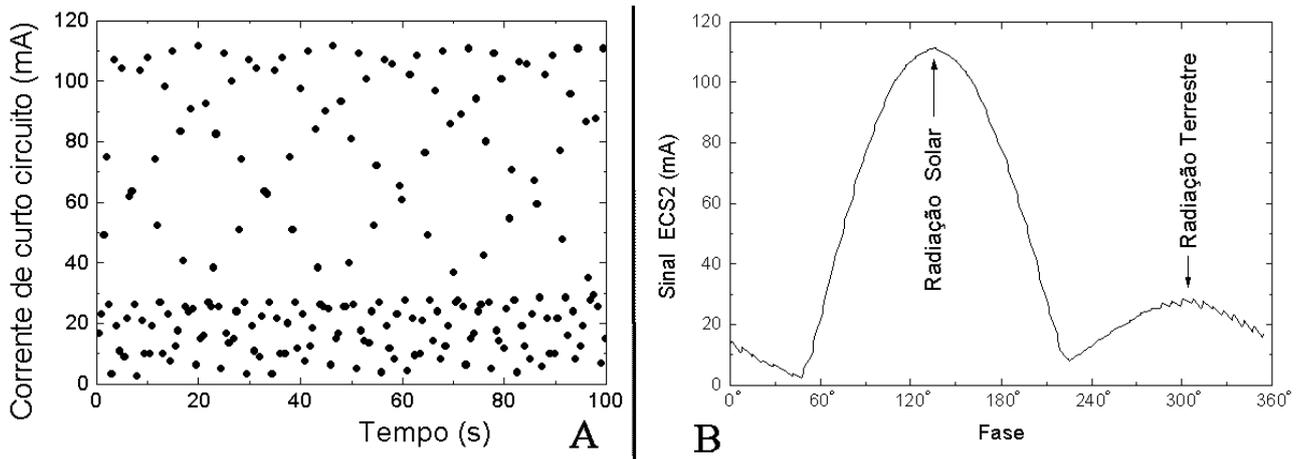


Figura 2 – Exemplo de sinal da telemetria do Experimento Célula Solar em função do tempo (A) e a curva destes sinais em função do ângulo de rotação do satélite (B). Os dados desta figura foram tomados no dia 21 de novembro de 1998.

A distribuição estatística temporal do albedo sob uma determinada região (definida pela latitude e longitude) e num determinado período caracteriza o comportamento do clima. Esta distribuição permite determinar o valor médio e o respectivo desvio padrão como uma função ao longo dos dias do ano. Este comportamento identifica variabilidades temporais, pois variações do padrão estabelecido desta forma são indícios de mudança (Veissid, 2002).

Esta nova função para o experimento, sensor de albedo planetário, merece que o experimento seja também conhecido como Experimento Albedo (EA) do satélite brasileiro SCD2. A seção 2 mostra os produtos derivados dos dados do EA publicados anteriormente.

A validação dos dados do EA foi divulgada em dois trabalhos de Veissid (2003), onde uma imagem do satélite meteorológico GOES foi usada para calcular de maneira grosseira a refletividade do planeta Terra. Nesta simulação foi considerado os valores de 60 %, 15 % e 5 % para as refletividades das nuvens, continente e oceano, respectivamente. As áreas parciais de cada parte (nuvem, continente e oceano) foram calculadas e a refletividade das áreas, representadas pelos círculos da Fig. 3A, são mostradas nos pontos do gráfico da Fig. 3B. A curva contínua da Fig. 3B é o albedo planetário medido pelo EA na mesma hora da passagem do GOES. A validação das medidas do albedo planetário é atestada pela coerência dos pontos com a curva contínua na Fig. 3B. Na imagem da esquerda o satélite percorre sua trajetória da esquerda para direita com os valores de longitude (ver gráfico da direita) indo de -80° (o satélite sobre o Oceano Pacífico) até -30° com o satélite subindo para o Oceano Atlântico Norte. Outras imagens GOES foram tomadas em diferentes condições de nuvens e, sempre, os dados de albedo mostraram concordância com a geometria solo, oceano e nuvens.

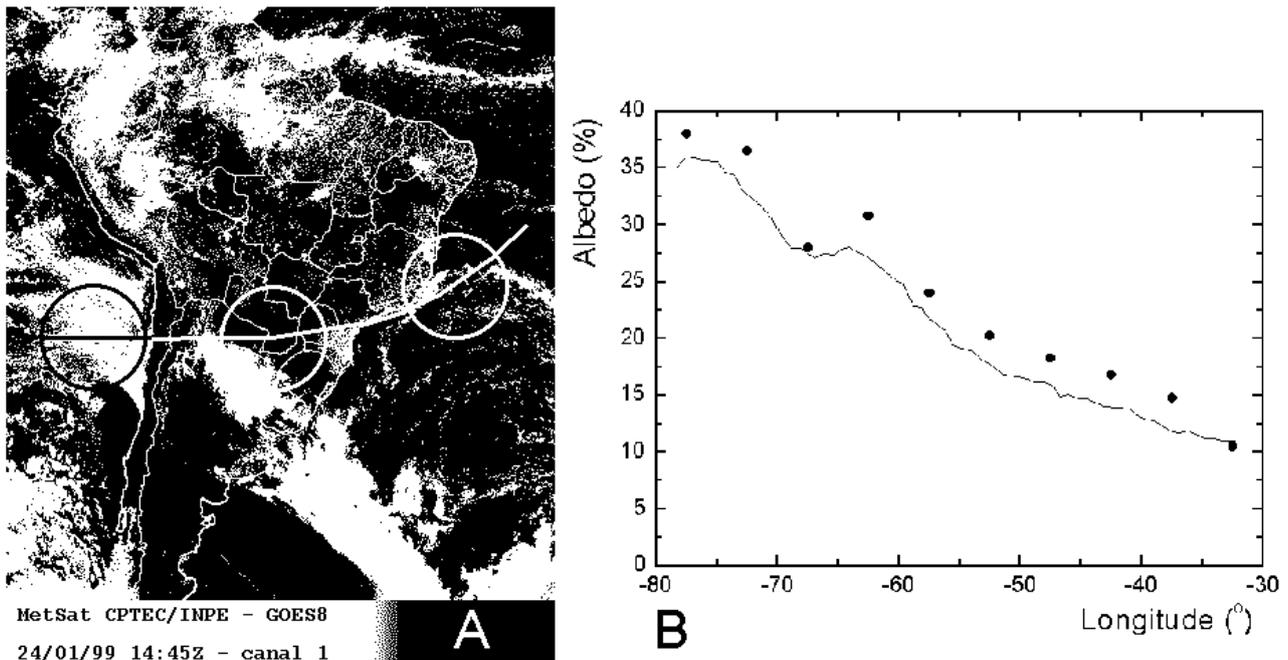


Figura 3 – Validação dos dados de Albedo Planetário com uma imagem do satélite GOES.

2. PRODUTOS DO EXPERIMENTO ALBEDO DIVULGADOS EM OUTRAS PUBLICAÇÕES

Os dados de albedo acumulados desde o lançamento do SCD2 e discriminados em latitude e longitude e pelo instante da medida, produzem vasta informação relativa à refletividade do planeta Terra. Diferentes maneiras de apresentar estas informações salientando diferentes aspectos são os produtos do Experimento Albedo. As subseções a seguir resumem estes produtos que já foram relatados em congressos e artigos de revistas nacionais e internacionais e neste trabalho é apresentado de forma condensada.

2.1 Imagens de albedo médios mensais

Os dados podem ser processados, para se estabelecer um padrão estatístico, na seguinte forma: a área da visada da estação receptora (Fig. 1) é dividida em uma matriz de 17x17 em latitude e longitude onde cada elemento desta matriz forma um arquivo que contém todos os valores de albedo ordenado de maneira temporal. Desta forma, é possível estabelecer a média e o desvio padrão (variabilidade) em um período escolhido arbitrariamente (mês, estação do ano ou anual). Estes valores de média e desvio padrão dentro de cada “pixel” desta matriz de 17x17 elementos permitem construir imagens de isolinhas ou cores associadas. Cada órbita contribui com apenas dois valores de albedo planetário (valor máximo e mínimo) para cada elemento da grade. A grade sobre a América do Sul usada neste trabalho é mostrada na Fig. 4. A linha vermelha corresponde parte da órbita do satélite SCD2 no dia 24 de janeiro de 1999 dentro da visada da estação receptora de Cuiabá-MS. O valor médio mensal em cada elemento da grade é calculado considerando todas as passagens de órbita durante um mês que passaram por dentro deste elemento (Veissid e Pereira, 2000).

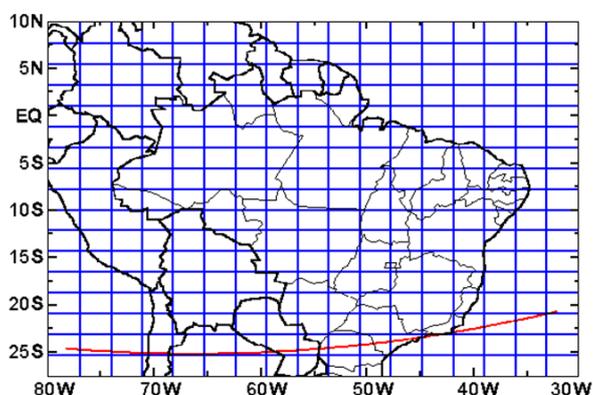


Figura 4 – Grade da matriz de 17x17 “pixels” mostrando parte da órbita do dia 24 de janeiro de 1999 do satélite SCD2 dentro da visada da estação receptora de Cuiabá - MS.

Cada imagem de albedo médio mensal é o resultado do processamento dos valores de albedo durante o período de um mês. Este trabalho cobre os meses desde o mês de lançamento do satélite (novembro de 1998). Fig. 5 mostra imagens do albedo planetário médio mensal para os meses de março de 2004 e março de 2007. As imagens desta figura se destacaram pelo fato que a floresta Amazônica mostra os valores de albedo maior do que o resto da América do Sul ocasionado pela persistente evapo transpiração (Veissid e Pereira, 2000).

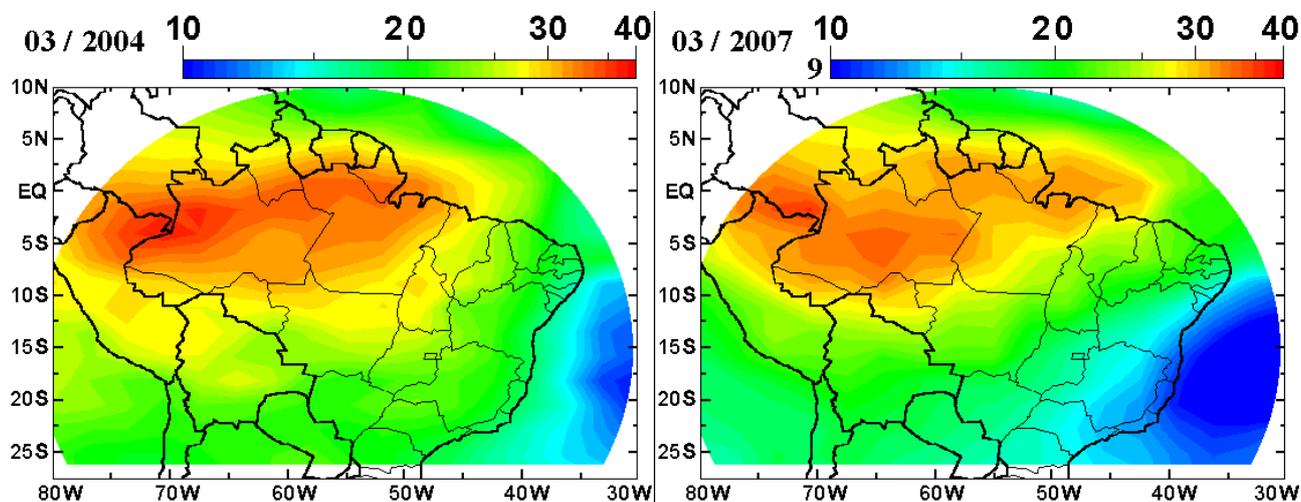


Figura 5 – Albedo planetário médio mensal para os meses de março de 2004 e março de 2007 mostrando a evapotranspiração persistente da floresta Amazônica.

Fig. 6 mostra imagens do albedo planetário médio mensal para os meses de março de 2002 e abril de 2004. Estas imagens se destacam devido ao fato que são os meses onde os oceanos Pacífico e Atlântico mostram seu baixo valor de refletividade. Nestes meses a incidência das nuvens sobre os oceanos foi baixa.

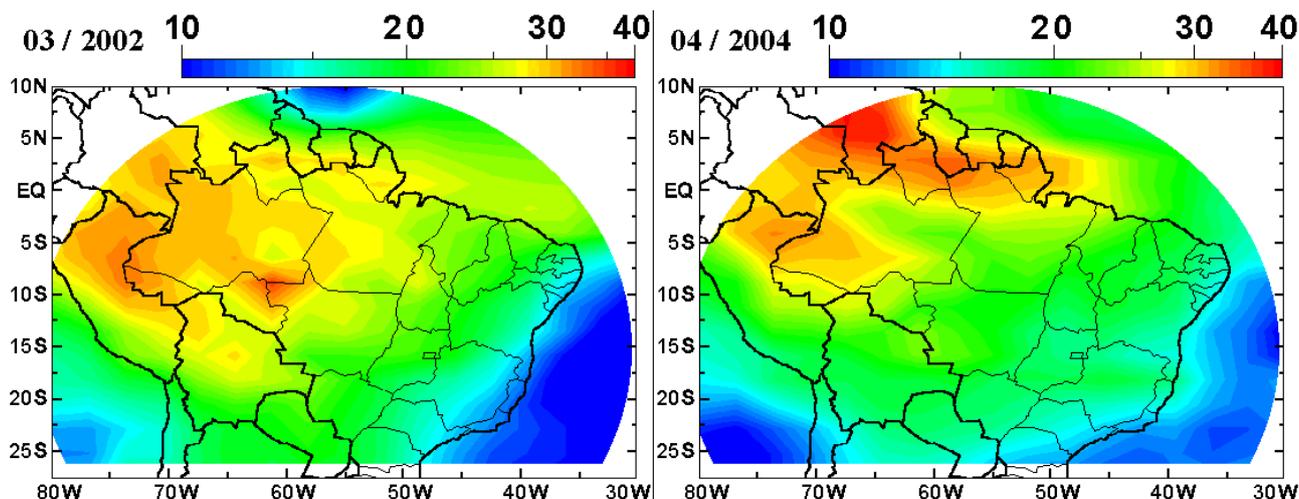


Figura 6 – Albedo planetário médio mensal para os meses de março de 2002 e abril de 2004. Estas imagens são as que melhor mostram a baixa refletividade dos oceanos.

Análises de imagens do albedo médio permitem estabelecer fenômenos típicos de relevo e da estrutura solo-atmosfera e, também, cobertura de nuvens. Trabalho já foi apresentado por Veissid (2010) interpretando as imagens de albedo planetário médio mensal.

2.2 Imagens do desvio padrão da média ou variabilidade

Cada matriz de albedo médio planetário mensal permite estabelecer a matriz do valor médio mensal em um determinado mês e, também, permite determinar a matriz do desvio padrão em relação ao valor médio. As imagens do desvio padrão são úteis para estabelecer a variabilidade do clima. A Fig. 7 mostra imagens do desvio padrão mensal. A barra de cores mostra o valor da variabilidade do albedo planetário em escala logarítmica (azul 1 % e vermelho 10 %). O estudo mostrado na Fig. 7 foi feito para um período de 108 meses até Dezembro de 2007. Dados dos anos seguintes, Janeiro de 2008 em frente, estão sendo processados e irão atestar a importância do Experimento Albedo para monitoração do clima.

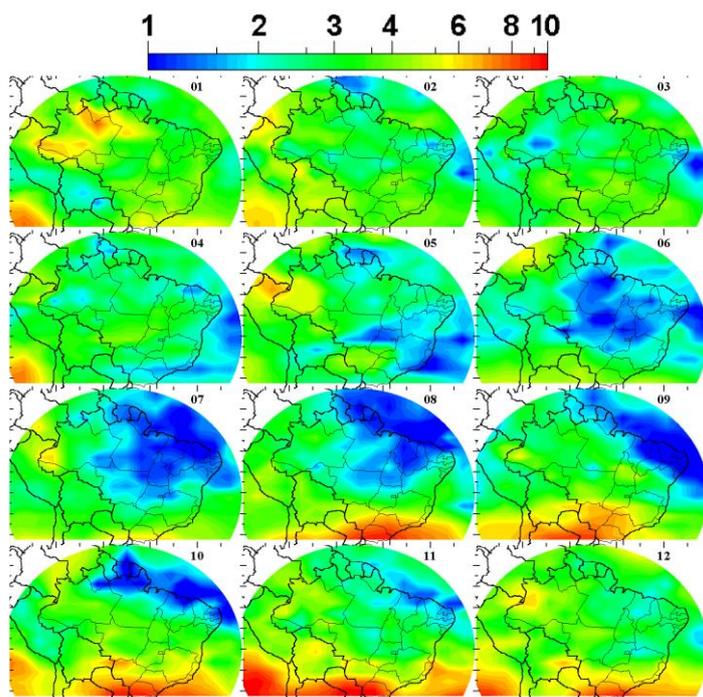


Figura 7 – Imagens do desvio padrão (variabilidade) da média do albedo planetário de todos os meses do ano.

As regiões com cor azul são aquelas que o comportamento do clima é quase constante durante aquele específico mês. Por outro lado, as regiões com cores tendendo para o vermelho mostram localidades onde existe variabilidade de clima entre um ano e outro dentro de um mesmo mês. Por exemplo, uma região onde o clima oscila com uma frequência muito grande vai ter um alto valor de variabilidade. O contrário, também, é verdadeiro.

Várias conclusões podem ser extraídas destas imagens de desvio padrão. Talvez, a mais interessante é que o nordeste Brasileiro apresenta sempre clima “previsível”, baseado na estatística dos anos anteriores, durante o período de fevereiro até novembro. As manchas azuis sobre o nordeste se dissipam levemente nos meses de dezembro e janeiro e, isso, é mostrado pela cor verde no mapa. No entanto, a região sudeste do Brasil após o mês de agosto é fortemente influenciado por frentes frias provenientes do sul da América do Sul e, desta forma, pode-se ver pela coloração vermelha que é muito alta a variabilidade.

2.3 Gráficos da dispersão do albedo para uma determinada região

Os dados de albedo podem ser agrupados por regiões e assim cada uma é estudada independentemente. O trabalho de Veissid (2009) mostra que a distribuição é Gaussiana para o valor do logaritmo do albedo. A Fig. 8A é um estudo feito sobre a cidade de São Paulo para os 100 últimos dias do ano de 2000. Neste período o valor médio do albedo foi bem constante e a dispersão não foi alterada. Essa figura mostra a curva Gaussiana da distribuição do $\log(\text{Albedo})$. Esta conclusão é uma contribuição inédita do trabalho do albedo visto pelo Experimento Albedo e foi relatada pela primeira vez por Veissid em 2009. A Fig. 8B mostra que a visada da América do Sul foi dividida em regiões circulares com diâmetro de 5° em latitude e longitude.

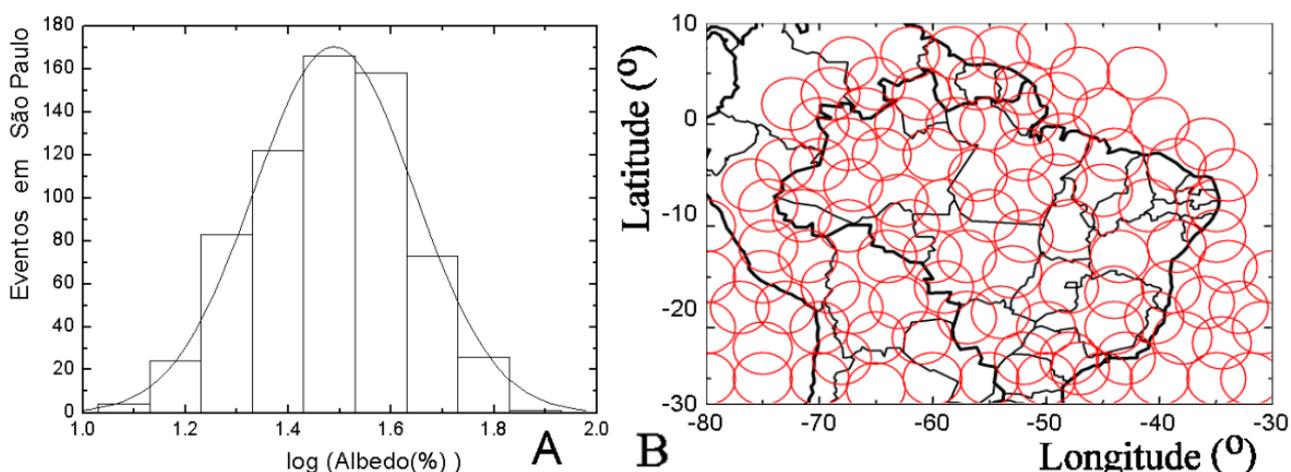


Figura 8 – Lado A e a distribuição Gaussiana dos valores do $\log(\text{Albedo})$ sobre a cidade de São Paulo e lado B mostra as regiões escolhidas dentro da visada da estação receptora de Cuiabá-MS.

O trabalho de Veissid (2009), apresentado na cidade de Natal-RN, estabelece padrão mensal médio usando dados de cinco anos (1999-2003), para cada região da Fig. 8B, juntamente com o desvio padrão (variabilidade) da dispersão. As Fig. 9 e 10, gráficos superior esquerdo, mostram este padrão para cidade de São Paulo e Recife, respectivamente. O gráfico mostra o período de um ano (365 dias), onde os pontos são médias mensais. Os gráficos mostram que as duas cidades tem características bem diferentes. Os anos posteriores (2004-2008) foram colocados em superposição com a estatística obtida no período inicial de cinco anos. A curva média e a envoltória correspondem as mesmas da estatística dos anos de 1999-2003. A frequência esperada dentro de uma envoltória de um desvio padrão para cima e um desvio padrão para baixo é de 68% para uma distribuição Gaussiana. Os anos seguintes tiveram estas frequências ao redor deste valor como é mostrado nas Fig. 9 e 10. Isto significa que estas regiões não apresentaram mudança climática neste período. Pelo menos, quando analisado pelos dados do albedo planetário visto pelo Experimento Albedo do satélite SCD2. A região de Recife teve os valores de frequência maiores do que 68% e, isto, mostra a estabilidade climática da região.

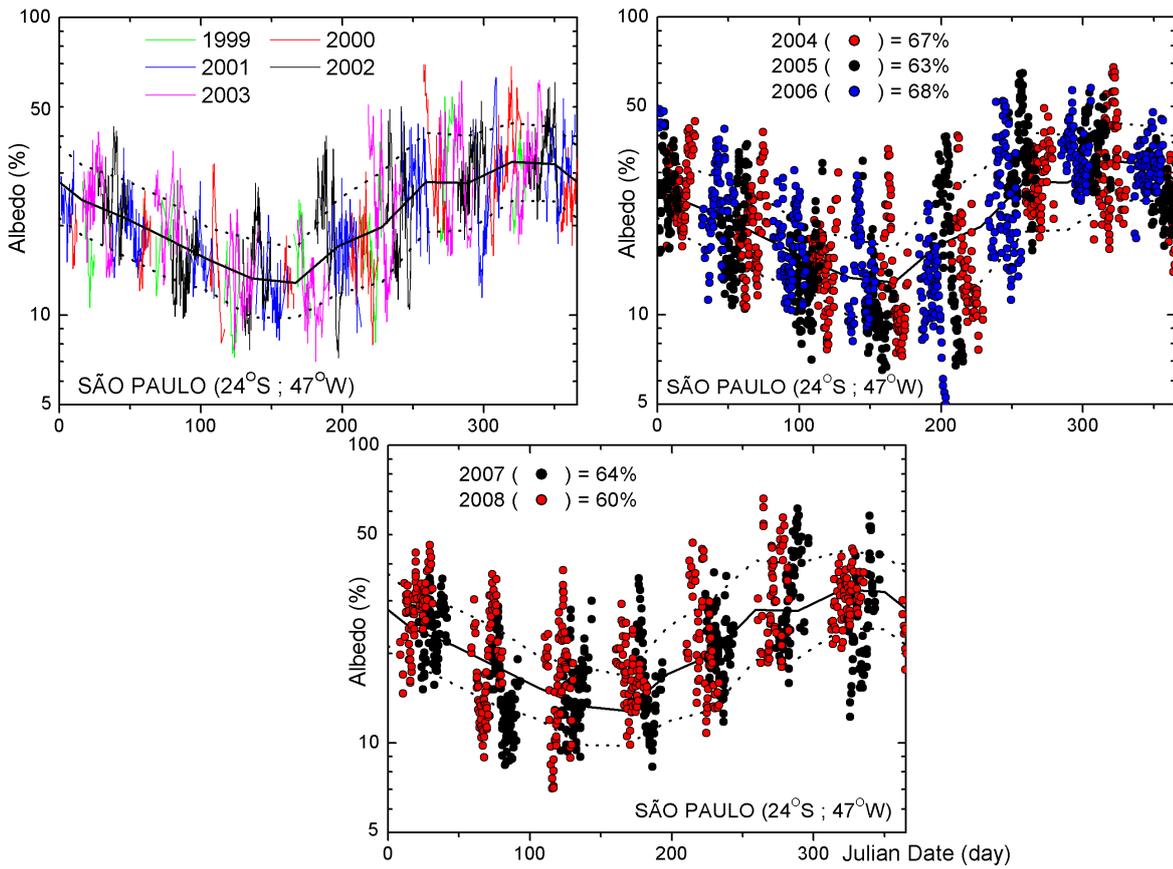


Figura 9 – Gráficos de dispersão do Albedo Planetário medido pelo Experimento Albedo sobre a cidade de São Paulo.

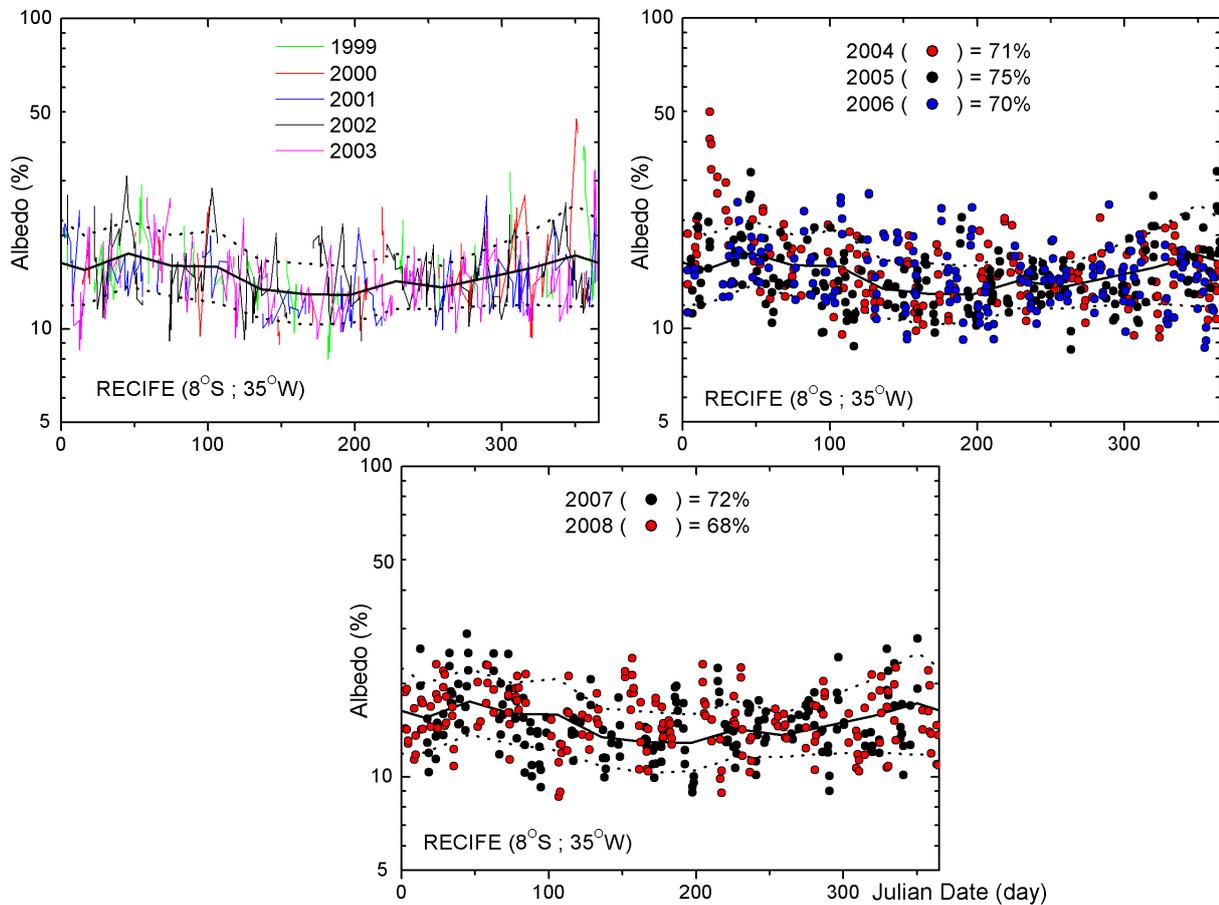


Figura 10 – Gráficos de dispersão do Albedo Planetário medido pelo Experimento Albedo sobre a cidade de Recife.

Todas as regiões mostradas na Fig. 8B, tiveram valores anuais de frequência das distribuições Gaussiana e eles permitem construir mapas de isolinha da frequência de ocorrência de dados dentro da envoltória padrão (obtida para o período de cinco anos). O valor esperado de 68% permite estabelecer um critério para avaliar mudança climática. Valores acima deste representam diminuição de dispersão dentro da envoltória de um desvio padrão para cima e um para baixo. A cor verde para o azul mostra normalidade do clima. Valores abaixo de 68 % mostram um deslocamento do valor médio ou um aumento na dispersão e, ambos os casos, significam que o clima está sofrendo alteração. Se a coloração vermelha persiste por anos seguintes é prova de alteração permanente.

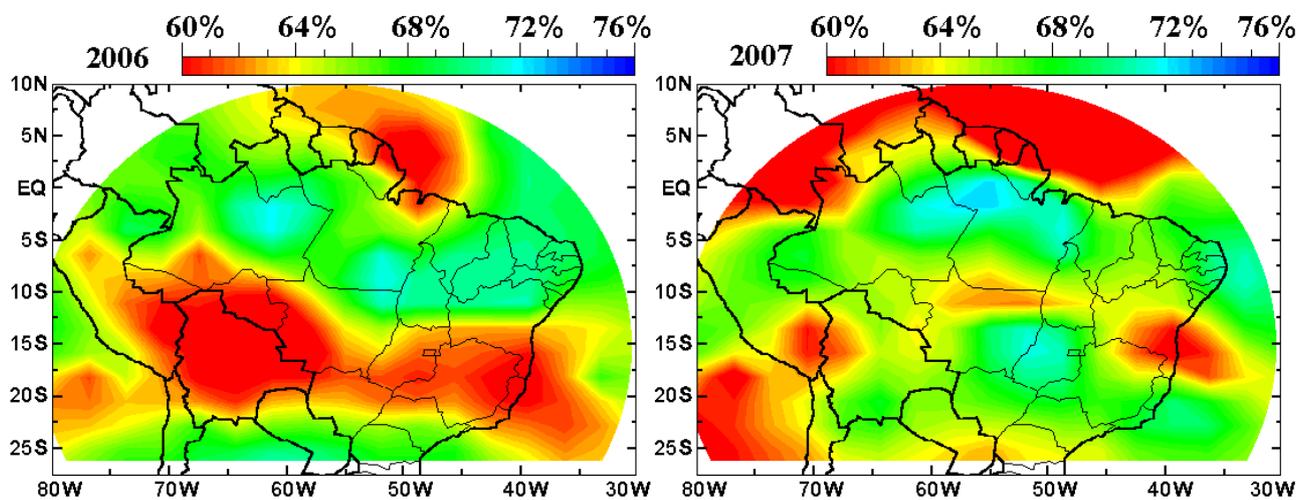


Figura 11 – Imagens das frequências de ocorrência dentro da envoltória padrão de cinco anos.

2.4 Gráficos de anomalia decanal do albedo planetário

Estudos trimestrais foram feitos nos dados do albedo planetário. Os períodos escolhidos foram Dezembro, Janeiro e Fevereiro (DJF), Março, Abril e Maio (MAM), Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON) desde Dezembro de 1998 até Novembro de 2008. Fig. 12 mostra este estudo feito para os meses DJF. O lado esquerdo corresponde ao mapa do valor médio e o lado direito o mapa de variabilidade. A Fig. 13 lado esquerdo mostra o valor médio do albedo planetário para o trimestre DJF de 2009. Mudança no clima pode ser observada através da variação do valor médio em valores relativos da variabilidade. A Fig. 13 lado direito mostra esse estudo, onde a escala é a fração da variação da média em relação a variabilidade (Fig. 12 lado direito menos Fig. 13 lado direito dividido pelos valores da Fig. 12 lado esquerdo). A coloração azul mostra que o albedo médio diminuiu um desvio padrão do padrão decanal. A coloração vermelha mostra que o valor médio albedo aumentou um desvio padrão em relação ao padrão decanal. Este estudo parcial foi relatado em um congresso de mudança climática global na cidade de Natal-RN por Veissid (2012).

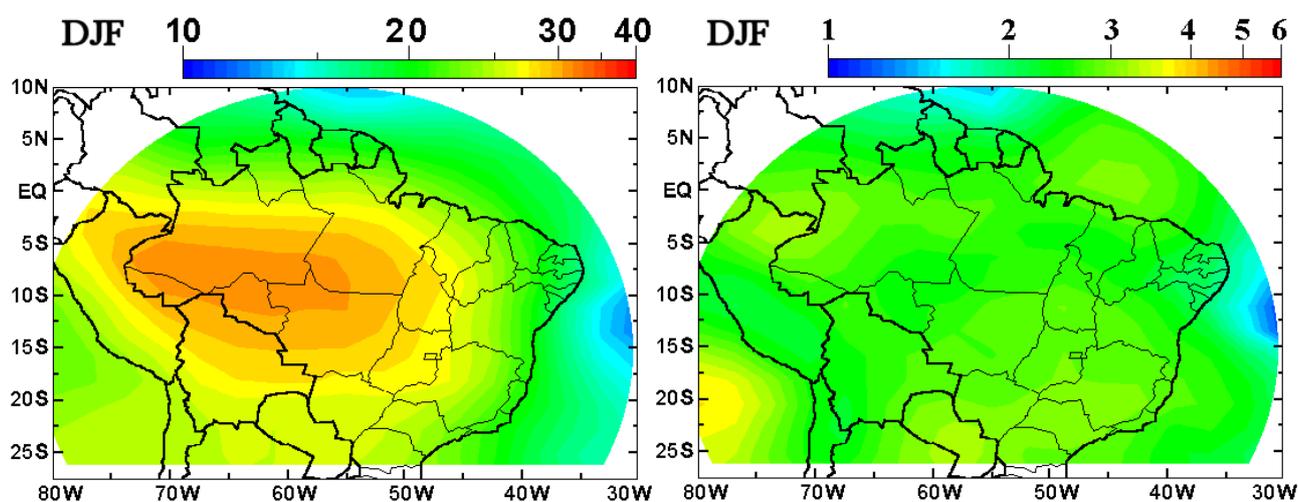


Figura 12 – Imagem do albedo planetário médio para o trimestre DJF (lado esquerdo) e sua variabilidade (lado direito).

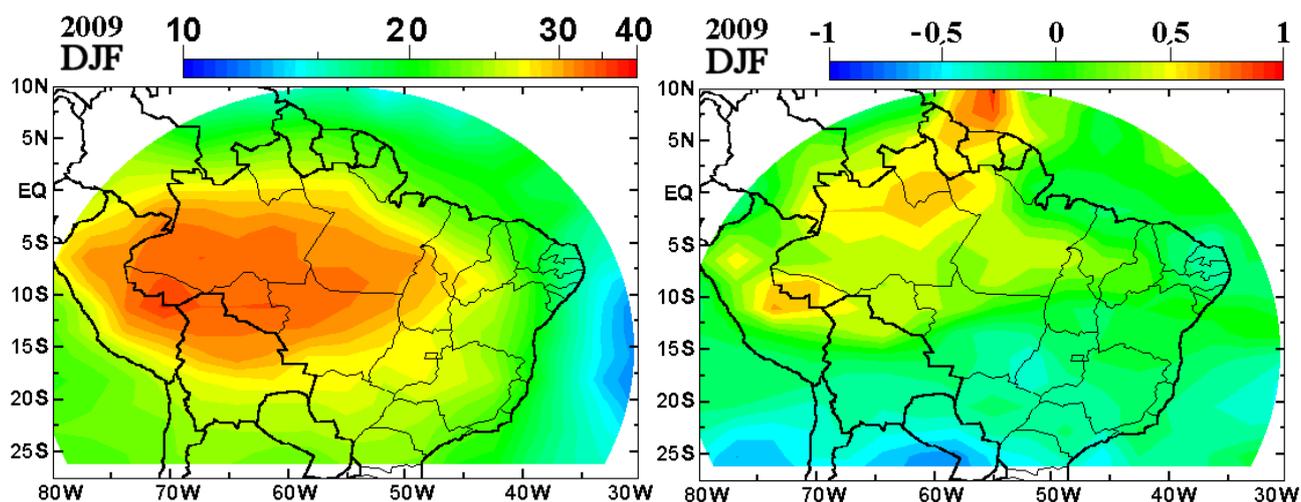


Figura 13 – Imagem do albedo médio planetário do trimestre DJF de dezembro de 2008 até fevereiro de 2009 (lado esquerdo) e imagem da anomalia em relação ao período de 10 anos mostrado na Fig. 12.

2.5 Aplicação do albedo planetário na normalização da corrente fotogerada do satélite SCD2

O SCD2 tem oito painéis solares presos ao corpo do satélite. O eixo de rotação do satélite é perpendicular à eclíptica e sua órbita é equatorial. Desta forma, os oito painéis colaboram para fornecer energia ao sistema. Quatro painéis voltados para o Sol e mais quatro painéis voltados para a Terra. O estudo da degradação dos painéis com a vida do satélite é atrapalhado pela variação do albedo planetário. A Fig. 14 lado direito mostra o mapa do Brasil e um pedaço da órbita (curva azul) do satélite SCD2 no dia primeiro de janeiro de 2006. A curva vermelha corresponde ao albedo planetário medido nesta órbita. A Fig. 14 lado direito mostra os pontos (pontos ANTES) da corrente fotogerada real sentida pelos painéis solares. A influência do albedo é compensada desta curva e gera os pontos (pontos DEPOIS) com média constante. Desta forma, é possível fazer o estudo da degradação dos painéis solares do satélite com o tempo de vida do satélite porque o efeito perturbador do albedo planetário é descontado. Este estudo rendeu uma dissertação de mestrado para um pesquisador do INPE e está publicado em Veissid et al. (2010) e Veissid e Baruel (2012).

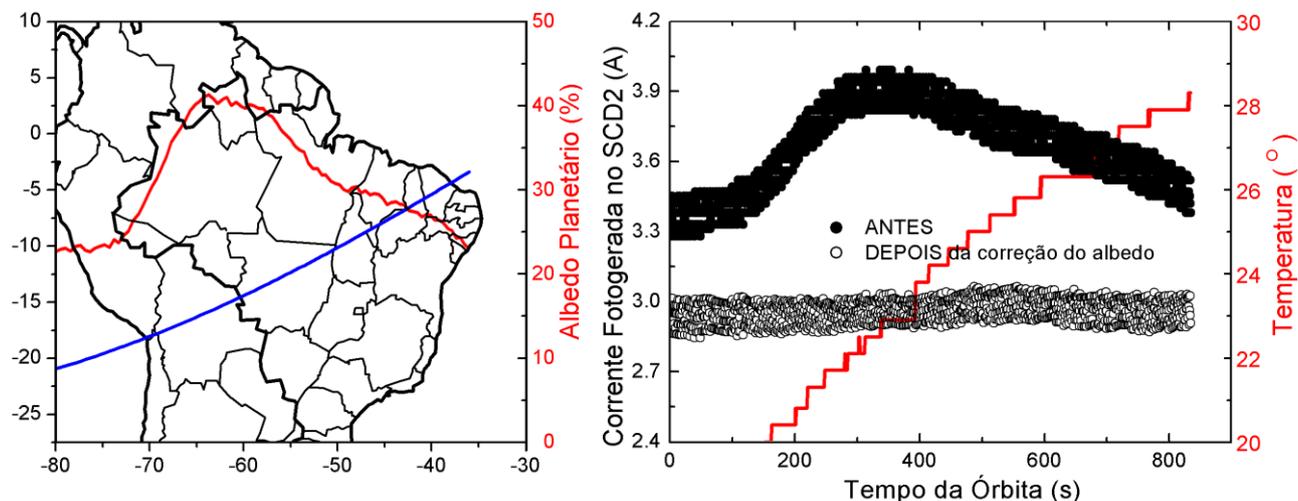


Figura 14 – Mapa da América do Sul com trajetória do satélite SCD2 e gráfico do Albedo Planetário medido durante esta passagem (lado esquerdo) e gráfico da corrente fotogerada dos painéis do satélite SCD2, antes e depois da compensação do efeito do albedo planetário (lado direito).

2.6 Gráficos de extremos do albedo planetário

Cada medida do albedo planetário é processada para que se tenha informação da refletividade do planeta Terra. A refletividade do Oceano, tanto Pacífico como Atlântico, é baixa menor do que 5 % para incidência da luz solar quase normal a superfície da água. As florestas e o solo tem refletividade entre 15% e 30 %. As nuvens apresentam alta refletividade, às vezes superior a 80%. Um dado curioso é a seleção de valores extremos de todo o período de medida do albedo planetário pelo Experimento do satélite SCD2. A Fig. 15 lado esquerdo mostra os pontos extremos de baixa refletividade. Nessa figura é importante salientar o ponto que se encontra no meio da floresta Amazônica que aconteceu no dia 1 de janeiro de 2011. Outro ponto interessante é o ponto de refletividade menor do que 5 % sobre a cidade de São

Paulo. Estudos desta data podem provar que a cidade de São Paulo estava sobre uma forte influência de inversão térmica e, este efeito, diminui consideravelmente a refletividade da luz solar.

A Fig. 15 lado direito mostra os maiores valores de refletividade encontrada nos dados do Experimento Albedo do satélite SCD2. Novamente, o curioso destes pontos é a concentração sobre o Oceano Pacífico de alta refletividade. Este estudo de extremos foi citado no trabalho de Veissid (2012).

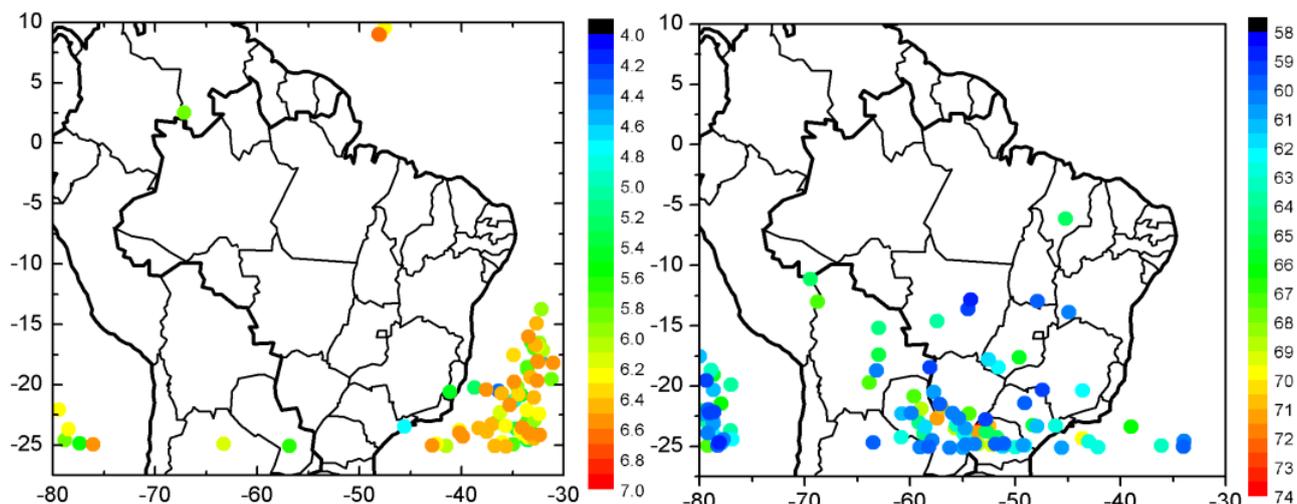


Figura 15 – Imagens dos 100 valores extremos de baixa refletividade do albedo planetário (lado esquerdo) e dos 100 valores extremos de alta refletividade do albedo planetário (lado direito).

3. CONCLUSÕES

Este trabalho a análise dos dados do albedo planetário visto pelo Experimento Célula Solar do satélite SCD2 da Missão Espacial Completa Brasileira. Estes dados permitem montar imagens do albedo médio mensal e imagens do desvio padrão que representa a dispersão em torno deste valor médio. Os resultados obtidos neste trabalho é fruto de uma tecnologia simples e de baixo custo em conjunto com um algoritmo adequado de tratamento de dados usado para obter valores de albedo planetário. Este método apresenta-se como uma alternativa tecnológica totalmente nacional para o emprego em satélites científicos de pequeno porte.

Os produtos do Experimento Albedo mostrados neste trabalho são apenas parte do potencial deste conjunto de dados e o autor disponibiliza os dados para trabalhos acadêmicos. Os dados continuam a ser recebidos por telemetria em um processo contínuo. Dados futuros podem estabelecer a estabilidade ou variabilidade climática e, desta forma, o EA ira se estabelecer como uma ferramenta útil para monitora o clima.

REFERÊNCIAS

- Rauschenbach, H. S., 1980. Solar Cell Array Design Handbook. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Veissid, N., Beloto, A. F., Ferreira Leite, N., 1999. 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, Trabalho completo publicado nos Anais, pg. 171 a 190.
- Veissid, N., Pereira, E. B., 2000. Um Modelo Simples de Levantamento do Albedo Planetário Empregando Dados do Experimento Célula Solar do Satélite Brasileiro SCD2, Brazilian Journal of Geophysics, Vol. 18(1), p. 25.
- Veissid, N., 2002. 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, Trabalho completo publicado nos Anais (CD-ROM), trabalho 2142-1.
- Veissid, N., 2003. New Developments in Using Solar Cells as Remote Sensors to Gauge Climate Change, Environmental Geosciences, Vol. 10(2), p. 47-57.
- Veissid, N., 2003. 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.
- Veissid, N., 2009. Logarithmic Distribution of Planetary Albedo on South America: A New Tool for Monitoring Climate Changing, Capítulo do livro: Public Policy, mitigation and adaptation to climate change in South America. Autores: Pedro Leite da Silva Dias, Wagner Costa Ribeiro, João Lima Sant'Anna Neto e Jurandir Zullo Jr., Editora Instituto de Estudos Avançados - IEA/USP, ISBN 978-85-63007-00-1, Downloading em <http://www.iea.usp.br/cienciasambientais/>, p. 249-265.
- Veissid, N., Beloto, A. F. e Baruel, M. F., 2010. Oito Anos de Análise dos Dados do Experimento Célula Solar do Segundo Satélite Brasileiro., Revista Brasileira de Energia Solar 1(2), ISSN 2178-9606, p. 172-177.

- Veissid, N., 2010, Análise das Médias Mensais do Albedo Planetário Medido pelo Experimento Célula Solar do Satélite Brasileiro SCD2. III Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belém – PA, 21-24 de Setembro de 2010, Trabalho Completo no CD-ROM do Congresso, trabalho 69570 (11 páginas).
- Veissid, N. e Baruel, M. F., 2012, Análise da Corrente Fotogerada no Painéis Solares do Satélite SCD2 do INPE compensada pelo Albedo Planetário, Revista Brasileira de Energia Solar 3(1), ISSN 2178-9606, p. 1-7.
- Veissid, N., 2012, New Algorithm to Study Climate Change Based on Planetary Albedo Measurement by Brazilian Satellite SCD2”. In: Climate Change, Impacts and Vulnerabilities in Brazil, Natal – RN, 27 de Maio até Primeiro de Junho de 2012, Apresentação oral.

THE ALBEDO EXPERIMENT OF THE SCD2 BRAZILIAN SATELLITE

Abstract. *The second satellite of the Brazilian Space Mission of the National Institute of Space Researches (SCD2/MECB-INPE) launched on October 23, 1998 carries on board an experiment of space solar cells produced in Brazil. The main objective of this experiment is to qualify in mission this device. Solar cells act as a sensor of radiation and it allows measure the direct solar radiation of the Sun and the portion of this radiation that it is reflected outside for Earth. Therefore, the experiment allows measure the planetary albedo through the relation between these two values, after spherical angular corrections. The satellite telemetry transmits the data of the Solar Cell Experiment in real time which are received by the ground station located in the city of Cuiabá-MS. As a function of this, the images of monthly average of planetary albedo values cover a circle over South America. This work shows, also, images of annual average of albedo in the period of 1999 up to 2007 with the respective standard deviations images. The seasonal patterns in different areas of South America are verified through analyzes of these images. For example, the months of February, March, April and May the mean planetary albedo on the Amazonian forest is larger and stable than in the remaining of South America, probably, due to intense forest perspiration that it happens in this time of the year.*

Key words: *Solar Energy, Planetary Albedo, Solar Cell, Satellite*