

Imagens de anomalia normalizada pela variabilidade do padrão decenal do albedo planetário medido pelo satélite SCD2 do INPE

Nelson Veissid

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
nelson.veissid@inpe.br

Abstract. The second satellite of the Brazilian Space Mission of the National Institute of Space Researches (SCD2/MECB) launched on October 23, 1998 carries on board an experiment that use space solar cells produced in Brazil. The device acts as a sensor of light and it allows measure the direct solar radiation and the portion of this radiation that is reflected outside of Earth. This way, the experiment measures the global Earth reflectivity (albedo). The author of this work during the XVI ad XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto showed the first and the second article about this subject and now this work presents the data of 2009 and 2010 years. We concluded that both years had a climate stable or, in another words, the years did not have climate changing, when comparing with decennial pattern map (1999-2008) of planetary albedo. The images of anomalies show oscillation lower than three standard deviations.

Palavras-chave: planetary albedo, decennial pattern, climate changing, albedo planetário, padrão decenal, mudança climática.

1. Introdução

O Experimento Célula Solar (ECS) do satélite Brasileiro SCD2/MECB atua como um sensor de radiação eletromagnética (350-1100 nm) e pode medir a refletividade global do planeta Terra (albedo) sobre a América do Sul. Os dados de albedo correspondem a vários arquivos diários armazenados e processados desde a data do lançamento do satélite e permitiu estabelecer uma base de dados decenal de valores médio de albedo e seu respectivo desvio padrão ou variabilidade (Veissid, 2013). 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). Em função disto, a área coberta pelos dados do Experimento é um círculo dentro da visada desta estação.

Os pontos de telemetria amostrados a cada meio segundo, ver Figura 1A, são submetidos a uma mudança de variável de tempo para ângulo de rotação. O pico da radiação 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 ECS mostrados na Figura 1A se transformam na curva da Figura 1B. O albedo planetário é a razão entre a altura dos dois picos da Figura 1B após correções esféricas angulares (Veissid et al., 2000 e Veissid, 2003).

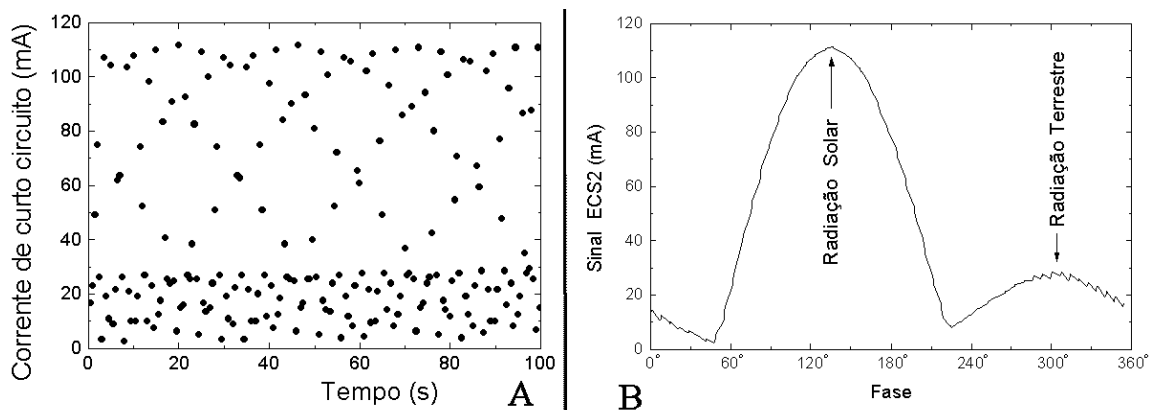


Figura 1. Exemplo de sinal da telemetria do ECS em função do tempo (A) e a curva destes sinais em função do ângulo de rotação do satélite (B).

Os dados de albedo acumulados desde o lançamento do satélite SCD2 e selecionados dentro de várias regiões em latitudes e longitudes, são processados, para se estabelecer um padrão estatístico (Veissid, 2003), na seguinte forma: a área da visada da estação receptora 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 em um período escolhido arbitrariamente (mês, trimestre, estação do ano ou anual). Estes valores de média dentro de cada “pixel” desta matriz de 17x17 elementos permitem construir imagens de isolinhas ou cores associadas. A grade sobre a América do Sul usada neste trabalho é mostrada na Figura 2. A linha vermelha corresponde a um segmento 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 de cada “pixel” é calculado considerando todas as órbitas que passaram por dentro deste elemento.

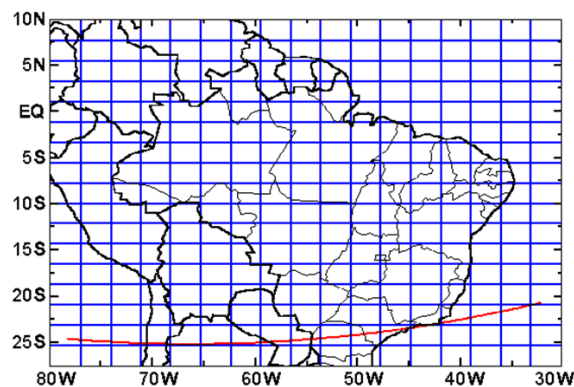


Figura 2. Grade da matriz de 17x17 “pixels” mostrando parte da órbita do dia 24 de janeiro de 1999 do satélite SCD2 dentro da visada da estação receptora de Cuiabá - MS.

2. Metodologia

O período de 1999 até 2008 foi escolhido para definir um padrão decenal para o albedo médio. Os períodos escolhidos foram trimestrais iniciando em dezembro de 1998, janeiro e fevereiro de 1999 (DJF1999) e finalizando em setembro, outubro e novembro de 2008 (SON2008). Os dados de albedo acumulados desde o lançamento do SCD2 e selecionados dentro de várias regiões em latitudes e longitudes, são processados para se estabelecer um padrão estatístico (Veissid, 2003). Dentro da matriz de 17x17 em latitude e longitude, cada elemento desta matriz forma um arquivo que contém todos os valores de albedo ordenados de maneira temporal.

Mapas de anomalias em relação aos mapas de valores médios podem ser apresentados de diferentes modos. Este trabalho prefere mostrar os mapas de anomalias de maneira normalizada, como uma relação da quantidade de desvios padrões da variabilidade que o valor médio está afastado do seu valor padrão (Veissid, 2011 e 2012). Figura 3 mostra esquema em forma de imagem do método usado neste trabalho ($(A-B)/C=D$). Onde A é a imagem do valor médio obtido em um trimestre, B valor médio decenal padrão, C imagem da variabilidade ou desvio padrão absoluto e D é a anomalia em termos da quantidade de desvios padrões.

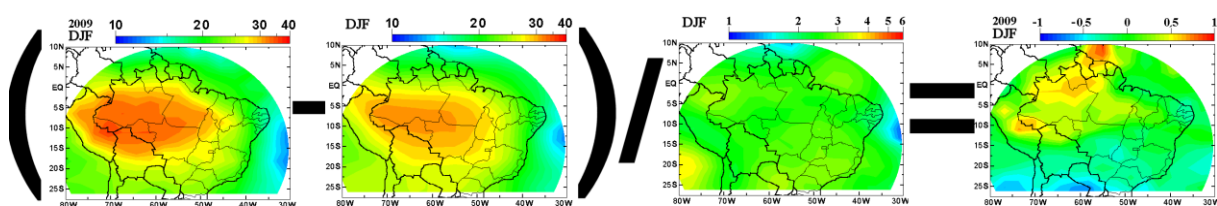


Figura 3. Esquema do método de cálculo da anomalia trimestral em forma de imagem.

3. Padrões Decenais para DJF, MAM, JJA e SON

Os arquivos de primeiro de dezembro de 1998 até trinta de novembro de 2008 foram separados em trimestres (DJF, MAM, JJA e SON) e processados para obter os mapas de médias trimestrais. O trabalho de Veissid (2013) mostrou as imagens de albedo médio e de desvio padrão ou variabilidade para os trimestres que estabeleceram os padrões decenais.

O processamento dos dados para se determinar os mapas de valores médios resultou em dez imagens para cada trimestre. A Figura 4 mostra o padrão decenal calculado neste trabalho para o trimestre DJF, que o resultado da media aritmética das dez imagens DJF1999, DJF 2000, DJF2001 até DJF2008. O mapa da variabilidade DJF da Figura 4 é o desvio padrão em relação a imagem do albedo médio DJF do padrão decenal. Para os trimestres MAM, JJA e SON os padrões (albedo médio e variabilidade) são mostrados nas figuras 5, 6 e 7, respectivamente.

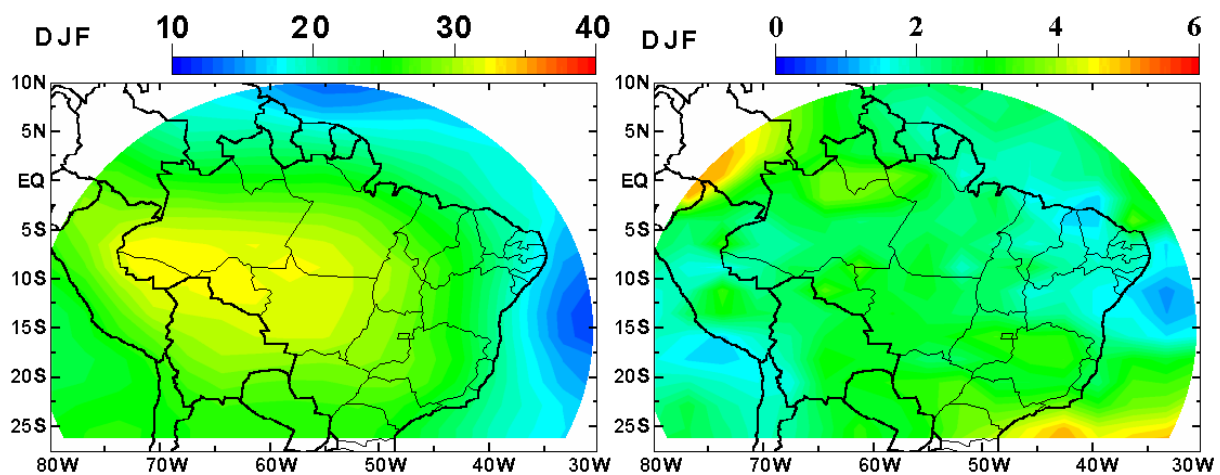


Figura 4. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre DJF (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para DJF.

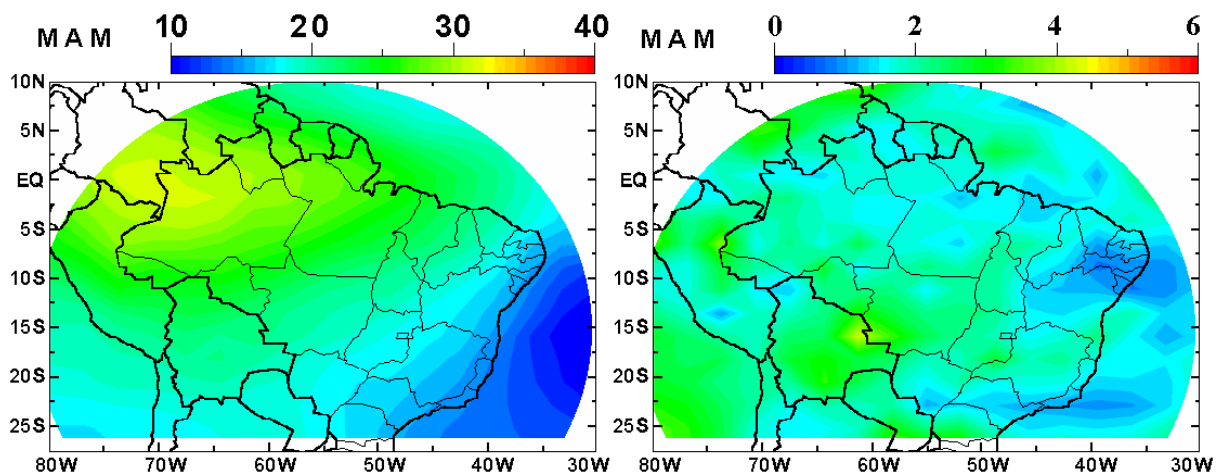


Figura 5. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre MAM (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para MAM.

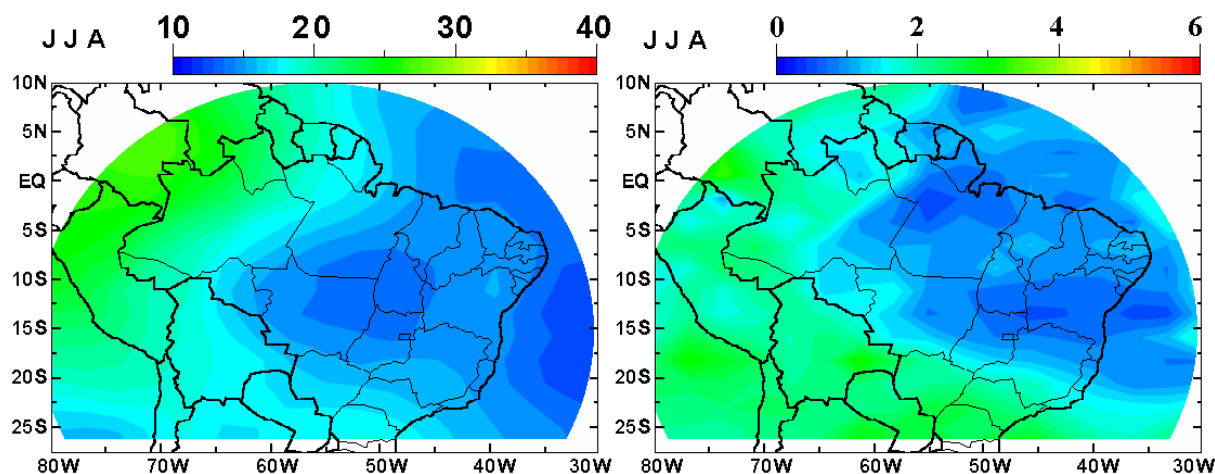


Figura 6. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre JJA (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para JJA.

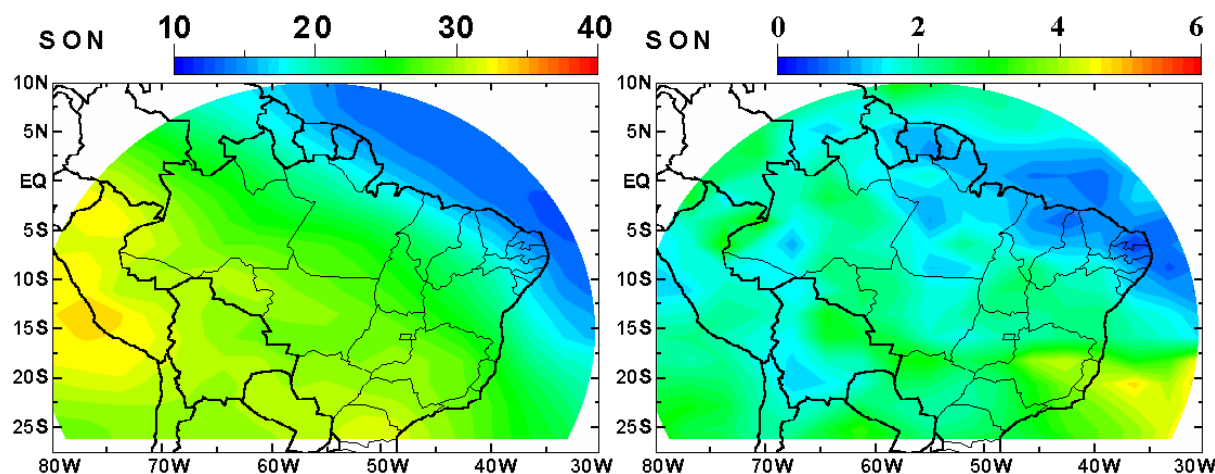


Figura 7. Mapa do padrão decenal do albedo médio para o trimestre SON (imagem lado direito) e mapa do padrão decenal da variabilidade (desvio padrão), também, para SON.

O trimestre JJA mostra menores valores de albedo e, também, de variabilidade. Os trimestres DJF e SON apresentam os maiores valores de variabilidade na parte Sul do Oceano Atlântico. Na parte central do Brasil no trimestre de JJA é mostrado um “buraco” de baixa refletividade, que é decorrente da incidência de baixa umidade relativa. Várias outras conclusões podem ser extraídas da análise destas imagens do padrão decenal.

4. Mapas de anomalia relativa para 2009 e 2010

O período de dezembro de 2008 até fevereiro de 2009 foi processado e permitiu estabelecer o mapa de valor médio, ver Figura 8 lado esquerdo. Conforme explicado na parte de “Metodologia” deste trabalho, optou-se por mostrar o mapa de anomalia em termos normalizados pela quantidade de desvios padrões da variabilidade. A imagem do lado direito da Figura 8 mostra o mapa de anomalia, onde a barra de cores corresponde a uma variação de ± 3 desvios padrões de variabilidade. A cor azul indica que a media do trimestre DJF2009 teve três desvios padrões de valor abaixo do padrão esperado (mostrado na Figura 8 lado esquerdo) decenal. A cor vermelha mostra três desvios padrões de variabilidade acima. As Figuras 9, 10, 11,12 e 13 mostram imagens dos trimestres seguintes ao trimestre DJF2009.

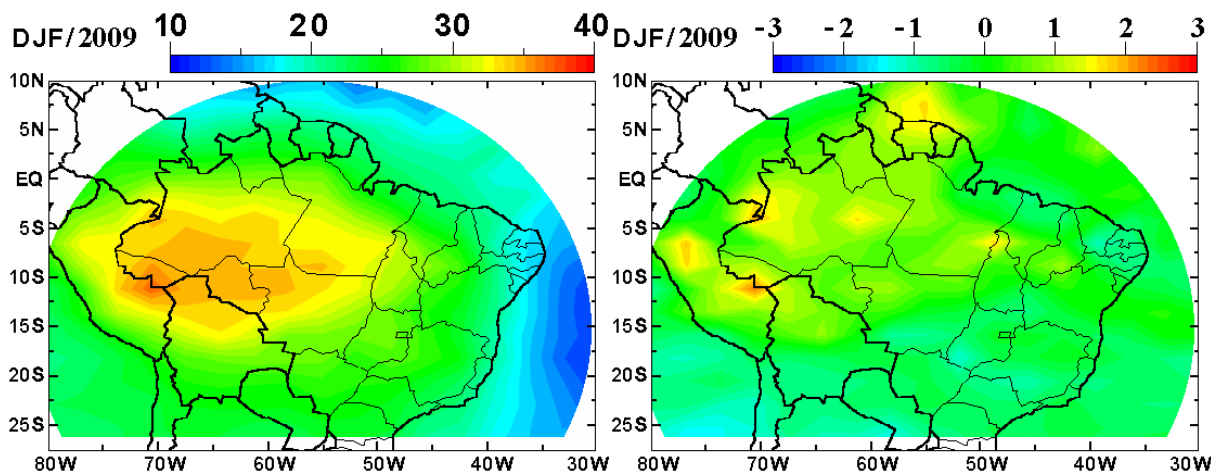


Figura 8. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre DJF2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

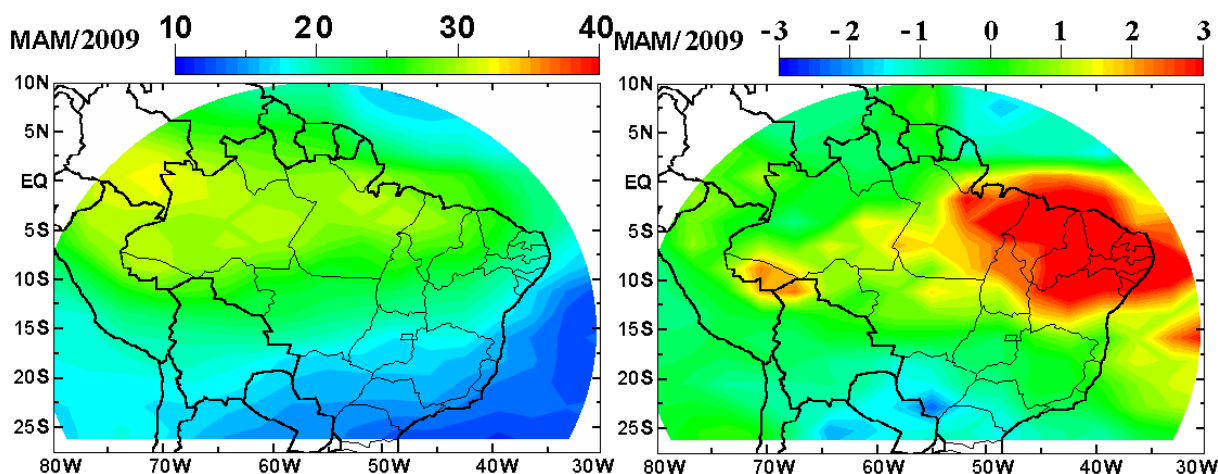


Figura 9. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre MAM2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

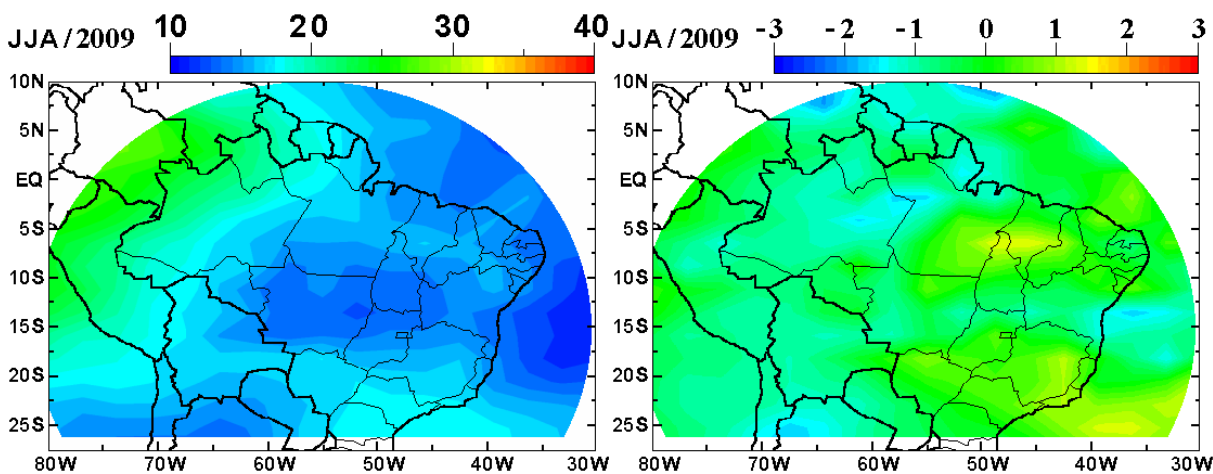


Figura 10. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre JJA2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

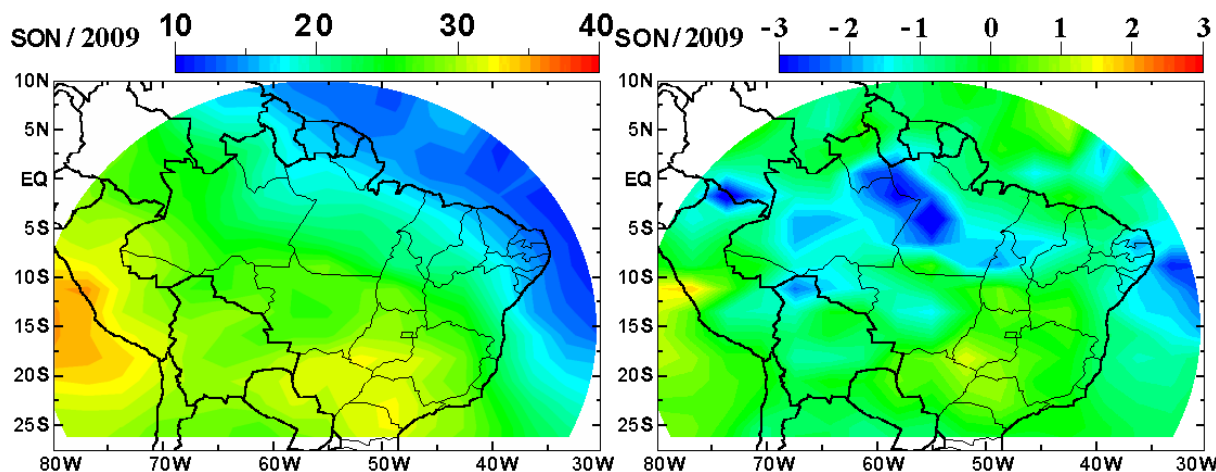


Figura 11. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre SON2009 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

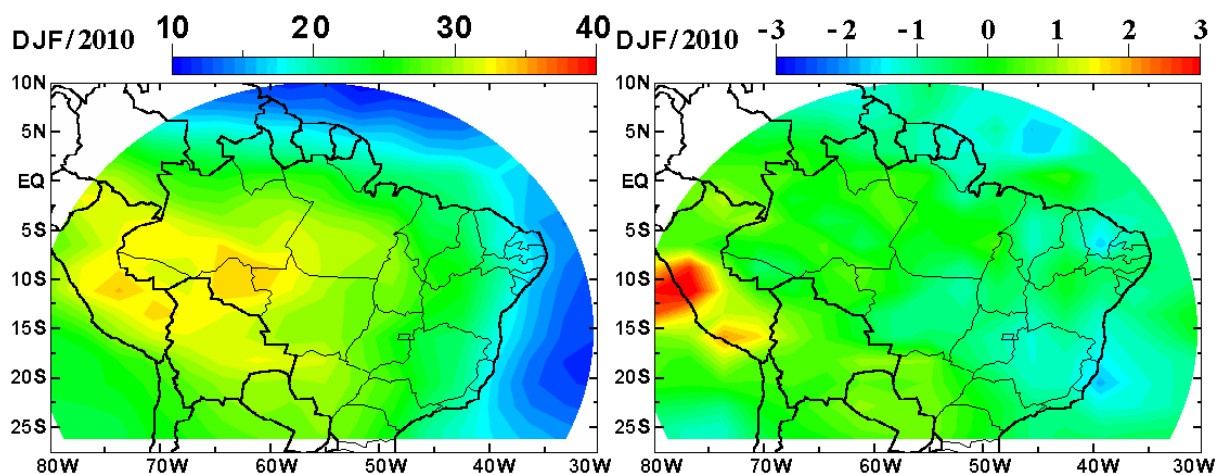


Figura 12. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre DJF2010 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

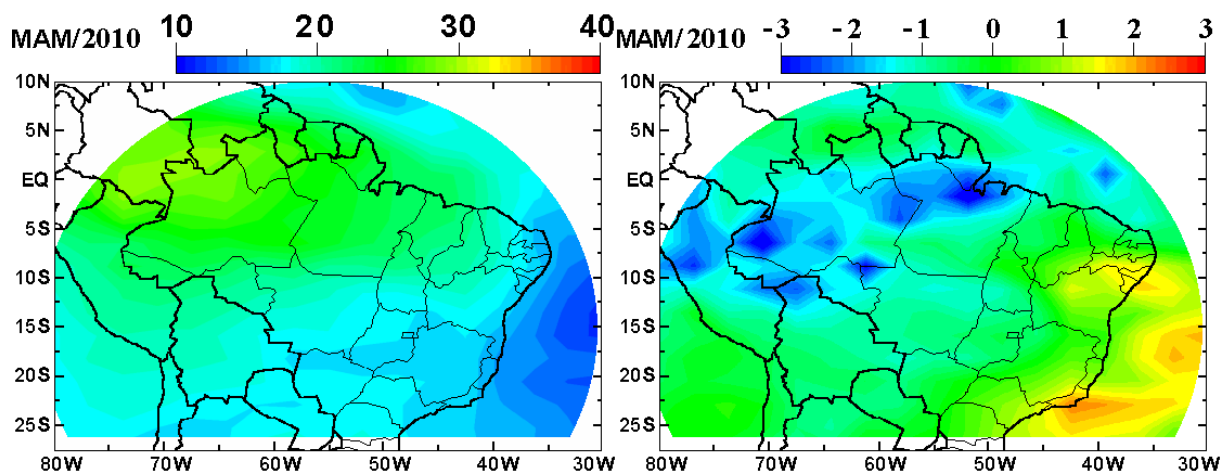


Figura 13. Mapa de valor médio do albedo planetário do trimestre MAM2010 (lado direito) e mapa da anomalia deste valor médio em relação ao padrão decenal.

O mapa de anomalia da Figura 8 mostra que o trimestre DJF2009 não teve variação significativa do valor médio padrão. Pequenas manchas azuis foram observadas no Oceano Pacífico e no norte da Argentina e manchas mais fracas no nordeste do Brasil. Essas manchas azuis claro mostram diminuição do albedo médio da ordem de um desvio padrão. Isto pode ser entendido como uma simples variação estatística do clima. Manchas amarelas foram observadas sobre a floresta Amazônica e para cima da Guiana e do Suriname, mas não é nada alarmante porque, também, é da ordem de pouco maior do que um desvio padrão da variabilidade.

O mapa de anomalia da Figura 9 para o trimestre MAM2009 mostra oscilação de três desvios padrões sobre o nordeste Brasileiro. Esse fato é indício de um aumento grande na cobertura de nuvens neste período. Os mapas de anomalia de JJA2009, SON2009 e DJF2010 mostram pouca oscilação em relação ao padrão. O trimestre MAM2010 mostra diminuição do albedo sobre a floresta Amazônica e aumento sobre a parte sul do Oceano Atlântico.

Os gráficos de anomalias servem como um termômetro para mostrar perturbações no albedo médio planetário e o alarme deve ser disparado quando as anomalias forem maiores do que três desvios padrões da variabilidade em relação ao valor médio. Pois, estes três desvios padrões tem uma probabilidade de ocorrer menor do que 1%.

5. 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. Portanto, o albedo é um excelente monitor do clima.

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. Portanto, o Experimento Albedo é um equipamento autocalibrável.

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) (Veissid, 2010).

Adicionalmente, os dados de albedo analisados juntamente com dados de estações radiométricas permite estabelecer valores de taxas de absorção atmosférica da radiação solar, conforme relatado por Veissid et al. (2010).

Este trabalho é uma continuação dos trabalhos anteriores apresentados nos Simpósios de Sensoriamento Remoto (Veissid, 2009, 2013 e 2015) e define padrões decenais para os trimestres DJF, MAM, JJA e SON baseado nos anos de 1998 até 2008. Conclui-se pelos mapas de anomalia mostrados neste trabalho que os períodos trimestrais não apresentaram nenhuma mudança climática, pois as diferenças entre o valor médio medido e o padrão decenal foram menores que três desvios padrões de variabilidade.

Considerando que o sinal do Experimento Célula Solar continuará provavelmente pelos próximos anos, espera-se que esta nova metodologia permita gerar maiores conhecimentos no desenvolvimento dos métodos para satélite de monitoração de longo período do albedo terrestre, dada a sua importância na climatologia e suas mudanças globais. Como continuação deste trabalho, serão processados dados dos trimestres seguintes e, desta forma, os dados de albedo permitem estabelecer correlação com mudanças climáticas globais.

Referências Bibliográficas

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**, v. 18(1), p. 25, 2000.

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**, v. 66, p. 65-82, 2003.

Veissid, N. Novo Algoritmo para mapas de variabilidade climática. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-30 abril de 2009, Natal-RN. **Anais do Simpósio**. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1707-1713. DVD, ISBN 978-85-17-00044-7. Trabalho completo em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.13.03>>.

Veissid, N.; Escobedo, J. F.; Galdino, M. A. Taxa de absorção atmosférica sobre as cidades de Botucatu-SP e Rio de Janeiro-RJ, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 4, p.455-468, 2010.

Veissid, N. Novo algoritmo para mapas de variabilidade climática. In: IV Conferência Regional sobre Mudanças Globais: O Plano Brasileiro para um Futuro Sustentável, São Paulo-SP, 4-7 de Abril de 2011, **Pôster** apresentado.

Veissid, N. 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**.

Veissid, N. Experimento Albedo do satélite SCD2 do INPE estabelece base de dados decenal para monitorar mudança climática global. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13-18 abril de 2013, Foz do Iguaçu-PR. **Anais do Simpósio** p. 1707-1713 em DVD, ISBN 978-85-17-00044-7. Trabalho completo disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.13.03>>.

Veissid, N. Base de dados decenal para monitorar mudança climática global estabelecida pelo Experimento Albedo do SCD2: primeiras imagens de anomalia para 2009. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-29 abril de 2015, João Pessoa-PB. **Anais do Simpósio** p. 2039-2046 em DVD, ISBN 978-85-17-00044-7. Trabalho completo disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.13.03>>.