

ESTUDO DA VARIABILIDADE DA COBERTURA DE NUVENS ALTAS NA AMAZÔNIA

Maria Aparecida Senaubar Alves
Luiz Augusto Toledo Machado
Centro Técnico Aeroespacial/Instituto de Aeronáutica e Espaço
Divisão de Ciências Atmosféricas
Pç. Mal do Ar Eduardo Gomes nº 50, São José dos Campos/SP
CEP: 12228-904, Tel. (012) 347 45 89, Fax: (012) 347 45 51

Cida@iae.cta.br

machado@iae.cta.br

Gannabathula Sri Sessa Durga Prasad
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Av. dos Astronautas nº1758, São José dos Campos/SP
Prasad@met.inpe.br
N.º de inscrição: 50.154-9

ABSTRACT

Wavelet Analysis was performed on the time series of the percentage convective cloud cover over the Amazon region using the ISCCP data for a period of 8 years. The Morlet wavelet was used on the time series generated from 8 samples per day. Each data sample was obtained from 2.5°x 2.5° resolution image by averaging the image intensities in a block of 5x5 pixels. The predominant period of about one-year (256 to 512 days) is clearly seen. The effect of El-Niño on the cloud cover index could also be seen clearly in the Wavelet Transform. There was a wave that coincides with the El-Niño signal. In addition, it was found that the diurnal oscillation is stronger when there is 3 to 5 day oscillations, principally in summer and in particular in the El-Niño years. In the non El-Niño years it was found that there are two strong periods of 7-8 days and 18-20 days. In the presence of the intraseasonal oscillations the diurnal cycle tends to be weaker.

INTRODUÇÃO

As nuvens exercem um papel significativo sobre as trocas de energia entre as várias escalas de fenômenos atmosféricos. A grande diversidade das condições dinâmicas e termodinâmicas presentes na atmosfera são responsáveis pela formação de diversos tipos de nuvens com características radiativas distintas.

A principal característica da convecção tropical é a forte resposta a forçante diurna. O conhecimento da resposta da convecção ao ciclo diurno é bastante útil quando se deseja verificar seu impacto em modelos de circulação geral. Além disso, essa modulação pelo ciclo diurno tem uma importante influência na forçante radiativa da cobertura de nuvens, sendo um fator relevante no balanço de radiação da Terra (Minnis e Harrison, 1984; Duvel e Kandel, 1985; Duvel, 1989).

Em adição à modulação da convecção pelo ciclo diurno, que é o fator mais importante da variabilidade na região tropical, existem as flutuações da nebulosidade interdiurna, intrasazonal anual e interanual. Na região tropical a variabilidade interdiurna é principalmente devida as Ondas de Leste, que contribuem para formação de sistemas convectivos de mesoescala e linhas de instabilidade responsáveis em grande parte pela precipitação tropical e que foram estudados por Yamazaki (1975), Espinosa (1996), Mota (1997), e Chapa et al. (1999). Diversos estudos foram realizados sobre as flutuações de curto período no Brasil, entre eles pode-se citar os trabalhos de Kousky (1979), sobre influências frontais no Nordeste brasileiro, Kousky e Ferreira (1981) sobre a variação interdiurna da pressão, Kousky e Cavalcanti (1988) sobre padrões de circulação da América do Sul. Machado et al. (1996), utilizando funções ortogonais empíricas, encontraram padrões de variabilidade interdiurna da cobertura de nuvens, na região Amazônica, com períodos entre 3 e 5 dias. Essas oscilações encontradas principalmente na época chuvosa sugerem uma interação entre trópicos, sub-trópicos e latitudes médias.

Neste trabalho portanto, são apresentados os resultados que foram obtidos a partir da análise de 8 anos de imagens de satélite (1983-1991) ao se utilizar a Transformada Wavelet (TW) nos dados da cobertura de nuvens altas e sobre a região amazônica a fim de estudar os períodos encontrado por Machado et al. (1996) com um número maior de dados e com uma ferramenta estatística apropriada para verificação de fenômenos não estacionários.

DADOS E METODOLOGIA

Este trabalho utilizou 8 anos de dados provenientes do Internacional Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) no formato ISCCP-C1, para o período de julho de 1983 a junho de 1991. Os dados do estágio “ISCCP-C1” são derivados das imagens dos satélites meteorológicos geoestacionários e de órbita polar, produzidos a cada 3 horas, com resolução espacial de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ de latitude e longitude, apresentando-se nos horários das 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 e 21 UTC. Os processos utilizados para obtenção destes dados estão descritos nos trabalhos de Schiffer e Rossow (1983), Rossow et. al. (1991) e Rossow e Walker (1991). No presente estudo, foi utilizada a porcentagem de cobertura de nuvens altas obtidas dos dados do ISCCP-C1 (nuvens com topo superior a 560 hPa). Foi escolhida as nuvens altas em função da presença de um sinal mais intenso da atividade convectiva neste tipo de cobertura.

Analisou-se um setor da imagem ISCCP-C1 de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ centrada em $-3,75^\circ$ de latitude e $-63,73^\circ$ de longitude. Este setor possui uma ordem de 23000 dados (8 imagens por dia $\times$ 365 dias $\times$ 8 anos), analisou-se o verão de cada ano isto é, dezembro do ano e janeiro e fevereiro do ano seguinte, em função de Machado et al. (1996) ter encontrado sinais de flutuações diurnas e interdiurnas relativamente fortes neste local. Para verificar a representatividade deste sinal em função de sua vizinhança foram feitas médias com vários setores adjacentes de ($2,5^\circ \times 2,5^\circ$) com o setor mais representativo circunscrito no centro, isto é, 3×3 , 5×5 , 7×7 , etc.

A ferramenta matemática utilizada foi a TW, que analisa um sinal temporal $s(y)$ em cada instante t sobre um intervalo de escala a . Assim, a transformada de sinal definido sobre um intervalo bidimensional é apresentada como sendo uma função de duas variáveis, t e a , as quais devem ser consideradas como independentes. Então, a TW estuda uma escala particular pela convolução de $s(y)$ com uma wavelet localizada no tempo e em escala. A TW utilizada é definida a partir de uma função base g , chamada de wavelet - mãe. Os valores de $T(a, t)$ exprimem, então, a decomposição do sinal $s(y)$, numa posição t e numa escala a precisa.

O conjunto dos valores deste parâmetro fornecem assim, uma representação bidimensional do sinal no espaço (ou tempo) e em número de onda (ou frequência)

$$T_g(a, t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} g\left(\frac{t-y}{a}\right) s(y) \cdot dy$$

Em função do conjunto de dados apresentar alguns horários sem imagens, foi necessário fazer uma interpolação para preencher as faltas existentes, visto que o procedimento de cálculo da TW não permite que existam faltas na série analisada. Desta forma, fez-se uma interpolação unidimensional pelo vizinho mais próximo das faltas. Este procedimento encontra-se descrito em Matlab (1995). Após ser processada a interpolação aplicou-se a TW.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o trabalho de Machado et al. (1996) a melhor estação do ano para se observar as flutuações interdiurnas com períodos em torno de 4 dias na região amazônica é no verão. Segundo Guedes e Machado (1997) o horário de máxima cobertura de nuvens altas nesta área é as 00 UTC. Portanto, a TW, na análise utilizando vários anos, foi processada para este horário para facilitar a visualização, isto é, usou-se uma imagem por dia.

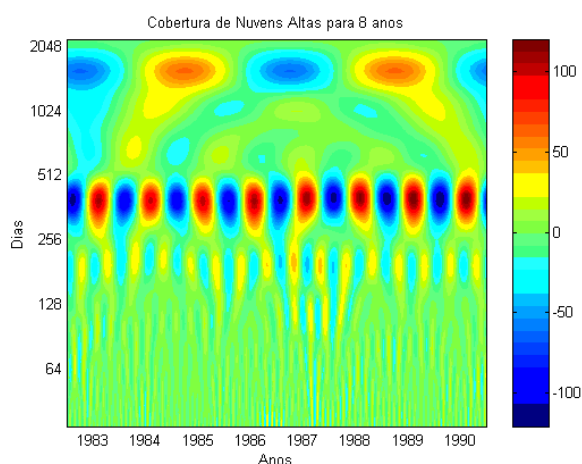


Figura1-Variabilidade da cobertura de nuvens altas em função do período e da época do ano.

Foi feita a TW para os 8 anos de dados de porcentagem de cobertura de nuvens altas as 00 UTC. A figura 1 apresenta estes resultados. Na ordenada encontra-se os anos analisados e nas abscissas encontra-se o período das flutuações em dias. Foram observadas algumas características que podem ser associadas a presença de El-Niño que ocorreram durante os anos analisados. Observando-se entre os períodos de 1024-2048 dias encontra-se uma onda que coincide com a presença de El-Niño nos anos de 1983, 1986-1987 e 1990. Este fato evidencia a importância desta flutuação interanual na variabilidade da cobertura de nuvens altas na Amazônia. Porém, verifica-se que o período predominante é o ciclo anual que está entre os períodos de 512-256 dias. Um outra ocorrência que também pode ser identificada é o ciclo semestral que aparece próximo do período de 192 dias. Outros períodos foram obtidos, porém serão destacadas nas análises subsequentes.

Observando-se somente os verões, com todos os horários de imagens do dia, do setor central onde Machado et al. (1996) encontraram flutuações diurnas e interdiurnas, verificou-se que usando a TW para o mesmo setor aparecem sinais de flutuações diurna, de 4 a 5 dias, de 7 a 10 dias e de 20 a 32 dias. Como pode ser visto na figura 2, o ciclo diurno é intensificado quando ocorrem oscilações interdiurna de 3 a 5 dias simultaneamente ao ciclo diurno. Isto ocorreu principalmente no verão do ano de 1983 que foi um ano considerado de El-Niño intenso.

Nos anos de El-Niño, menos intenso, como foi os anos de 1986 e 1990 observa-se duas flutuações mais intensas: de 7 a 8 dias associada com 18 a 20 dias. Entretanto, o mesmo não ocorre com o observado no ano de 1983 onde vê-se flutuações interagindo com intensidade de 3 a 5 dias, 8 a 12 dias e 32 dias.

Quando ocorre apenas oscilações intrasazonal (entre 32 e 64 dias) a intensidade do ciclo diurno torna-se menor. Este fato ocorreu principalmente no verão de 1988, ano de La-Niña.

Além de um fenômeno de grande escala (El-Niño ou La-Niña) as interações entre escalas são variáveis de um ano a outro. Ou seja, no verão de 1984 e 1985 observa-se que as flutuações de 4 a 8 dias interagem com 24 dias. No verão de 1987 só existe flutuações de 4 a 8 dias no mês de dezembro. No verão de 1989 foi caracterizado por flutuações de 4 dias e de 24 dias. Ressalta-se entretanto, que as flutuações de 4 a 8 dias estão mais presentes na maior parte dos verões independente se há uma modulação de grande escala ou não. Na figura 2, mostra-se o ano de 1983 e 1988 por apresentarem flutuações distintas.

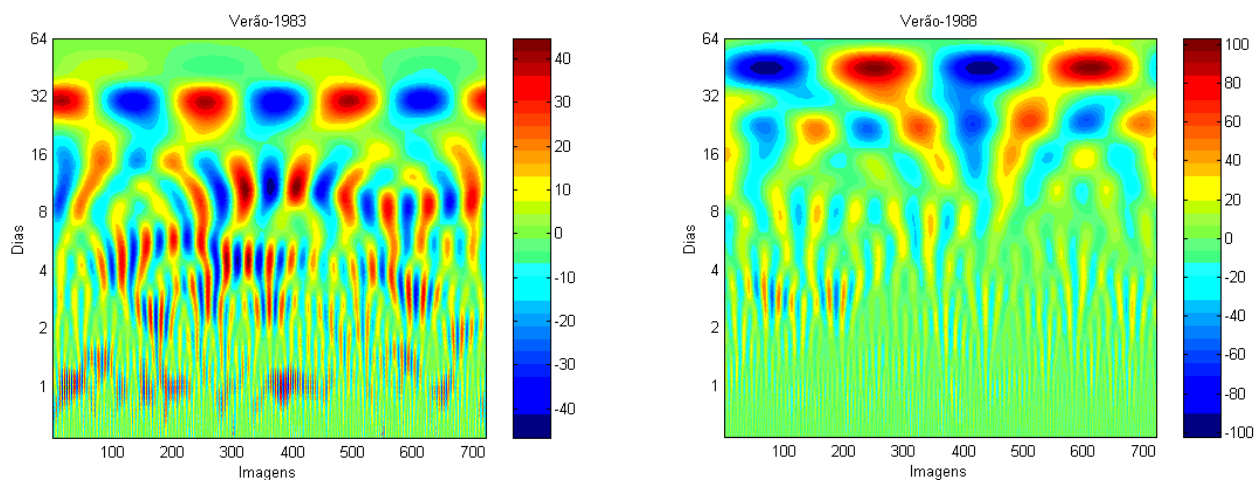


Figura 2 – Variabilidade da cobertura de nuvens altas em função do período e do verão de 1983 (Dez/83, Jan-Fev/84) e 1988 (Dez/88, Jan-Fev/89).

Para verificar a representatividade do sinal das flutuações em função de sua vizinhança foram feitas médias com vários setores adjacentes ao centrado em $-3,75^\circ$ de latitude e $-63,73^\circ$ de longitude, o resultado foi comparado com os verões de 1983 e 1988. Para a região 1 (3x3) (figura 3), obteve-se a continuidade das flutuações de 4 a 5 dias, de 8 a 10 dias e 32 dias para o verão de 1983. Apesar da média, as flutuações permaneceram intensas menos a de 32 dias que enfraqueceu. O verão de 1988 permanece com as mesmas características. Na região 2 (5x5), em 1983 continua com flutuações de 4 a 5 dias, de 8 a 10 dias e 28 dias. Apesar das flutuações permanecerem intensas, o período diminuiu para 28 dias e está mais intensa que com a média obtida para a região 1. No verão de 1988 as

características não foram alteradas. Na região 3 (7x7), observa-se flutuações de 4 a 5 dias, de 8 a 10 dias, 15 dias e 28 dias. Pode-se dizer que para o verão de 1983 as características das flutuações de 4 a 5 dias, de 8 a 10 dias permaneceram inalteradas durante o aumento da área. Um fato interessante é que a medida que a área aumenta as flutuações intrasazonais diminuem de período, isto é, de 32 dias para 28 dias no verão de 1983. Mais uma vez, o verão de 1988 permaneceu inalterado.

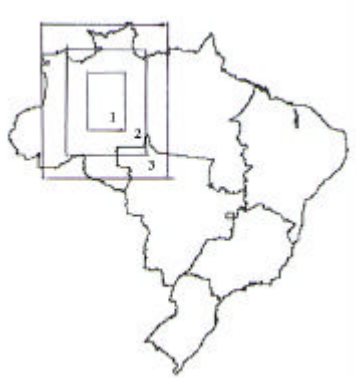


Figura 3 – Mapa mostrando as regiões de abrangência – região 1 (3 x 3), região 2 (5 x 5) e região 3 (7 x 7).

CONCLUSÃO

O uso de imagens de satélites ISCCP-C1 em conjunto com a técnica da TW, permitiu o monitoramento de um grande número de interações atmosféricas que, por sua abrangência espacial e temporal, seriam difíceis de serem observados de outra forma.

Com a ferramenta utilizada pode-se verificar interações significativas entre períodos de ocorrência de oscilações para a região central amazônica. O ciclo diurno é intensificado quando ocorre oscilações interdiurnas de 3 a 5 dias simultaneamente. As flutuações de 4 a 8 dias estão presentes na maior parte dos verões independente se há uma modulação de grande escala ou não. Foi observado um ano de El-Niño intenso (1983) onde as interações entre diversas escalas de tempo ocorrem com maior intensidade. No ano de La-Niña também intenso foi observado que estas interações são menos intensas.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Física Maria Roseli Cabral Ho e ao Analista de Sistemas José Nestor de Oliveira pelo apoio computacional necessário à realização deste trabalho. Agradecem também ao incentivo dado pelo pesquisador Roberto Lage Guedes para a conclusão deste trabalho. Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) suporte número 99/06045-7 e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) suporte número 910153/98-1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- CHAPA et Al.: Application of Wavelet Transform to Meteosat-Derived Cold Cloud Index Data over South America. **Mon. Wea. Rev.**, V 126, 2466-2488, 1998.
- DUVEL, J. : Convection Over Tropical Africa and Atlantic Ocean during Northern Summer. Part. I :Interannual and Diurnal Variations. **Mon. Wea. Rev.**,117, 2782-2799. ,1989.
- DUVEL, J. and R. S. KANDEL: Regional-Scale Diurnal Variation of Outgoing Infrared Radiation Observed by METEOSAT .**J. Climate and App. Meteor.** V 24, 335-349, 1985.
- ESPINOSA, E. S.: Distúrbios nos Ventos de Leste no Alântico Tropical. **Dissertação de Mestrado INPE, S.J.C, SP**, 1996.
- KOUSKY, V. E.: Frontal Influencies on Northeast Brazil. **Mon. Wea. Rev.**, V 107, 1140-1153, 1979.
- KOUSKY, V. E e V. E. Ferreira. Interdiurnal Surface Pressure Variations in Brazil: Their Spacial Distributions, Origins and Effects. **Mon. Wea. Rev**, V 109, 1999-2008, 1981.

- KOUSKY, V. E and I. F. A. CAVALCANTI: Precipitation and Atmospheric Circulation Patterns in the South American Sector. **RBMet** V. 3, 199-206, 1988.
- GUEDES, R. L. e L. A. T. MACHADO: Características Médias da Cobertura de Nuvens sobre a América do Sul com Base em Imagens do GOES-E/ISCCP: julho de 1987 a junho de 1988. **RBMet** V.12, 1-19, 1997.
- MINIS, P., and E. F. Harrison: Diurnal Variability of Regional Cloud and Clear Sky Radiative Parameters Derived from GOES data .Part II: November 1978. Radiative Parameters. **J. Climate Appl. Meteor.**, V 23, 1032-1051, 1984
- MACHADO, L. A. T., W. B. ROSSOW: Structural Characteristics of Deep Convective Systems Over Tropical Africa and Atlantic Ocean. **Mon. Wea. Rev.**, V 120, 392-406, 1992.
- MACHADO, L. A. T., W. B. ROSSOW: Structural Characteristics and Radiative Properties of Tropical Cloud Clusters. **Mon. Wea. Rev.**, V.121, 3234-3260. 1993.
- MACHADO, L. A. T., R. L. GUEDES E M. A. S. ALVES: Características Estruturais de Sistemas Convectivos e Forçantes na América do Sul Observados por Satélites. **Climanálise 10 anos**, CPTEC/INPE, 110-122, S.P.,1996.
- MACHADO, L. A.T, M. A. S. ALVES e R. C.WALTZ: Variação Diurna e Interdiurna da Convecção na Região Amazônica, **IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET/INPE**, V. 1, 953-956, Campos do Jordão-S.P.,1996.
- MACHADO, L. A. T., W. B. ROSSOW, R. L. GUEDES, and, A. W. WALKER: Life Cycle Variations of Mesoscale Convective Systems over the Americas. **Mon. Wea. Rev.**, V. 126, 1630-1654, 1998.
- MOTTA, G. V. Estudo Observacional de Distúrbios Ondulatórios de Leste no Nordeste Brasileiro. . **Dissertação de Mestrado/USP**, 1997.
- ROSSOW, W. B. and A. W. WALKER: International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP). *Description of Monthly Mean Cloud Data (Stage C2)*. Appendix C, **WMO/ICSU**, 1991.
- ROSSOW, W.B., L.C. GARDER, P.J. LU and A. WALKER: International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP). *Documentation of Cloud Data*. **WMO/ICSU**, N° 266, 1991.
- SCHIFFER, R. A. and W. B. ROSSOW: The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP): The first Project of the World Climate Research Programme. **Bull. Amer. Met. Soc.**, V. 64, 779-784, 1983.
- SILVA DIAS, P. L. and J. P. BONATTI. A preliminary Study of Observed Vertical Mode Structure of the Summer Over Tropical South America. **Tellus**, 37 A, 185-195, 1985.
- SILVA DIAS, P. L.; J. P. BONATTI and V. E. KOUSKY: Diurnal Forced Tropical Tropospheric Circulation Over South America. **Mon. Wea. Rev.**, 115: 1465-1478, 1987
- YAMAZAKI Y. Estudos Teóricos e Sinóticos dos Distúrbios Tropicais. Dissertação de Mestrado, S.J.C., SP, (INPE-624-LAFE), 1975.
- WENG, H. and M. K. LAU, Wavelets, Periods Doubling and Time Frequency Localization with Application to Organization of Convection over the Tropical Western Pacific. **J. Atmos. Sci.**, 51, 2523-2541, 1994.