

ANÁLISE DE CASOS DE PRECIPITAÇÕES INTENSAS NA TRANSIÇÃO ENTRE A ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA DE 2002 EM RONDÔNIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DA TRANSFORMADA DE ONDELETA

Alana de Lima Pontes¹, Maria Assunção Faus da Silva Dias², Maria Isabel Vitorino³

RESUMO: Este estudo enfoca os principais eventos convectivos na transição da estação seca para a estação chuvosa de 2002 quando foi realizado o experimento DRYTOWET/LBA em Rondônia, quanto a sua escala local e variabilidade intra-sazonal. Os resultados mostram que os sistemas precipitantes da região ocorrem em diferentes fases da oscilação intra-sazonal e em certos casos com concordância de fases da grande escala e da escala local.

ABSTRACT: This work has a focus on the main convective events in the transition between the dry and the wet season of 2002 during the DRYTOWET/LBA experiment in Rondônia. The analysis is performed from the large scale to the mesoscale and with respect to intraseasonal oscillations. The results show that these precipitation systems occur in different phases of the intraseasonal oscillation and eventually in the same phase of different large scale oscillations.

Palavra-Chave: Rondônia, Ondeleta, intra-sazonal.

INTRODUÇÃO

O comportamento e o impacto da variabilidade intra-sazonal tem sido de grande importância no estudo de fenômenos atmosféricos, dado seu papel importante na previsão de tempo e clima (Jones et al., 2004). Neste contexto a aplicação da transformada de Ondeleta (TO) é bastante adequada para o estudo do sinal atmosférico e conseqüentemente na detecção das múltiplas escalas de tempo. A técnica de análise da transformada de Ondeletas (Wavelet) foi utilizada como uma ferramenta de análise em tempo-escala da variação de sinais meteorológicos (Weng & Lau, 1996; Vitorino et al., 2006).

Recentemente, Vitorino (2003) utilizou a TO para investigar e analisar o comportamento em tempo e escala da atmosfera associado à variabilidade intra-sazonal sobre a América do Sul e

¹Mestre em Ciências Atmosféricas, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais – CPTEC/INPE, Rodovia Presidente Dutra Km 40, São Paulo. E-mail: alana@cptec.inpe.br

²Professora Dra. do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP. E-mail: mafdsdia@model.iag.usp.br

³Colaboradora Dra. do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP. E-mail: isabel@model.iag.usp.br

oceanos vizinhos. Neste estudo foi observado que a estrutura do sinal atmosférico apresenta características não periódicas e não estacionárias relacionando a ocorrência de oscilações de escalas de tempo distintas para regiões tropicais e subtropicais. Schneider (2004) utilizou a TO para a detecção das frequências de oscilação atmosférica no período de inverno na região Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil com ênfase na escala intra-sazonal, observando que há uma transferência da energia de baixa para alta frequência durante a ocorrência dos eventos frios.

No presente trabalho, o objetivo da análise de dados através do método da TO é observar quais são as frequências dominantes, ou seja, as características em tempo-escala da oscilação atmosférica, desde a escala local a intra-sazonal. Isto mostrará o diagnóstico do sinal na escala intra-sazonal associado à ocorrência dos eventos sinóticos observados na região de Rondônia. Os casos analisados no DRYTOWET/LBA ocorreram entre setembro e outubro de 2002, durante a transição da estação seca para a estação chuvosa em Rondônia.

DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados dados de reanálise do *National Centers for Environmental Prediction/Nacional Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) (Kalnay et al, 1996), para elaboração dos escalogramas das componentes zonal e meridional do vento no nível de 850hPa. Como também uma série de precipitação estimada em pentadas por satélite extraída do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) com dados desde 1979 a 2004 sobre o Estado de Rondônia, com objetivo de detectar as variabilidades intra-sazonais relacionadas à estrutura temporal da precipitação.

Para esta análise será utilizada a parte real dos coeficientes da Ondeleta $\psi(a,b)$ mostrada segundo a equação abaixo:

$$\psi(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} e^{iW_0 \left(\frac{t-b}{a}\right)} \cdot e^{-\frac{\left(\frac{t-b}{a}\right)^2}{2}}$$

A qual é a função Morlet complexa, que mostra a amplitude e a fase do sinal no tempo (Daubechies, 1992). Define-se matematicamente a função ondeleta numa escala (a) e posição(b), onde a e b são valores reais, e $a > 0$. O termo $\frac{1}{\sqrt{a}}$ é utilizado para normalizar a energia de cada Ondeleta, e o W_0 é uma constante, normalmente utilizada como sendo $W_0 = 6$. Figura 1 mostra a ondeleta de Morlet complexa.

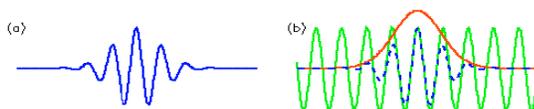


Figura 1. Ondeleta complexa de Morlet, a) ondeleta de Morlet com largura e amplitude arbitrária e com o tempo ao longo do eixo horizontal e b) construção da ondeleta de Morlet (azul tracejado) a partir de uma onda seno (verde) modulada por uma curva gaussiana (vermelho). Fonte: Torrence e Compo, 1998.

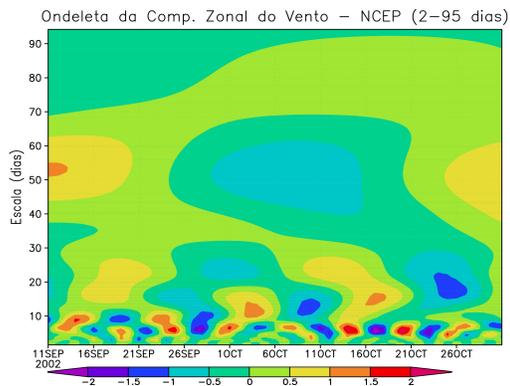
Serão feitas associações das oscilações atmosféricas observadas a partir da TO (escalogramas) com os fenômenos de tempo ocorridos durante o experimento.

RESULTADOS

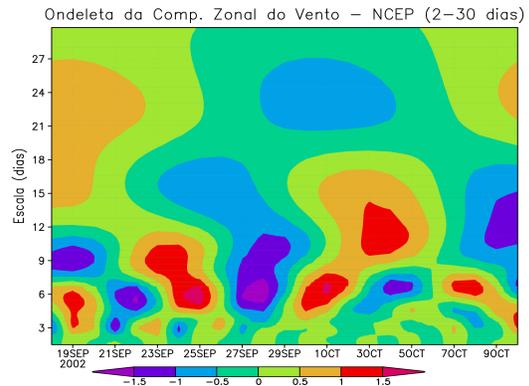
As Figuras 2 e 3 (a) e (b) mostram os escalogramas da parte real dos coeficientes da TO, o qual indica a fase do sinal atmosférico das componentes zonal e meridional do vento, respectivamente. Comparando os espectros de u e v , observa-se que as oscilações da componente zonal apresentam uma maior intensidade nas escalas em torno de 7 e 13 dias. Tais oscilações podem estar relacionadas às modulações de escala sinótica, ou seja, o deslocamento de sistemas frontais observados no período do experimento (19-25 de setembro) na região. Pode-se observar também, oscilações intra-sazonais (50-60 dias) na componente zonal semelhante à observada por Madden e Julian (1994), modulando as oscilações associadas às escalas de frequência mais altas. Percebe-se que ocorreu uma mudança de fase, de um regime de oeste para leste, durante a transição dos meses de setembro-outubro [Figura 2 (a)], o que não é observado na componente meridional do vento [Figura 3 (a)].

Além disso, pode-se observar através da componente zonal do vento [Figura 2 (a) e (b)] que para alguns casos do experimento, havia uma predominância da oscilação associada ao regime de leste nas escalas de 2 a 30 dias. No dia 24 de setembro [Figura 2(b)], o qual foi caracterizado pela ocorrência de um jato de baixos níveis (análise não mostrada), ocorre predominância das oscilações (ventos de leste) em torno de 2 a 3 dias, a qual pode estar provavelmente associada as ondas de Rossby Gravidade Mista (Matsuno, 1966; Santos, 1998; Vitorino, 2003). No dia 28 de setembro foram detectadas oscilações com amplitude relevante na banda entre 6 e 9 dias; entre os dias 07 a 09 de outubro, a região de Rondônia estava sob o domínio de um sistema convectivo de mesoescala (SCM) e foi detectado vento de leste com maior amplitude nas altas frequências (escalas de 4-5 dias), para o dia 08. Para os dias 07 e 09 de outubro observa-se que houve uma mudança no sentido do escoamento do vento para oeste; esta mudança nos regimes de vento também foi detectada por Andreae et al (2002) no qual observaram que durante a estação seca o regime é preferencialmente de leste e que durante a transição para a estação chuvosa, há uma oscilação na direção preferencial do escoamento em Rondônia. Os casos citados acima foram caracterizados pelo alto índice pluviométrico no período do experimento. Para a componente meridional do vento [Figura 3 (a) e

(b)] apesar de não ter sido detectada variabilidade intra-sazonal na banda de 30-90 dias, observou-se uma predominância das oscilações na escala em torno de 23 dias modulando os sistemas atmosféricos transientes. Tais oscilações são observadas, aproximadamente, no período de 11 de setembro a 11 de outubro. Na Figura 3 (a) e (b) para o dia 24 de setembro (jato de baixos níveis) observa-se a predominância de uma mesma fase entre as escalas de 23, 8 e 2 dias, com ventos predominantemente de sul, contribuindo para a determinação das condições locais, ou seja, a ocorrência do jato de baixos níveis de sul nesta região. Durante o período de 19 a 25 de setembro ocorreu uma modulação na componente meridional do vento na escala de tempo de 8 dias (que representa a escala de sistemas sinóticos), ou seja, observa-se uma flutuação associada ao sistema neste período, provavelmente devido a frente fria que foi detectada neste período. No escalograma da Radiação de Onda Longa (Figura não mostrada) as oscilações predominantes estão entre as escalas de 10 a 20 dias para o período de 19 de setembro a 06 de outubro. Deste modo, no período de 19 a 22 de setembro havia uma fase com valores baixos de precipitação na região de Rondônia na escala de 15 dias. Para o dia 28 de setembro é observado que a fase da OLR estava associada à ocorrência da precipitação nas escalas de 5 e 15 dias. Nos dias 23 e 24 de setembro também foi detectada uma fase associada a chuvas nas bandas de 5 e 3 dias, respectivamente, por ordem de importância, isto pode estar associado provavelmente as ondas Rossby-Gravidade Mista. Assim, como também, para o período de 07 a 09 de outubro (SCM), observou-se uma fase favorável da precipitação nas mesmas escalas em torno de 3 a 5 dias (escala local), tendo uma maior amplitude para os dias 07 e 09. As oscilações de OLR podem subestimar ou superestimar a atividade convectiva e conseqüentemente precipitação em algumas regiões (Silva Dias et al., 2002a; Ferraz, 2000) a exemplo, de Rondônia. Porém, de modo qualitativo a OLR consegue mostrar as principais oscilações atmosféricas relacionadas com os fenômenos meteorológicos atuantes na região. A Figura 4 (a) mostra uma oscilação intra-sazonal na precipitação, na escala em torno de 10 pênadas, o que equivale a 50 dias. Nota-se que há uma mudança na fase durante a transição da estação seca para chuvosa em Rondônia, mostrando que o mês de outubro apresenta uma fase favorável à ocorrência da precipitação.

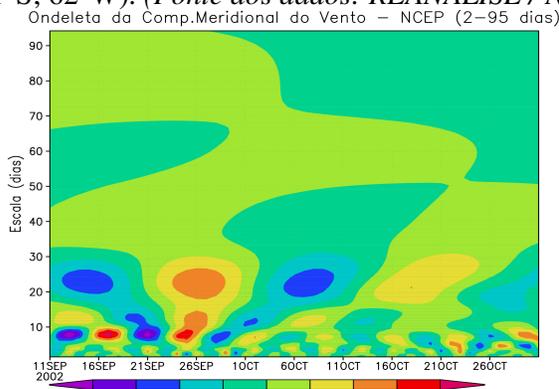


(a)

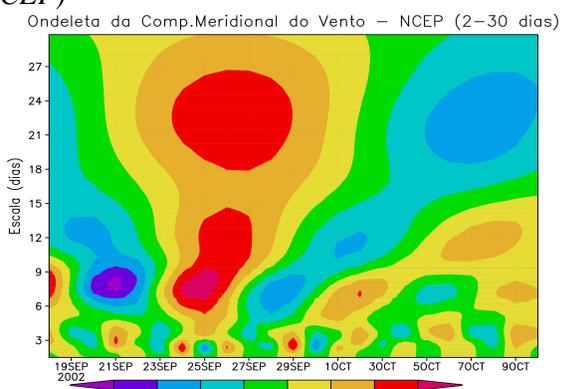


(b)

Figura 2 Escalograma da componente zonal do vento obtido com dados da reanálise do NCEP. Para as escalas de 2-95 dias no período de 11 de setembro a 31 de outubro (a) e de 2-30 dias no período de 19 de setembro a 10 de outubro 2002 (b). Localizado próximo a Fazenda Nossa Senhora - RO (11°S; 62°W). (Fonte dos dados: REANALISE / NCEP)

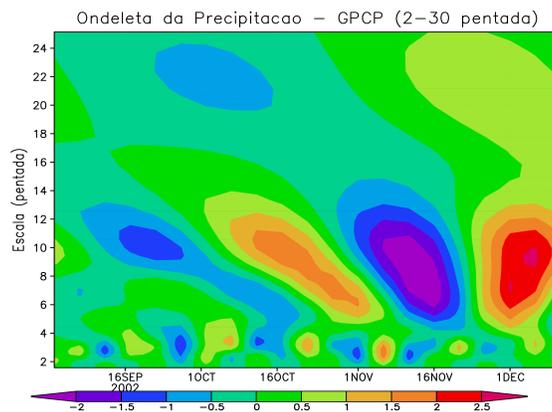


(a)



(b)

Figura 3 Escalograma da componente meridional do vento obtido com dados da reanálise do NCEP. Para as escalas de 2-95 dias no período de 11 de setembro a 31 de outubro (a) e de 2-30 dias no período de 19 de setembro a 10 de outubro 2002 (b). Localizado próximo a Fazenda Nossa Senhora - RO (11°S; 62°W). (Fonte dos dados: REANALISE / NCEP)



(a)

Figura 4 Escalograma da Precipitação estimada por satélite em pântadas obtido com dados do GPCP. Para a escala de 2-30 pântadas no período de agosto de 2002 a março de 2003 (a). Localizado próximo a Fazenda Nossa Senhora-RO (11°S, 62°W). (Fonte dos dados: REANALISE / NCEP)

CONCLUSÕES

A caracterização dos casos de precipitação intensa aqui apresentados mostram a participação de eventos de diferentes escalas espaço e tempo que interagem entre si. A complexidade das interações impede uma relação factual de causa e efeito, mas aponta para a necessidade de levar em conta as diversas forçantes envolvidas. A concordância de fases favoráveis à convecção em escalas intra-sazonais e locais foi encontrada em um dos casos analisados e é algo que deve ser mais explorado em futuros trabalhos. Foram apresentadas características de casos de convecção isolada, ou seja a atuação de ondas de Rossby gravidade mista, e de sistemas convectivos de mesoescala organizados e, caracterizados em ambos os casos por células de grande desenvolvimento vertical.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREAE, M. O. E COLABORADORES**, “*Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments*”, J. Geophys. Res., 107(D20), 8066, doi:10.1029/2001JD000524, 2002.
- DAUBECHIES, I.**, 1992. Ten Lectures on Wavelets, SIAM, 357 pp., Philadelphia. Desrochers, P. R., & Yee, Y. K. “*Wavelet Applications for Mesocyclone Identification in Doppler Radar Observations*”. Journal of Applied Meteorology. Vol. 38, 965-980, 1998.
- FERRAZ, S.E.T.:** “*Oscilações Intrasazonais no Sul e Sudeste do Brasil durante o Verão*”. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, IAG/USP, São Paulo (SP), 157p, 2000.
- JONES, C., L.M.V.CARVALHO, R.W.HIGGINS, D.E.WALISER, J.-K.E. SCHEMM**, 2004: A Statistical Forecast Model of Tropical Intraseasonal Convective Anomalies. J. Climate, 17, 11, 2078-2095.
- KALNAY, E. E COLABORADORES:** “*The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project.*” Bull.Amer.Meteor.Soc., 77, 437-471, 1996.
- MADDEN, R. A e P.R. JULIAN**, 1994: “*Observations of the 40-50 day tropical oscillation-a review.*” Mon. Wea.
- MATSUNO, T.:** “*Quasi-geostrophic motions in the equatorial area.*” J.Meteor.Soc.of Japan, 44, 25-43, 1966. Rev., 122, 814-837.
- MORLET, J.**, 1982: “*Wave propagation and sampling theory.*” Geophys., 47, 222-236.
- SANTOS, I.A.:** “*Controles de Larga e Mesoescala na Precipitação da Amazônia no ABLE2-b*”. Tese de Doutorado em Meteorologia, 1998. IAG/USP, São Paulo (SP).
- SILVA DIAS, M. A. F. E COLABORADORES** 2002a. “*Clouds and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context*”. J. Geophys. Res. 107 (D20): 39.1- 39.20.
- SCHNEIDER, M., 2004.** “*A intra-sazonalidade nas regiões Sul e Sudeste e Centro-Oeste do Brasil durante os meses de inverno*”. Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG/USP.
- TORRENCE, C., COMPO, G. P.**, 1998: “*A Practical Guide to Wavelet Analysis*”. American Meteorological Society. Vol. 79. n. 1. Janeiro., 61-78p.
- VITORINO, M.I., P.L.S.DIAS e N.J.FERREIRA.**, 2006: “*Observational study of the seasonality of the submonthly and intraseasonal signal over the tropics*”. J. Meteor. and Atmos. Physics, Vol.93, No. 1-2, 17-35p.
- VITORINO, M. I.** “*Análise das oscilações intra-sazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes utilizando a Análise das Ondeletras*”, Tese de Doutorado, 2003, INPE - 9822 - TDI / 865.
- WENG, H. e K.M. LAU**, 1996: “*Low-frequency time-space regimes in tropical convection.*” Theor. Appl.Climatol., 55, 89-98.