

# ANÁLISE DE MÚLTIPLAS ESCALAS DA PRECIPITAÇÃO MENSAL EM BELÉM-PA

TORRES, C. S. C.<sup>1</sup>, SOUSA, A. M. L.<sup>2</sup>, VITORINO, M. I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, UFRA, Belém – PA, Fone (0 xx 91) 8192-2994, [carmensct@hotmail.com](mailto:carmensct@hotmail.com), <sup>2</sup>Meteorologista, Prof. Doutor, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, UFRA, Belém – PA, <sup>3</sup>Meteorologista, Profª. Doutora, Faculdade de Meteorologia – FAMET/UFPA, Belém-PA

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES

**RESUMO:** Neste estudo são apresentadas as características temporais e a variabilidade climática em tempo-escala da precipitação (PRP) e da radiação de onda longa (ROL) na parte leste da Amazônia. Foram analisados os episódios de El Niño Oscilação Sul (ENSO) dos anos de 82/83 e de 88/89, com base na análise do sinal das múltiplas escalas de tempo. A variação pluviométrica anual e sazonal foi analisada com base em séries históricas de 85 anos (1923-2008) de totais mensais de chuva. A variabilidade climática da precipitação foi caracterizada com base no coeficiente de variação, médias decadais e no desvio padrão. Aplicou-se aos dados mensais de PRP e de ROL o método da transformada em ondeletas para detecção e caracterização das oscilações em tempo-escala mais evidentes nos sinais no Município de Belém-PA. Os resultados mostram coerência nas flutuações em tempo-escala entre os sinais de PRP e de ROL. No entanto, os eventos de El Niño e La Niña diferem entre si em termos das oscilações de PRP e ROL presente no sinal. Notou-se que as oscilações nas escalas de 60, 24 e 12 meses são comuns aos episódios. No caso da La Niña de 88/89, a mesma esteve associada às oscilações intrasazonais de precipitação de 2 meses.

**Palavras-chave:** ondeletas, precipitação, radiação de onda longa

**ABSTRACT:** This study shows the temporal characteristics and climate variability on time-scale precipitation (PRP) and longwave radiation (OLR) in the eastern Amazon. We analyzed the episodes of El Niño Southern Oscillation (ENSO) of the years 82/83 and 88/89, based on signal analysis of multiple time scales. The annual rainfall and seasonal variation were analyzed based on historical series of 85 years (1923-2008) mean monthly rainfall. Climate variability of the rainfall was characterized based on the coefficient of variation, the decadal average and standard deviation. The Wavelet Transform Was applied to monthly data of PRP and OLR to detect and characterize the most evident time-scale oscillations on the atmospheric signal of Belem, Brazil. The results show consistency in the time-scale fluctuations between the signals of PRP and OLR. However, El Niño and La Niña differ in terms of oscillations present in the PRP and OLR signal. It was noted that the fluctuations on scales of 60, 24 and 12 months are common to the episodes. In the case of the 88/89 La Nina, it was associated with the intraseasonal of precipitation of two months.

**KEYWORDS:** wavelet, precipitation, longwave radiation

**INTRODUÇÃO:** O conhecimento de diferentes escalas de tempo, desde a escala sub-sinótica à escala interanual (Ropelewski, 1989) e suas interações é de grande valia para o entendimento da dinâmica dos sistemas atmosféricos, bem como para o aperfeiçoamento dos modelos de previsão de tempo e clima (Vitorino, 2002). A precipitação é um dos principais elementos climáticos na região, pois influencia o comportamento de outras variáveis meteorológicas. Os processos que

causam a precipitação na região estão associados à convecção local, resultante do aquecimento da superfície e das condições de grande escala relacionadas a Zona de convergência inter-tropical (ZCIT), e as linhas de instabilidade (Cohen, 1995). Kayano et al (1998) estudaram as circulações tropicais associadas à ocorrência de precipitação em 1982/83 e 1984/85. Eles observaram que em 1982/83 (El Niño) predominaram condições atmosféricas de seca sobre amplas áreas terrestres tropicais, tais como, América do Sul, África e Indonésia. Durante 1984/85 (La Niña) essas anomalias climáticas praticamente se inverteram, em concordância com a inversão das características de circulação tropical. Neste sentido este trabalho visa detectar as oscilações de múltiplas escalas de tempo relacionadas à variabilidade da precipitação mensal (PRP) na região metropolitana de Belém-Pa. Além disso será investigado o comportamento das múltiplas escalas de tempo, durante os episódios de El Niño (82/83) e La Niña (88/89).

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foi utilizada uma série pluviométrica mensal da cidade de Belém-PA (01° 23.00' S, 48° 26.16' W), da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período de 1923-2008. Além disso, foram utilizados os dados mensais de Radiação de Onda Longa (ROL-W/m<sup>2</sup>) para o período de 1979-2008, disponíveis National Centers for Environmental Prediction – National Centers Atmospheric Research – NCEP/NCAR (Liebmann & Smith, 1996). Para a análise do sinal atmosférico foram utilizados as séries temporais mensais de PRP e de ROL, a fim de detectar e caracterizar as flutuações atmosféricas mais energéticas presentes nos sinais da precipitação local. O método utilizado para análise inicial dos dados de PRP foi subdividir o período de estudo (1923-2008) em 9 décadas consecutivas (23-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-99 e 00-2008), sendo que a década de 00-08 foi diferenciada por ter menos anos. Com respeito a cada década, foram determinadas a média, coeficiente de variação e desvio padrão (calculado usando-se o método "não-polarizado" ou "n-1"), referentes aos vários anos para cada doze meses da década. A análise de variância clássica foi empregada para testar diferenças porventura existentes entre as médias nas 9 décadas. Posteriormente foi aplicado o teste estatístico de “Outliers” (Teste de Grubb’s) nas médias anuais dos 85 anos de dados, para identificar pontos com diferenças significativas na série. Em seguida a esta análise foi aplicado a Transformada em Ondeletas Morlet (TOM) para análise do sinal da PRP e da ROL em tempo-escala. A Transformada em Ondeletas Morlet é um método de análise para projetar em escalas funções temporais (espaciais), onde é baseado na teoria de grupos e nas funções quadraticamente integráveis (energia finita), permitindo decompor um sinal dependente do tempo em ambos, tempo e escala. A transformada em ondeleta da função  $f(t) \in L^2 \mathfrak{R}$  é definida pela expressão (Farge, 1992):

$$\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)dt$$

Existem dois tipos de ondeletas: a ondeleta contínua e a ondeleta discreta. Dentre as ondeletas discretas mais conhecidas está, a de Haar, a de Meyer e a biortogonal. Quanto às contínuas, destaca-se a ondeleta complexa de Morlet (Daubechies,1992). Neste trabalho a função ondeleta utilizada é a de Morlet, pois apresenta características semelhantes ao do sinal meteorológico (ROL) que analisa a simetria ou assimetria, a variação temporal brusca ou suave. Além disso, a ondeleta Morlet apresenta informações de amplitude e fase da energia de ondeleta.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:** Para análise pluviométrica sazonal entre as décadas, observa-se que as décadas de 40, 80 e o início do século XXI, foram os mais chuvosos e as

décadas de 30 e 60 foram as mais secas, e que os valores extremos médios ocorreram em março e outubro com 477 mm e 72 mm, respectivamente (Figura 1a).

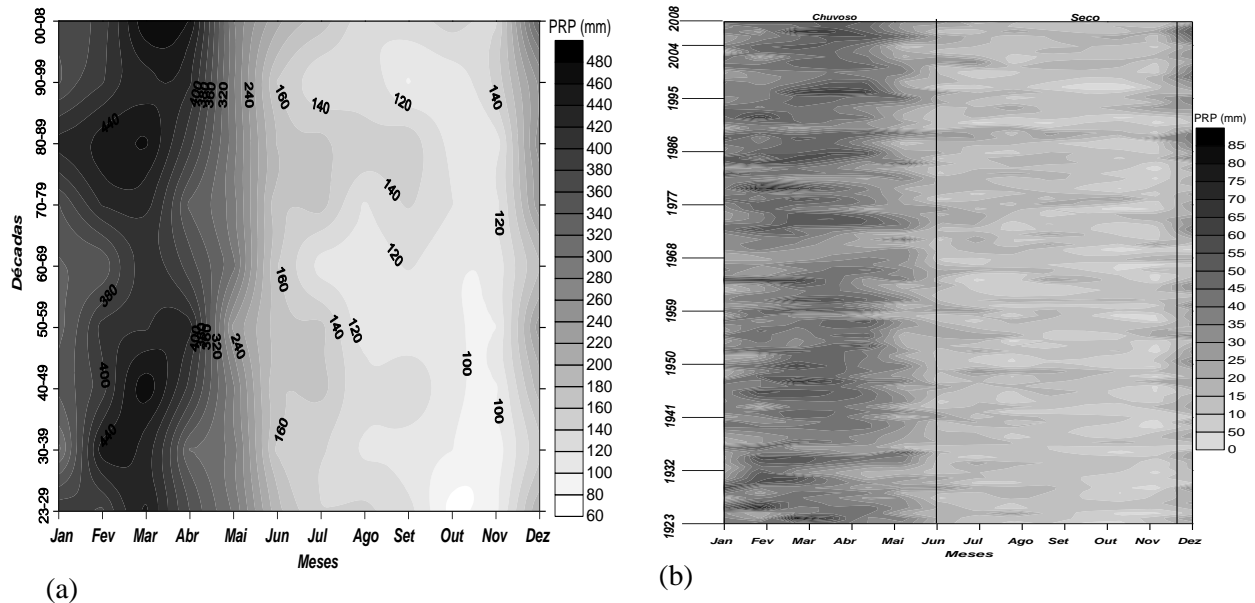


Figura 1: (a) Distribuição média da PRP nas décadas e (b) distribuição períodos x anos.

Vale ressaltar que, a década de 80 foi à década onde ocorreram os maiores eventos de El Niño e La Niña em magnitude, sendo que no ano de 1983 a PRP anual foi de 2.300 mm/ano e em 1889 de 3.800 mm/ano, respectivamente. Nota-se uma redução da PRP em Belém-PA (aproximadamente 40% no índice pluviométrico), confirmando o efeito de um fenômeno de escala global no clima local. Observa-se que dezembro é o mês que caracteriza o início da estação chuvosa na maioria dos anos. Entretanto, em alguns anos, o início da estação chuvosa pode ocorrer no mês de janeiro, principalmente em anos de El Niño, onde o mesmo atrasa o início da estação chuvosa. A ocorrência mais tardia de início da estação chuvosa verifica-se em uma pequena área nas décadas de 30 e 40. O início da estação seca (99% dos anos) ocorre no mês de junho, prolongando-se até o final do mês de novembro de cada ano. Também foi constatada maior variabilidade da precipitação durante a estação seca do que na estação chuvosa (Figura 1b). Na análise em tempo escala abaixo é importante notar que, as fases positivas (vermelho) e negativas (azul) da PRP representam as fases que favorecem ao aumento e a diminuição da precipitação, respectivamente. No caso da ROL, as fases são opostas a da PRP, pois os maiores valores de ROL estão relacionados a redução de convecção e/ou ausência de chuva e os menores valores representam aumento de convecção e/ou presença de precipitação. Segundo Lau et al. (1997), o valor crítico que caracteriza o início da atividade convectiva é a ROL inferior a  $240 \text{ W/m}^2$ . Observa-se (Figura 2a e b) a marcante característica da atuação do ciclo anual (escala de 12 meses), durante todo o período, tanto no sinal de PRP, quanto no de ROL. Outro aspecto concordante entre as variáveis analisadas ocorre na década de 80 com as flutuações em torno de 24 e 60 a 80 meses (2 e 5 a 7 anos). Estas oscilações podem está relacionadas com a variabilidade dos fenômenos ENOS fortes observados neste período, com a ocorrência de um El Niño (82/83) e de uma La Niña (88/89).

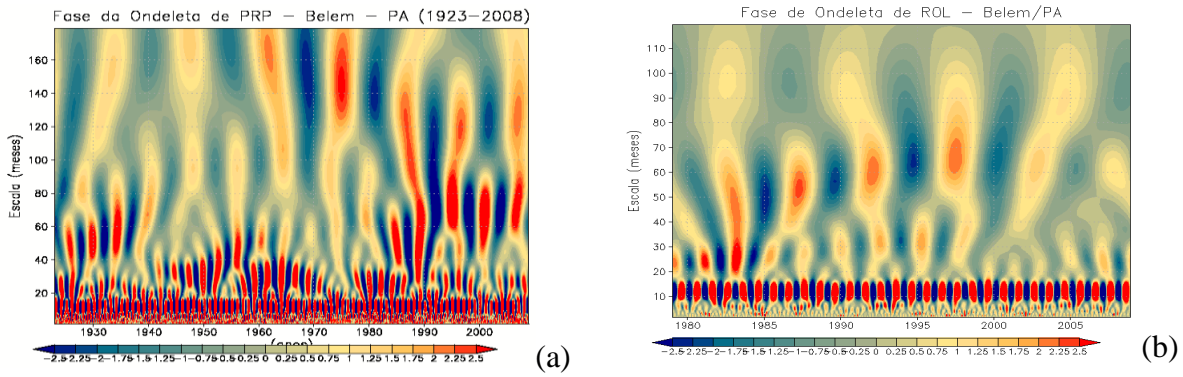


Figura 2: Escalogramas de fase da TOM para os sinais de PRP a-(1923-2008) e de ROL b-(1979-2008) para Belém-PA.

As figuras 3 (a, b) mostram que o El Niño 82/83 foi modulado por oscilações atmosféricas de PRP e de ROL, com fases negativas (azul) para PRP e positivas (vermelho) para ROL nas escalas de 60, 24, 12, 5 e 2 meses, durante os meses de janeiro a maio 82/83.

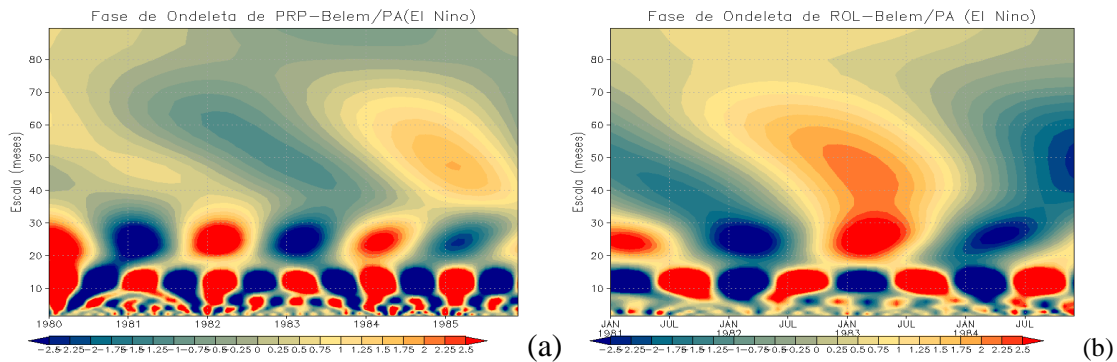


Figura 3: Escalogramas de fase da TOM para o sinal de PRP e ROL, durante o El Niño (82/83) (a, b) para Belém-PA.

No caso do episódio de La Niña (88/89), a figura 4 (a, b) também indica a presença de flutuações entorno de 50, 12 e 3 meses para PRP e ROL. O diferencial está na atuação da escala de 24 e 6 meses no episódio de El Niño, e em torno de 3 meses na La Niña. Esta última escala pode estar associada com as oscilações de Madden-Julian (OMJ), já que a atividade convectiva permanece na região de formação das OMJ.

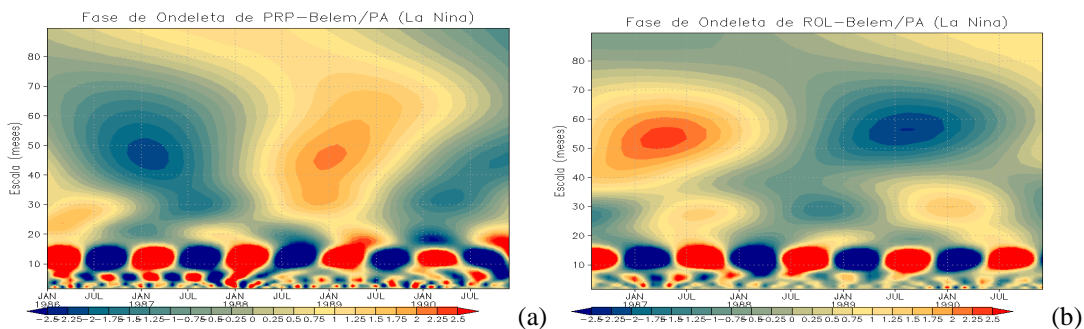


Figura 4: Escalogramas de fase da TOM para o sinal de PRP e ROL, durante a La Niña (88/89) para Belém-PA.

**CONCLUSÕES:** Neste trabalho foi documentada a variabilidade climática da precipitação e do ROL na região Metropolitana de Belém-PA nos períodos de 1923 a 2008 e 1979 a 2008, respectivamente. Os resultados observados descrevem a predominância de dois períodos bem distintos (chuvoso e seco), com precipitação média variando entre 447 mm (chuvoso – março) e 72 mm (seco - novembro). Para o período seco (chuvoso) entre as décadas de decréscimo (crescimento) gradativo da PRP, destaca-se ainda que o período chuvoso foi muito influenciado por sistemas de grande escala (ZCIT) e sistemas locais (brisas marítimas). A década de 80 foi a mais chuvosa dentre as outras com El Niño (2.300 mm/ano) e La Niña (3.800 mm/ano) mais fortes. Os testes estatísticos aplicados nas médias anuais dos 85 anos de dados detectaram um comportamento diferenciado entre os anos. Também foram detectados oscilações atmosféricas de PRP e ROL nas escalas em torno de 60, 24, 12, 5 e 3 meses, principalmente na década de 80. O El Niño (82/83) não apresenta oscilação intrasazonal (OMJ), apenas as oscilações de 60, 24, 12 e 5 meses. Já a La Niña (88/89) teve uma forte relação com as oscilações na escala de Madden-Julian.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao INMET pelos dados cedidos, a Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Escritório Regional do LBA - Belém por todo apoio, instalações e o excelente ambiente que fizeram com que este trabalho fosse concluído.

## **REFERÊNCIAS**

- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. ENVIRONMENTAL CONDITIONS ASSOCIATED WITH AMAZONIAN SQUALL LINES: A CASE STUDY. **MONTHLY WEATHER REVIEW**, BOSTON, V. 123, N. 11, P. 3163 – 3174, NOV. 1995.
- DAUBECHIES, I. **TEN LECTURES ON WAVELETS**, SIAM, 357 PP., PHILADELPHIA, 1992.
- FARGE, M. THE WAVELET TRANSFORM AND ITS APPLICATIONS TO TURBULENCE. **ANNUAL REVIEW OF FLUID MECHANICS**, 24, 395-457, 1992.
- KALNAY ET AL. THE NCEP/NCAR 40-YEAR REANALYSIS PROJECT, **BULL. AMER. METEOR. SOC.**, 77, 437-470, 1996.
- KAYANO, M. T.; RAO, V. B.; MOURA, A. D. TROPICAL CIRCULATIONS AND ASSOCIATED RAINFALL ANOMALIES DURING TWO CONTRASTING YEARS. **JOURNAL OF CLIMATOLOGY**. VOL. 8. P. 477-480. 1998.
- LAU, K. M, WU H. T & BONY, S. THE ROLE OF LARGE-SCALE ATMOSPHERIC CIRCULATION IN THE RELATIONSHIP BETWEEN TROPICAL CONVECTION AND SEA SURFACE TEMPERATURE. **J. CLIMATE**, 10: 318-392, 1997.
- LIEBMANN, B.; SMITH, C. A. DESCRIPTION OF A COMPLETE (INTERPOLATE) OUTGOING LONGWAVE DATASET. **BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY**, 77: 1275-1277, 1996.
- ROPELEWSKI, C., HALPERT, M. PRECIPITATION PATTERNS ASSOCIATED WITH THE HIGH INDEX PHASE OF THE SOUTHERN OSCILLATION., **JOURNAL OF CLIMATE**, 2, P. 268-283, 1989.
- VITORINO, M. I. ANÁLISE DAS OSCILAÇÕES INTRASAZONAIS SOBRE A AMÉRICA DO SUL E OCEANOS ADJACENTES UTILIZANDO A ANÁLISE DE ONDELETAS. **TESE DE DOUTORADO EM METEOROLOGIA**, INPE, 334P, 2002.