

USO DE ONDALETAS PARA ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO DO ALTO MUNDAÚ (PE)

Djane Fonseca da Silva¹ e Mary Toshie Kayano²

¹Doutora em Recursos Naturais, Pós-Doutoranda UFPE, e-mail: djaneфонсека@yahoo.com.br

²Prof. Dr. e Pesquisadora do INPE/CPTEC, e-mail: mary.kayano@cptec.inpe.br

RESUMO: As variações da precipitação em uma região da bacia hidrográfica do rio Mundaú foram estudadas utilizando a Análise de Ondaleta (AO). Esta técnica envolve transformação de uma série unidimensional em um espaço de tempo e frequência, determinando as escalas de variabilidade dominantes e suas variações temporais. Os resultados mostraram que a variabilidade interanual ligada ao ciclo de El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a variabilidade decenal influenciaram na variabilidade pluviométrica do Alto Mundaú.

ABSTRACT: WAVELET USE FOR THE PRECIPITATION ANALYSIS IN HIGH MUNDAÚ (PE)

Precipitation variations in a region of the hydrographic basin of the Mundaú river had been studied using the Wavelet Analysis (WA). This technique involves transformation of one-dimensional series into a time-frequency space, what allows to determining the dominant variability scales and its temporal variations. The results had shown that the interannual variability of the El Niño/Southern Oscillation (ENSO) cycle and the decadal variability had influenced the pluviometric variability of the High Mundaú.

Palavras-chave: Variabilidade decenal, Escalas temporais, Análise de ondaletas, Bacia hidrográfica do rio Mundaú.

1. INTRODUÇÃO

O rio Mundaú, o principal da bacia, nasce a oeste da cidade pernambucana de Garanhuns, na parte sul do Planalto da Borborema e entra em Alagoas na Cachoeira da Escada, situada ao sul da cidade de Correntes e noroeste da cidade alagoana de Santana do Mundaú. Depois, o rio Mundaú atravessa a área central da Mata Alagoana e chega ao litoral, com a sua foz afogada formando a Lagoa Mundaú (TENÓRIO, 1985).

Tal bacia hidrográfica situa-se na região nordeste do Brasil (NEB) que é conhecida por apresentar em alguns anos secas severas ou chuvas excessivas que, por sua vez, têm sido relacionadas aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global associados ao fenômeno El-Niño-Oscilação Sul (ENOS).

As secas severas no NEB, objeto de inúmeros estudos por seus impactos sociais e econômicos, têm sido relacionadas à ocorrência do El Niño. Esta hipótese é baseada no fato de que para alguns anos de El Niño (fortes ou moderados) ocorrem secas severas no NEB (ANDREOLI et al., 2004). Entretanto, a relação entre El Niño e as secas no NEB não é unívoca (KANE e TRIVEDI, 1988; KANE, 1992; KANE, 1997). KANE (1997) mostrou que dos 46 El Niño (fortes e moderados) do período de 1849-1992, somente 21 (45%) estiveram associados a secas severas em Fortaleza, por exemplo.

Haja vista que as análises espectrais das séries de anomalias de temperatura de superfície do mar (ATSM) para os Oceanos Atlântico e Pacífico são caracterizadas por oscilações em escalas de tempo interanual e decenal, sendo a escala interanual mais pronunciada na região do Pacífico e a decenal, no Atlântico (HASTENRATH e KACZMARCZYK, 1981; SPERBER e HAMEED, 1993; MEHTA e DELWORTH, 1995), pretende-se neste trabalho verificar quais escalas exercem influência sobre a variabilidade pluviométrica da região do Alto Mundaú (AM), cabeceiras do rio Mundaú, no estado de Pernambuco, situada no NEB.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos que utilizam as ondaletas vêm crescendo em várias áreas. Desde a década de 1990 que a aplicação da análise de ondaletas (AO) vem sendo utilizada em diversas áreas da ciência e da tecnologia, desde as ciências médicas às ciências exatas, da eletrônica à ótica aplicada

(VITORINO, 2003). Assim, para se analisar variações decadais nas séries, pode-se utilizar a AO. A partir destas pode-se detectar oscilações decadais como interanuais e gerar uma medida quantitativa (frequência) de mudanças ao longo do tempo e determinar o período total dessas mudanças.

Segundo BARBOSA (2004), basicamente, a idéia central da AO, no contexto de análises de sinais, consiste em decompor uma série temporal em diferentes níveis de resolução tempo-frequência e então determinar as componentes da variabilidade dominantes.

Na meteorologia, houve grande quantidade de trabalhos aplicando a AO ao sinal turbulento (FARGE, 1992). No que se refere à climatologia e à dinâmica atmosférica, poucos estudos utilizaram até o momento a AO. A grande maioria dos trabalhos desenvolvidos na dinâmica atmosférica enfoca as escalas climáticas, desde a sua variabilidade interdecenal a intrasazonal. Em geral, estes trabalhos buscam uma metodologia eficaz na localização de fenômenos transientes e que atuem simultaneamente em várias escalas de tempo, proporcionando novas perspectivas e abordagens de análises, impossíveis de se efetuarem por meio de técnicas tradicionais.

O reconhecimento que a AO possui propriedades matemáticas capazes de quantificar as relações tempo versus escala em meteorologia, estimula muitas pesquisas em mesoescala e na escala sinótica (REPELLI et al., 1998; SCHNEIDER et al., 2005).

Alguns autores associam eventos na escala interdecenal ao ciclo de manchas solares. Eles relataram muitos fenômenos geofísicos que também apresentam periodicidades desta ordem e tentaram estabelecer uma relação destes com o ciclo solar de 10-11 anos. Todavia, tal explicação foi duramente contestada por autores, tais como MANN et al. (1995), para os quais tal variabilidade climática, pelo menos no Hemisfério Norte, deva ser atribuída à interação entre o Oceano Atlântico e a atmosfera, ponto de vista que é parcialmente endossado por ALLEN e SMITH (1994). Todavia, KERR (1996) discute novas evidências a partir das quais a conexão sol-clima deve ser considerada seriamente, particularmente no que se refere às flutuações de temperatura dos oceanos tropicais e subtropicais.

ANDREOLI et al. (2004) utilizaram a AO para analisar as variações da precipitação em Fortaleza e da TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico para o período de 1856 a 1991 e foi identificado um pico dominante de 12,7 anos na série. Confirmou-se, ainda, alta coerência entre a variabilidade de precipitação no norte do NEB e o gradiente inter-hemisfério de ATSM no Atlântico na escala decenal.

3. DADOS E METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do rio Mundaú tem uma área total de 4.126 Km², está compreendida entre as latitudes de 9,4° a 8,4° S e longitudes 35,4° e 36,2° W, abrangendo os Estados de Alagoas e Pernambuco. Foram utilizados dados de precipitação para o período de 1955-1991 para sete localidades da região do Alto Mundaú, situada em Pernambuco, no âmbito da bacia hidrográfica do rio Mundaú, obtidos através da Agência Nacional das Águas (ANA).

Os dados de precipitação foram sujeitas a AO para todo o período de dados com a intenção de identificar tendências, ciclos ou oscilações no âmbito da região durante as diferentes configurações atmosféricas de grande escala e para poder proceder comparações. Ao mesmo tempo verificou-se as escalas temporais dominantes.

Os índices de precipitação que serão submetidos à AO são obtidos das anomalias de precipitação calculadas a partir da climatologia mensal e normalizados pelos respectivos desvios-padrão mensais:

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - \overline{Var_i}) / \sigma_i \quad (1)$$

Em que: $AVar_{i,j}$ é a anomalia da variável, no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$; $Var_{i,j}$ é a variável no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$, o qual será calculado sua anomalia; $\overline{Var_i}$ é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e σ_i é o desvio padrão utilizado para cada mês i específico.

O uso da série de anomalias de precipitação para a bacia hidrográfica do rio Mundaú como índice de precipitação é justificado pelo fato que a variabilidade de precipitação na região NEB tem sinal homogêneo. A mesma metodologia foi aplicada em KOUSKY e CHU (1978), ACEITUNO (1988) e ANDREOLI et al. (2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

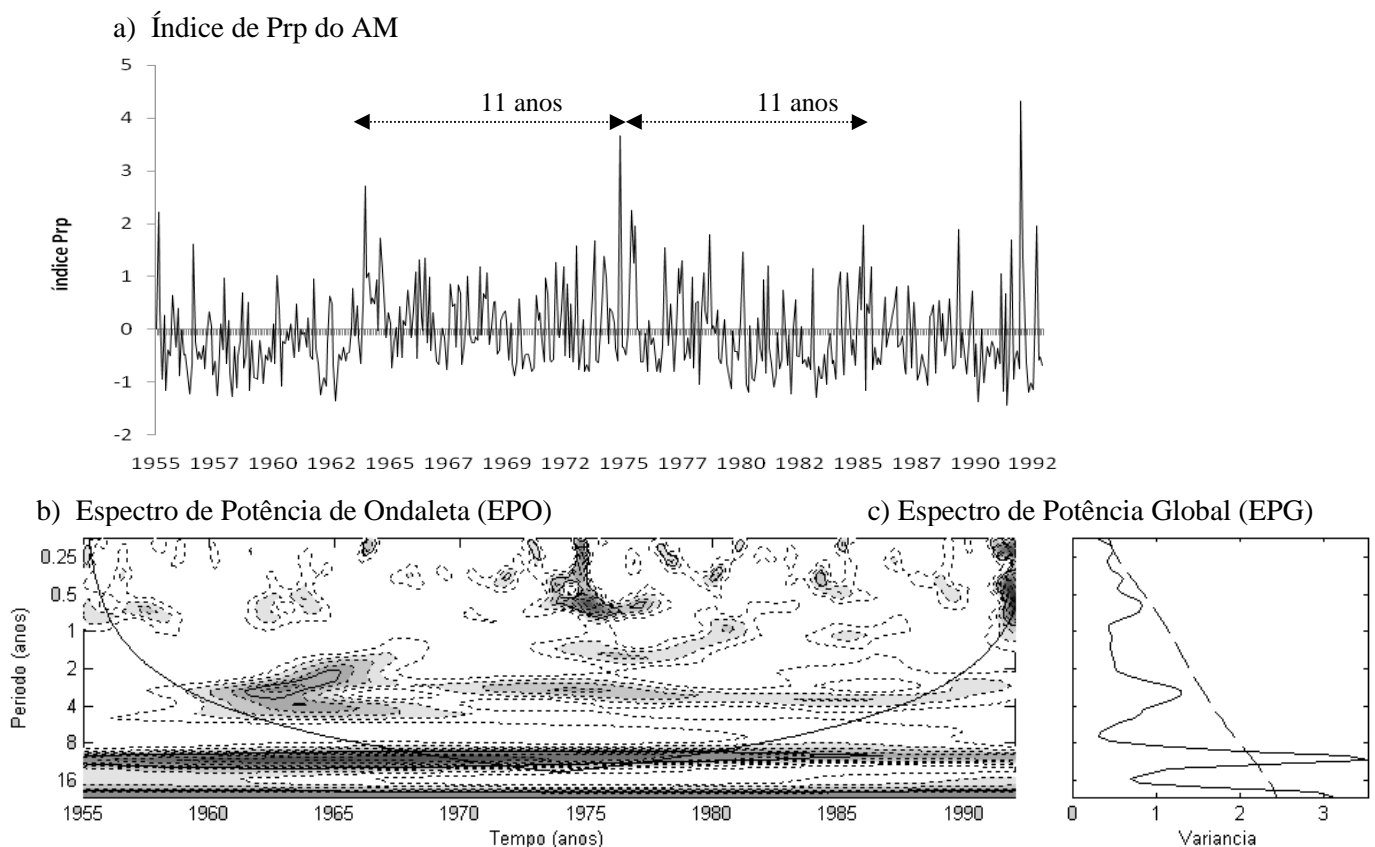


Figura 1: a) Índice de precipitação para AM (Prp) normalizado pelo desvio padrão; b) Espectro de Potência de Ondaleta para Prp. Contornos tracejados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de Potência global, o contorno tracejado indica que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

O pico dominante na EPG para o AM é na escala de 11 anos. O EPG (Figura 1c) mostra também um pico dominante na escala de 22 anos. De acordo com a literatura, citados em DA SILVA (2003), períodos de aproximadamente 21 anos, podem estar relacionados com ciclos de atividade solar, variações de atração gravitacional entre Terra-Lua-Sol ou variações internas do sistema Terra-oceano-atmosfera. Já os de 11 anos são associados ao ciclo de manchas solares como citado em KERR (1996).

Os picos estatisticamente não significativos ocorrem principalmente para as escalas de tempo de 5 anos e de aproximadamente 2 anos. Os picos de 11 e 22 anos são resultantes de altos valores de EPO (Figura 1b) na maior parte do período de estudo. Já os eventos de escala de tempo interanual decorreram de altos valores de EPO em 1960-1965, 1973-1990 para a escala de 5 anos e em 1955-1958, 1962-1965, 1972-1975, 1990-1992 para as escalas mais curtas. É importante notar que as variações de escalas mais curtas podem ser importantes na pluviometria, contribuindo para os altos valores de Prp (Figura 1a). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por ANDREOLI et al. (2004) para Fortaleza.

As variações em escalas interanual curta e interanual contribuem positivamente para as precipitações locais. Esses resultados indicam que a variabilidade de precipitação na bacia é definida por multi-escalas temporais localizadas em certos intervalos de tempo.

Principalmente a variabilidade interanual ligada ao ciclo de ENOS e a variabilidade decenal, que foi dominante, influenciam na variabilidade pluviométrica local. Esses resultados encontram-se

de acordo com os observados por ANDREOLI et al. (2004), MARKHAM (1974), CHU (1984) e HASTENRATH e KACZMARCZYK (1981), todos realizados para Fortaleza, também no NEB.

5. CONCLUSÕES

A partir das análises de ondaletas obtiveram-se resultados que indicaram que a variabilidade de precipitação na região é definida por multi-escalas temporais localizadas em certos intervalos de tempo. Principalmente a variabilidade interanual ligada ao ciclo de ENOS e a variabilidade decenal das escalas 11 e 22 anos influenciaram na variabilidade pluviométrica local.

Diante disto pode-se planejar o armazenamento e aproveitamento das águas de chuva, além de prevenir a população ribeirinha e agricultores para eventos extremos e enchentes no AM. Essas escalas temporais que dominam sobre escalas de eventos meteorológicos atuantes são contribuintes para aumento do total pluviométrico e, através do acompanhamento pluviométrico, pode-se potencializar o aproveitamento de água de chuva na gestão agrícola, pesqueira, social e energética, dentre outras.

Concluiu-se que ferramentas estatísticas são de extrema utilidade para o conhecimento da climatologia e mostram quais os possíveis eventos da variabilidade climática que exerce maior influência sobre a pluviometria local.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part 1: surface climate, **Mon. Wea. Rev.**, v.116, p.505-524, 1988.

ALLEN, M.R.; SMITH, L.A. Investigating the origins and significance of low frequency modes of climate variability. **Geophys. Res. Lett.**, Washington, v.21, n.10, p.883-886, 1994.

ANDREOLI, R. V., KAYANO, M. T., GUEDES, R. L., OYAMA, M. D., ALVES, M. A. S. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza, **Rev. Bras. de Meteor.**, v.19, n.3, 337-344, 2004.

BARBOSA, E.B.M.; ROSA, M.M.; VIJAYKUMAR, N.L.; BOLZAN, M.J.A.; TOMASELLA, J. **Caracterização por Ondaletas de Processos Físicos Não-Lineares na Micro-bacia Amazônica**, INPE, São José dos Campos, 2004.

CHU, P. S. Time and space variability of rainfall and surface circulation in the northeast Brazil – Tropical Atlantic sector, **J. Meteor. Soc. Japan**, v.26, n.2, p.363-369, 1984.

DA SILVA, D.F. **Influência da Variabilidade Climática Interanual na Hidrologia da Bacia do rio São Francisco**, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 2003.

FARGE, M.: Wavelet transforms and their applications to turbulence. **Ann.Rev.Fluid Mech.**, 24, 395-457, 1992.

KANE, R. P.; TRIVEDI, N. B. Spectral characteristics of the annual rainfall series for northeast Brazil, **Clim. Change**, v.13, p.317-336, 1988.

KANE, R. P. El Niño and La Niña events and rainfall in NE and South Brazil, **Rev. Bras. Geofís.**, v.10, n.2, p.49-59, 1992.

KANE, R. P. Prediction of droughts in North-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities, **Inter. J. Climatol.**, v.17, p.655-665, 1997.

KERR, R.A. A now dawn for sun-climate links? **Science**, Washington, DC, v.271, n°5254, p.1360-1361, 1996.

KOUSKY, V.E.; CHU, P.S. Fluctuations in annual rainfall for northeast Brazil, **J. Meteor. Soc. Japan**, v.56, p.457-466, 1978.

HASTENRATH, S., KACZMARCZYK, E. B. On spectra and coherence of tropical climate anomalies, **Tellus**, v.33, n.5, p.453-462, 1981.

MANN, M.E.; LALL, U.; SALTZMANN, B. Decenal-to-centennial-scale climate variability: insights into the rise and fall of the great salt lake. **Geoph. Res. Lett.**, Washington, DC, v.22, n.8, p.937-940, apr.1995.

MARKHAM, C. G. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza, Ceará, Brazil, **J. App. Meteor.**, v.13, p.176-179, 1974.

MEHTA, V.; DELWORTH, T. Decenal variability of the Tropical Atlantic ocean surface temperature in shipboard measurements and in a global ocean-atmosphere model, **J. Clim.**, v.8, n.3, p.172-190, 1995.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, Carlos Afonso. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET, 1998, Brasília DF. **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET**, 1998.

SCHNEIDER M., VITORINO, I., SILVA DIAS, P.L. Monitoramento da Intrasazonalidade por meio da Transformada em Ondaletas, Simpósio Internacional de Climatologia, **Anais...**, Fortaleza-CE, out.2005.

SPERBER, K. R.; HAMEED, S. Phase Locking of Nordeste precipitation with sea surface temperatures, **Geophys. Res. Lett.**, v.20, n.2, p.113-116, 1993.

TENÓRIO, R. S. **Estudo Hidrometeorológico da Bacia do Rio Mundaú**. Universidade Federal de Alagoas. MET. Maceió - Alagoas, Fevereiro/1985.

VITORINO, M.I. **Análise das Oscilações Intrasazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes Utilizando a Análise de Ondaletas**, Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos, 2003.