

# INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DECENAL SOBRE A PRECIPITAÇÃO DO ALTO SÃO FRANCISCO (MG)

*Djane Fonseca da Silva<sup>1</sup>, Mary Toshie Kayano<sup>2</sup> e Josiclêda Domiciano Galvêncio<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Doutora em Recursos Naturais, Pós-doutoranda UFPE, e-mail: djane Fonseca da Silva@yahoo.com.br

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

<sup>3</sup>Prof. Dr. DCG – CFCH, UFPE, e-mail: josicleda@hotmail.com

**RESUMO:** A região do Alto São Francisco (ASF) é uma área muito importante porque é onde se situam as cabeceiras do rio São Francisco, um dos mais importantes rios do Brasil. As chuvas locais são devido a vários sistemas meteorológicos que podem ocorrer em diversas escalas temporais. Assim, foram investigados alguns eventos climáticos que podem afetar a distribuição das chuvas nessa região. A série de precipitação do ASF mostra variabilidades nas escalas temporais de 20-22 anos, 11 anos e menores. Ao menos para o período de 1940-1967, parece que a escala multidecenal modulou a variabilidade de mais alta frequência (escalas temporais menores).

**ABSTRACT:** THE INFLUENCE OF DECADAL VARIABILITY ON THE HIGH SÃO FRANCISCO (MG) PRECIPITATION

The region of High São Francisco (HSF) is an important area because is the nascent of the São Francisco river, one of the most important river in Brazil. The local rainfall is due to several meteorological systems which might occur in different temporal scales. So, some climatic events that might affect the rainfall distribution in the region were investigated. The precipitation series for HSF shows variability of 20-22 years, 11 years and lower scales. At least for the 1940-1967 period, it seems that the multiscale variability modulated the higher frequency variability (lower temporal scales).

**Palavras-chave:** Oscilação Decenal do Pacífico, Escalas temporais, ENOS, Bacia hidrográfica do rio São Francisco.

## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que na escala interanual, a variabilidade no Oceano Pacífico é a principal fonte de influência para o clima de regiões distantes. Porém, este setor oceânico contém outra escala de variabilidade. De fato, ZHANG et al. (1997) separaram a variabilidade temporal do Oceano Pacífico em duas componentes: uma relacionada à escala de variabilidade interanual do ciclo de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a outra, linearmente independente incluindo toda a variabilidade interdecenal.

Além disso, anomalias de precipitação relacionadas ao ENOS em certas regiões do globo podem ser moduladas por modos climáticos de mais baixa frequência, como a variabilidade interdecenal (GERSHUNOV e BARNETT, 1998). Entre esses modos climáticos de baixa frequência, a Oscilação Decenal do Pacífico (ODP) exerce um papel importante (MANTUA et al., 1997).

A ODP e o ENOS podem ter efeitos combinados na distribuição anômala de precipitação em algumas regiões (GERSHUNOV e BARNETT, 1998), agindo “construtivamente”, com anomalias fortes e bem definidas quando elas estão na mesma fase ou “destrutivamente”, com anomalias fracas e mal definidas quando elas estão em fases opostas (ANDREOLI e KAYANO, 2005).

O objetivo principal desse trabalho é o de analisar aspectos da variabilidade pluviométrica do Alto São Francisco, entre eles a oscilação dos valores da precipitação, tanto temporalmente quanto espacialmente, e suas causas, além de aspectos ambientais que levam à degradação do meio ambiente local. Deste modo, pretende-se verificar como as alternâncias naturais do clima somadas as ações antrópicas locais estão acontecendo e como poderiam influenciar na ambiência. Este estudo será baseado em análises de ondaletas (AO).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

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.

ANDREOLI et al. (2004) utilizando a AO para analisar as variações da precipitação em Fortaleza e da temperatura da superfície do mar (TSM) nos oceanos Pacífico e Atlântico para o período de 1856 a 1991 e identificaram um pico dominante de 12,7 anos na série de precipitação. Confirmaram, ainda, alta coerência entre a variabilidade de precipitação no norte do Nordeste do Brasil (NEB) e o gradiente inter-hemisférico de ATSM no Atlântico na escala decenal.

## 3. DADOS E METODOLOGIA

De acordo com o PBHSF (2004), a área da Bacia hidrográfica do rio São Francisco abrange partes do território dos Estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. A mesma está compreendida entre as latitudes de 7° 00' a 21° 00' S e longitudes de 35° 00' a 47° 40' W e, deste modo está inserida nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste.

O Alto São Francisco (ASF), região muito importante para todo o país e também para o NEB, vai desde suas nascentes na Serra da Canastra, município de São Roque de Minas, no Estado de Minas Gerais, até a cidade de Pirapora (MG). Abrange as sub-bacias dos rios das Velhas, Pará e Indaiá, além das sub-bacias dos rios Abaeté, a oeste, e Jequitaí, a leste. Situa-se em área de MG, abrangendo a usina hidrelétrica de Três Marias e apresenta topografia ligeiramente acidentada, com serras e terrenos ondulados e altitudes de 1.600 a 600 m.

Foram utilizados dados de precipitação mensal, de 1940 a 2007, para oito localidades no ASF (Pirapora, São João da Chapada, Vargem Bonita, Várzea da Palma, Dores do Indaiá, Três Marias, Lagoa da Prata e Lassance), obtidos através da Agência Nacional das Águas (ANA) pelo site [www.ana.gov.br/hidroweb](http://www.ana.gov.br/hidroweb).

Os dados de precipitação foram sujeitas à AO para todo o período com a intenção de identificar tendências, ciclos ou oscilações no âmbito da região, e ao mesmo tempo verificar as escalas temporais dominantes.

O índice de precipitação que foi submetidos à AO foi obtido da anomalia de precipitação calculada a partir da climatologia mensal e normalizado pelo respectivo desvio-padrão mensal:

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

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  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ , para o qual será calculado a anomalia;  $\overline{Var}_i$  é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e  $\sigma_i$  é o desvio padrão utilizado para cada mês  $i$  específico.

O uso da série de anomalias de precipitação para o ASF como índice de precipitação também foi aplicada em KOUSKY e CHU (1978) e ANDREOLI et al. (2004).

A partir dos dados de precipitação também foram gerados mapas para visualização espacial através do software Surfer 9.0, para verificar a distribuição espacial durante a ocorrência simultânea de ENOS e ODP. Os anos de eventos de ENOS e ODP foram escolhidos através da metodologia e critérios utilizados por ANDREOLI e KAYANO (2005), os quais foram: 1972 (El Niño e ODP fria), 1975 (La Niña e ODP fria), 1982 (El Niño e ODP quente) e 1988 (La Niña e ODP quente).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pode-se notar na Figura 1, altos valores de precipitação no período de 1940-1957, quando ocorria a fase fria da ODP que propicia maior ocorrência de eventos de La Niña. De acordo com

QUADRO (1994) e FERREIRA (2004), a La Niña promove maior convecção sobre o continente durante sua ocorrência simultaneamente com a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

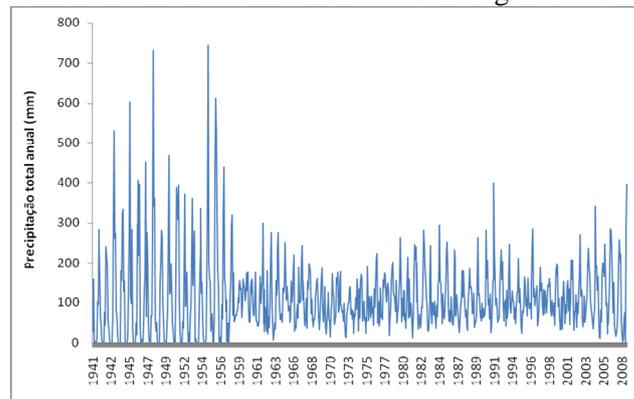


Figura 1: Variabilidade temporal da precipitação total anual (mm) no ASF (1940-2007).

2a) Espectro de Potência de Ondaleta (EPO)

2b) Espectro de Potência Global (EPG)

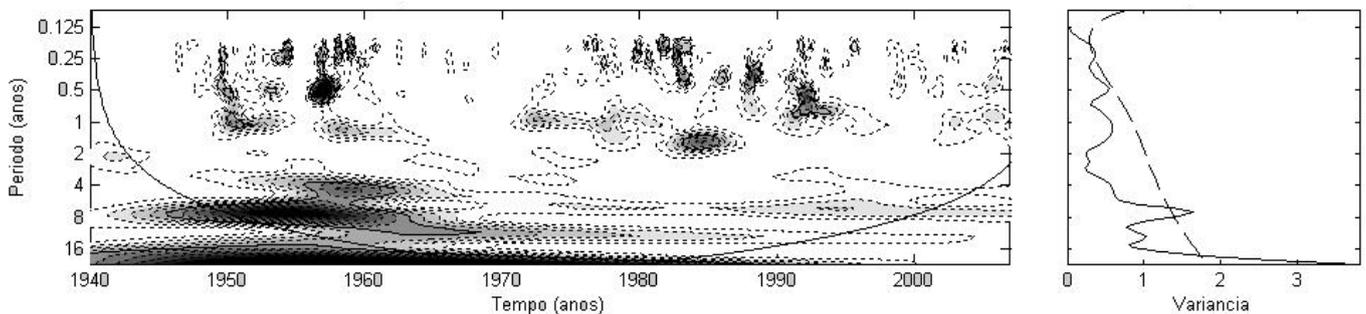


Figura 2: a) Espectro de Potência da Ondaleta para Prp. Contornos tracejados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos sombreados correspondem a variâncias significativas ao nível de confiança de 95%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; b) Espectro de Potência global, o contorno tracejado indica que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.

No intuito de detalhar as escalas temporais dominantes ao longo da série, visualizam-se as análises de ondaletas. Observa-se que justamente no período de 1940-1957 (Figura 2a) atuava uma variabilidade multidecenal com pico estatisticamente significativo de 20,2 - 22 anos (Figura 2b), em adição ao pico secundário significativo de 11 anos. Além disso é notável que a maior variabilidade nas escalas menores de tempo (de 2 meses a um ano) ocorreram em períodos específicos de 1948-1962 e 1975-1995. Assim, ao menos para o período de 1940-1957 pode-se dizer que a variabilidade na escala decenal modulou a atuação de sistemas de escalas temporais menores, incrementando os valores de precipitação nesses anos. De acordo com a literatura citada em DA SILVA (2003), períodos de aproximadamente 21 anos podem estar relacionados com ciclos de atividade solar, variações da atração gravitacional entre Terra-Sol-Lua ou variações internas do sistema. Já os ciclos de 11 anos foram associados ao ciclo de manchas solares, segundo KERR (1996).

Comparam-se a seguir as distribuições espaciais de anomalias de precipitação durante as fases da ODP em associação às fases do ENOS. Durante o El Niño na fase positiva da ODP, fica evidente um aumento nas precipitações no sudoeste da ASF e diminuição no nordeste do ASF (Figura 3b). Durante o El Niño na fase negativa da ODP a maior parte do ASF mostra anomalias negativas de precipitação, em particular no sudeste do ASF. Portanto, a mudança de fase da ODP influencia tanto no deslocamento dos núcleos de máximos e mínimos valores como na amplitude das anomalias (Figuras 3a e 3b). Durante o La Niña tanto na fase negativa como positiva da ODP, a maior do ASF mostra anomalias negativas de precipitação. No entanto, a amplitude destas anomalias no centro oeste do ASF é maior (valores até -0,7) no caso de La Niña na fase fria da ODP. Portanto, quando a mudança de fase da ODP é observada em associação com o La Niña, o

deslocamento das anomalias negativas é pequeno (Figura 3c e 3d). Desta forma, não se nota para a região do ASF uma associação clara entre as fases do ENOS e ODP como notado em outras regiões (Andreoli e Kayano, 2005).

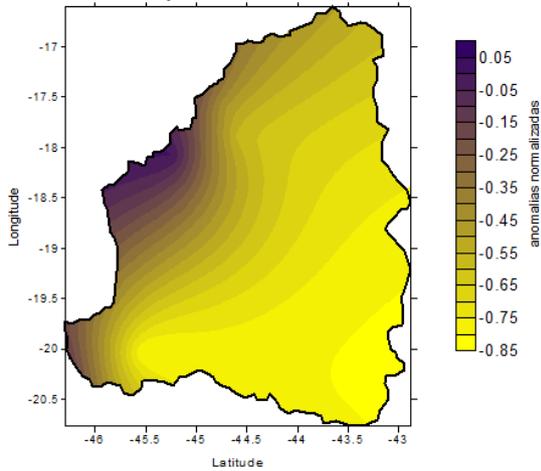


Figura 3a: Anomalias de precipitação no ASF no ano de 1972 (EN e ODP-).

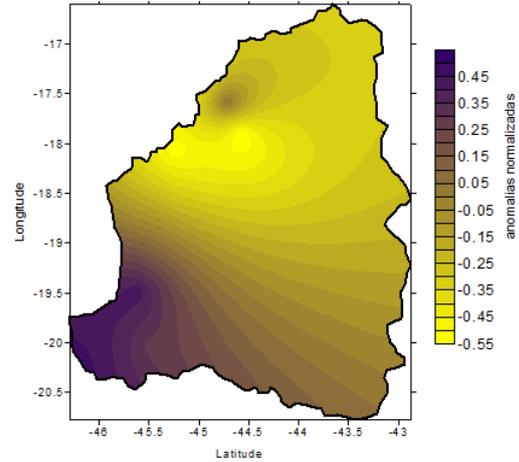


Figura 3b: Anomalias de precipitação no ASF no ano de 1982 (EN e ODP+).

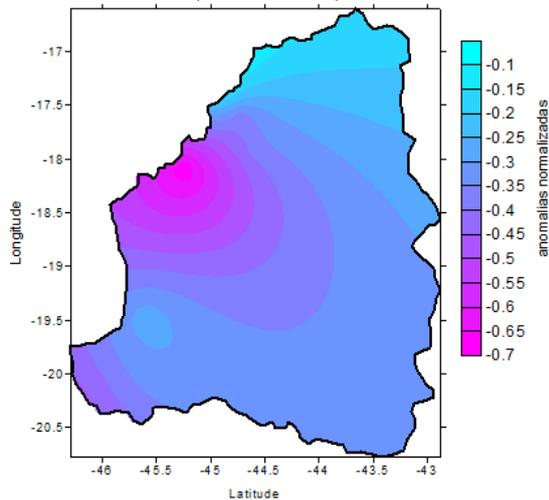


Figura 3c: Anomalias de precipitação no ASF no ano de 1975 (LN e ODP-).

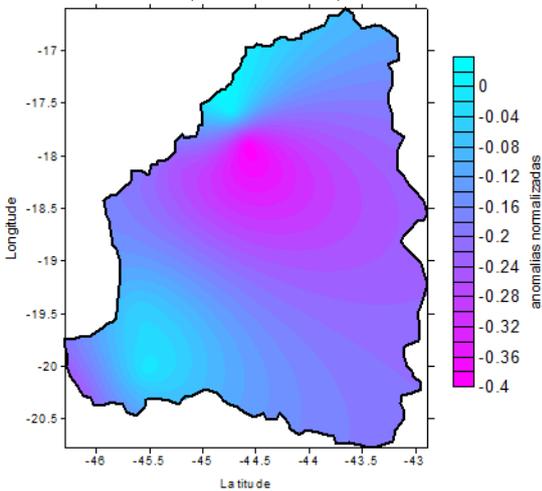


Figura 3d: Anomalias de precipitação no ASF no ano de 1988 (LN e ODP+).

## 5. CONCLUSÕES

O ASF é uma região muito importante para o Brasil e NEB, e a precipitação nesta região sofre influência de fenômenos meteorológicos de várias escalas temporais como a ZCAS, sistemas frontais, o ENOS e a ODP. A partir da técnica da AO foram encontradas na série de precipitação do ASF variabilidades nas escalas temporais de 20,2-22 anos, 11 anos e menores. Ao menos para o período de 1940-1967, parece que a escala multidecenal modulou a atuação da variabilidade de mais alta frequência (escalas temporais menores).

No caso do ASF não é notável uma associação entre as fases do ENOS e ODP, como notado em outras regiões do NEB por Andreoli e Kayano (2005).

Diante disto pode-se planejar o armazenamento e aproveitamento das águas de chuva, além de prevenir a população ribeirinha e agricultores para eventos extremos. Essas escalas temporais que dominam sobre escalas de eventos meteorológicos atuantes são contribuintes para aumento do total pluviométrico e assim, pode-se maximar o aproveitamento de água de chuva na gestão agrícola, pesqueira, social e energética, dentre outras.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. Meteorol.**, v.19, n.3, 337-344, 2004.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Enso-Related Rainfall Anomalies in South America and Associated Circulation Features During Warm and Cold Pacific Decadal Oscillation Regimes. **Inter. J. Climatol.** 25: 2017–2030, 2005.

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

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.

FERREIRA, N.J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M.A.F. Composição da Zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña. **Rev Bras. Meteorol.**, V.19, N.1, P.88-98, 2004.

GERSHUNOV A, BARNETT, T.P. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. **Bull. Amer. Meteorol. Soc.**, 79: 2715–2725, 1998.

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.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production, **Bull. Amer. Meteorol. Soc.**, Vol. 78, pp. 1069-1079, 1997.

PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004. Subprojeto 4.5C – **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF** (2004-2013).

QUADRO, M.F.L. **Estudo de episódios de Zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia-INPE), São José dos Campos, 1994.

ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; BATTISTI, D. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93, **J. Clim.**, v.10, p.1004-1020, 1997.