

APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA DE WAVELET NA IDENTIFICAÇÃO DE FENÔMENOS SAZONAIS DE VAZÃO

Paulo V. F. Lopes^{1*}, Aleska K. Almeida², Cleylse A. S. Lima², Ayrton R. O. Ferreira¹, José A. Guarienti¹, Henrique A. D. Heck¹, Armando M. Neto¹, Leidiane S. Marques¹, Isabel K. de Almeida³

1. Estudante da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (FAENG - UFMS)
2. Pesquisadora da FAENG - UFMS
3. Professora da FAENG - UFMS - Orientadora

Resumo

A escassez de dados aliado à estocasticidade das séries dificulta a eficácia de modelos capazes de descrever fenômenos sazonais de vazão. A fim de contribuir na superação dessas dificuldades, propõe-se neste trabalho a aplicação de 3 abordagens que auxiliam na interação dos dados para verificar a influência dos eventos de ENOS e o regime de vazões em uma UHE do Brasil. Inicialmente propõe-se a utilização das vazões de referências que podem ser extrapoladas a partir de pequenas faixas de dados (5% a 50%). A seguir, os eventos de variação de temperatura e vazão com menor número de dados possível foram analisados através da aplicação de metodologia utilizada para tratamento de dados de temperatura pela NOAA, mas realocada para os dados de vazão. Como terceira abordagem utilizou-se a análise de wavelet. A série definida pelos dados das anomalias trimestrais do El Niño, juntamente com as anomalias mensais da vazão de referência Qmed foi definida como o cruzamento de dados mais eficiente.

Palavras-chave: Otimização Computacional; El Niño; Vazões de Referência.

Introdução

A análise de wavelet, que é uma das ferramentas estatísticas mais poderosas disponíveis atualmente, faz parte da nova classe de funções básicas que são úteis para analisar e interpretar séries temporais com tendências. Adamowski (2009) afirma que é uma tentativa de extrair o maior número de informações com dados obtidos em pequenos períodos e grandes flutuações sobrepostas. Para Santos (2013), a análise de wavelet objetiva resolver os problemas de decompor ou transformar uma série temporal unidimensional em imagem bidimensional difusa simultaneamente no domínio tempo-frequência. Assim é possível obter informações sobre a amplitude de qualquer sinal periódico dentro da série e a variação com o tempo.

Segundo Torrence (1998), a análise de Wavelet tem sido utilizada para inúmeros estudos envolvendo a influência do El Niño Oscilação Sul (ENOS). Dos Santos (2011) afirma que existem evidências da correlação entre as ocorrências de ENOS no Brasil e os microclimas locais, porém, alguns fenômenos podem fazer com que essa evidência seja maquiada, logo, não existe uma relação direta entre a intensidade do ENOS e a ocorrência de cheias ou secas severas.

Segundo Nourani et al. (2014), o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos necessitam de modelos precisos e confiáveis, com o intuito de garantir o uso sustentável desses recursos nas bacias hidrográficas. No entanto, o Brasil possui em déficit no processamento de dados devido ausência de séries hidrológicas em muitas regiões, que dificultam a eficácia de modelos capazes de descrever fenômenos sazonais. Isso ocorre principalmente em pequenas regiões fluviométricas que poderiam servir como geradoras de energia (Da Silveira, 1998). A rede de monitoramento hidrológico do Brasil foi instalada majoritariamente em grandes bacias (acima de 2000km²), já que objetivava a ampliação do potencial energético (Da Silva Júnior, 2003). A fim de otimizar e propor processos que auxiliem a superação destas dificuldades, neste trabalho é apresentado a aplicação de três abordagens que buscam auxiliar na interação dos dados para verificar a influência dos eventos de ENOS e o regime de vazões em uma Usina Hidrelétrica (UHE) no Brasil.

Metodologia

Os dados de Vazão foram coletados pela plataforma Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA). A seleção foi feita entre estações de UHE e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) de parte da Região Centro-Sul do Brasil: Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Paraná. Na primeira fase da triagem foram baixados dados de 44 estações da Bacia do Rio Paraná. Dessas 44 estações foi selecionada aquela que apresentasse menor número de falhas e extensão semelhante ao range dos dados da Temperatura Superficial do Mar (TSM) (Tabela 1). O período de dados analisados é de 1936 a 2007, sendo os 15 primeiros anos utilizados apenas para o cálculo das anomalias.

Tabela 1: Descrição da estação de monitoramento fluvial escolhida para análise.

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Drenagem (Km ²)	Estado	Bacia
65855000	USINA CAVERNOSO	-52,2139	-25,4925	560	1490	PARANÁ	RIO PARANÁ

Tendo em vista a otimização do processo de análise, além das médias mensais, foram calculados os

valores empíricos das vazões de referência mensais Q90, Q95, Q50, Q10 e Q05 conforme a metodologia descrita por Tucci (2009). Os valores foram comparados e foram selecionadas as duas vazões de referência que apresentaram comportamento mais distinto.

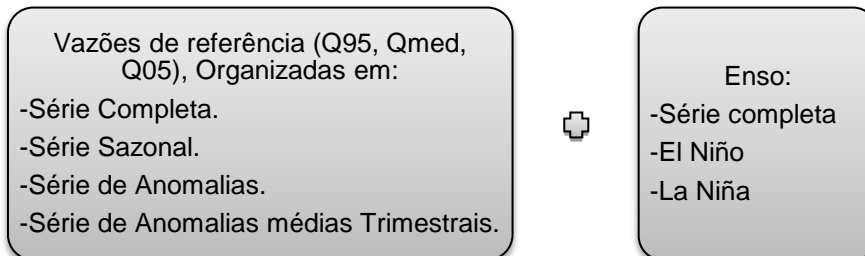
As séries temporais relativas a TSM do Atlântico Sul foram coletadas da base de dados da Administração Nacional Atmosférica e Oceânica (NOAA) dos Estados Unidos e são referentes à Região Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W). Os dados brutos foram trabalhados de acordo com a metodologia descrita pela NOAA para cálculo do Índice Oceânico Niño (ONI), porém com mais casas decimais. Essa metodologia consiste no cálculo das médias mensais obtidas através de um período de dados de 30 anos que posteriormente serão comparadas com os valores dos 5 anos centrais destes para obtenção das anomalias. As anomalias são definidas pela diferença entre o valor obtido para o mês considerado e o valor da média mensal relativa aos 30 anos, e são apresentadas através de uma média móvel de 3 meses. As anomalias e a média móvel de 3 meses foram calculadas para as vazões de referência, com o intuito de verificar o impacto deste tratamento durante uma análise de dados Wavelet.

A seguir as séries de dados foram separadas de acordo com a ocorrência dos eventos de El Niño e La Niña, para verificação de sua influência na análise de correlação Wavelet. Os dados das vazões de referência foram separados por estação chuvosa ou seca, e, de acordo com a plataforma InMet, os períodos de novembro a março foram definidos como chuvosos.

A análise de correlação de wavelets foi feita utilizando-se da Transformada Wavelet Contínua (CWT), derivada da Wavelet de Morlet (Morlet et al., 1982), que é mais adequada a dados sinuosos (Adamowski, 2009) e frequentemente utilizada para análises de dados referentes aos eventos de El Niño e La Niña.

Resultados e Discussão

O processo de comparação dos dados pode ser resumido no esquema abaixo:



Inicialmente analisou-se a série temporal das vazões de referência brutas, para que fosse possível observar as particularidades do comportamento de cada uma. Todas apresentaram ascensões e declínios similares (Figura 1), porém foi possível observar que a vazão Q05 é mais sensível aos picos de vazão, assumindo valores maiores nos períodos chuvosos. A vazão Q95 se mostrou menos sensível aos fenômenos analisados, com comportamento mais sinuoso e menores picos. As outras vazões de referência variaram entre os valores intermediários a Q95 e Q05. Assim decidiu-se utilizar as vazões Q95, Q05 e Qmed para as próximas etapas do trabalho.

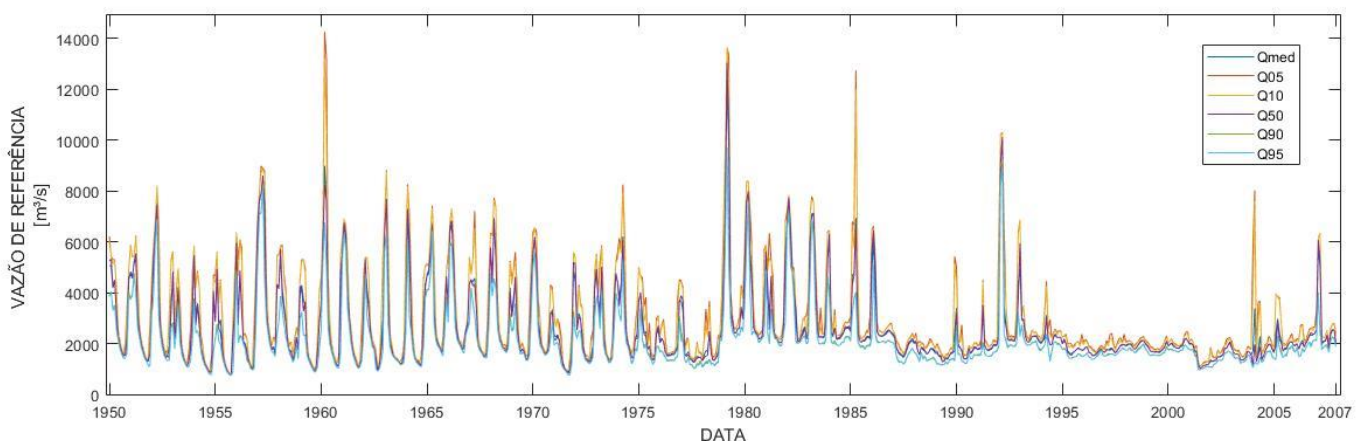


Figura 1: Vazões de referência calculadas no período de 1950-2007.

A Coerência Wavelet, ao nível de 0,5 ressaltada, calculada de maneira tradicional está apresentada na Figura 2. Os resultados mais relevantes foram os obtidos comparando as anomalias médias do período de El Niño com as anomalias da vazão Q95, sendo possível observar maior coerência em comparação ao método vigente, que utiliza as médias mensais de vazão (Figura 2).

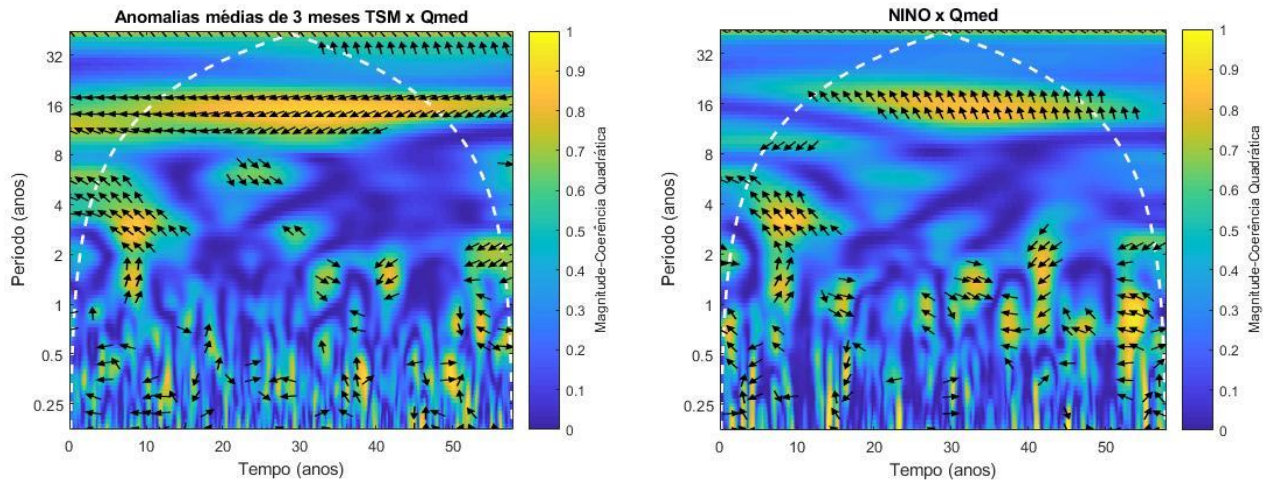


Figura 2: À esquerda a coerência wavelet plotada comparando a série completa de anomalias de TSM médias de 3 meses com a série completa de Qmed. À direita a coerência Wavelet calculada a partir da série média trimestral das anomalias TSM classificadas como El Niño e as vazões de referência Q95.

Variando as vazões de referência, os resultados obtidos com as Q95 e Qmed foram muito próximos, com ganho de precisão subjetivamente maior para as vazões Q95. As vazões Q05 se demonstraram ineficientes para este tipo de tratamento, com perda de informações de coerência. Por outro lado, comparando os resultados obtidos entre as vazões de referência brutas e as séries de anomalias das vazões de referências, o relativo às séries de anomalias das vazões de referências demonstrou ser mais eficiente que o primeiro. As anomalias médias de 3 meses das vazões de referência e as anomalias brutas demonstraram comportamento muito próximo durante as análises wavelet.

Após a análise ser completada, foram testadas as hipóteses de influência por período hidrológico dos dados de vazão. Analisando-se assim os dados de TSM com os dados das vazões Q90 separados em período chuvoso e seco. O resultado obtido para o período chuvoso foi mais relevante que o obtido para o período seco, assemelhando-se aos dados sem serem isolados, o que demonstra que os principais pontos de correlação entre as séries de TSM e as anomalias das vazões de referência estavam compreendidos neste período (Figura 3). Em concordância aos resultados obtidos por Camilloni (2000).

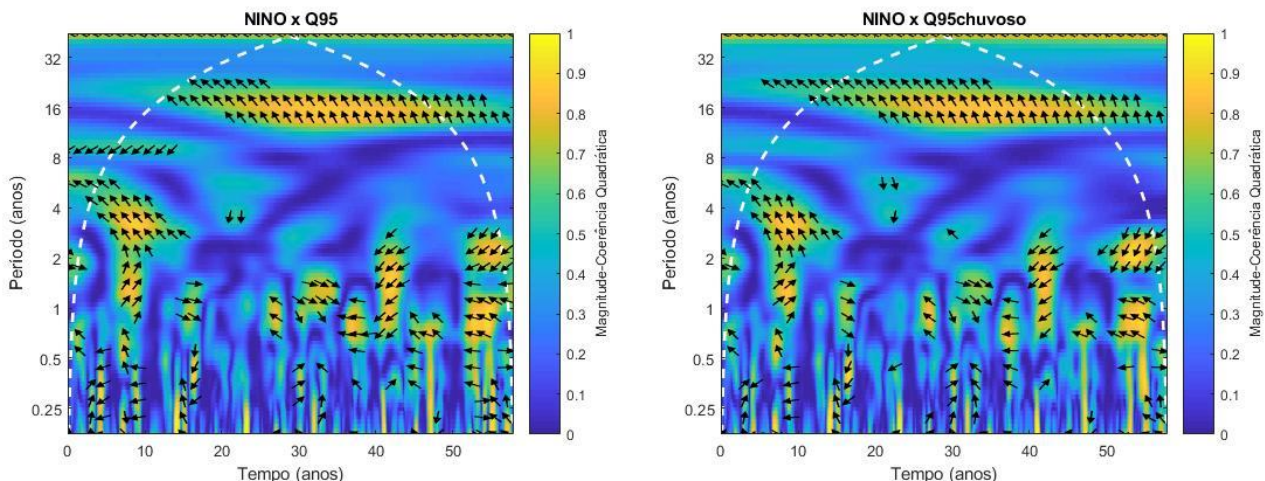


Figura 3: À esquerda a coerência wavelet a nível de 0,5 entre os valores obtidos para a série de anomalias médias trimestrais do El Niño e as anomalias mensais da Q95 e à direita entre as anomalias mensais do período chuvoso da vazão Q95

Conclusões

A série definida pelos dados das anomalias trimestrais do El Niño, juntamente com, as anomalias mensais da vazão de referência Qmed foi definida como o cruzamento de dados mais eficiente, pois leva em consideração a menor quantidade de dados tratados com resultados mais expressivos.

Considerando-se o parâmetro de menor quantidade de dados analisados e resultado mais próximo do ideal, o cruzamento de dados mais eficiente foi entre a série das anomalias trimestrais do El Niño e as anomalias mensais do período chuvoso das vazões de referência Q95.

Para o espaço amostral estudado, o El Niño é o evento mais impactante. O período do ano mais afetado na região estudada foi o período Chuvoso.

Referências bibliográficas

- ADAMOWSKI, Kaz; PROKOPH, Andreas; ADAMOWSKI, Jan. Development of a new method of wavelet aided trend detection and estimation. **Hydrological Processes: An International Journal**, v. 23, n. 18, p. 2686-2696, 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). HidroWeb. Sistemas de Informações Hidrológicas. Fonte: <http://www.snirh.gov.br/>
- CAMILLONI, Inés; BARROS, Vicente. The Parana river response to El Niño 1982–83 and 1997–98 events. **Journal of Hydrometeorology**, v. 1, n. 5, p. 412-430, 2000.
- DA SILVA JÚNIOR, Omar B. et al. Extrapolação espacial na regionalização da vazão. 2003.
- DA SILVEIRA, Geraldo Lopes; TUCCI, Carlos EM; DA SILVEIRA, André LL. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. 1998.
- DOS SANTOS, Edvânia Pereira et al. Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: uma aplicação do índice RAI (Rainfall Anomaly Index). 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- MORLET, Jean et al. Wave propagation and sampling theory—Part I: Complex signal and scattering in multilayered media. **Geophysics**, v. 47, n. 2, p. 203-221, 1982.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Fonte: <https://www.noaa.gov/>
- NOURANI, Vahid et al. Applications of hybrid wavelet–Artificial Intelligence models in hydrology: A review. **Journal of Hydrology**, v. 514, n. 6, p. 358-377, 2014.
- SANTOS, Celso Augusto Guimarães; FREIRE, P. K. M. M.; TORRENCE, Christopher. A transformada wavelet e sua aplicação na análise de séries hidrológicas. **Rev. Bras. Rec. Hídric**, v. 18, n. 3, p. 271-280, 2013.
- TORRENCE, Christopher; COMPO, Gilbert P. A practical guide to wavelet analysis. **Bulletin of the American Meteorological society**, v. 79, n. 1, p. 61-78, 1998.
- TUCCI, C. E. M. (Org.) Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4.ed. Porto Alegre: Universidade/ABRH/UFRGS, 2009. 943 p.