

RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DO RIO PIANCÓ E AS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DOS OCEANOS ATLÂNTICO E PACÍFICO TROPICAL

Manoel F. Gomes Filho¹, Francisco de A. S. Sousa² & Enilson P. Cavalcanti³

RESUMO

Apresenta-se, neste trabalho, uma análise estatística baseada em correlações entre as temperaturas globais da superfície do mar (TSM) e as descargas do Rio Piancó, no sertão da Paraíba, principal contribuinte do reservatório de Coremas, na região. Os coeficientes globais de correlação foram obtidos entre as temperaturas médias da superfície do mar, para os trimestres de novembro a janeiro e de fevereiro a abril, e as descargas do Rio Piancó no reservatório de Coremas, para cada mês de fevereiro até maio, que compreendem a estação chuvosa na bacia hidrográfica do reservatório. Os resultados mostram correlações significativas entre as TSM das regiões NINO1+2 e NINO3 no Oceano Pacífico. Na área do Atlântico não existe um padrão de correlações bem definido.

Palavras-chave: vazão, temperatura da superfície do mar (TSM), açudes, correlação

RELATIONSHIPS BETWEEN MONTHLY MEAN STREAM FLOW FOR THE PIANCO RIVER AND TROPICAL ATLANTIC AND PACIFIC SST ANOMALIES

ABSTRACT

This paper presents a statistical analysis based on the correlation between the Global Sea Surface Temperatures (SST) and the discharge of Piancó river, the principal contributor to the Coremas reservoir in the Paraíba State. The global correlation coefficients were obtained between the mean Sea Surface Temperatures (SST) for the November to January and February to April trimesters and the volume of water discharged by the Piancó river in the Coremas reservoir for each of the individual months from February to May, the rainy season in the region of the reservoir. The results show the existence of a strong negative correlation between the SST's of the Nino1+2 and Nino3 regions of the Pacific Ocean. For the Atlantic area no well defined pattern of correlation was found.

Key words: discharge, sea surface temperature (sst), water reservoir, correlation

Recebido em 30/11/1999, Protocolo 135/99

¹ Dr. Rec. Naturais, Professor, DCA/CCT/UFPB, CEP 58109-970, Campina Grande, PB. E-mail: mano@dca.ufpb.br

² Dr. Recursos Hídricos, Professor, DCA/CCT/UFPB. E-mail: fassis@dca.ufpb.br

³ MSc Meteorologia, Professor, DCA/CCT/UFPB. E-mail: enilson@dca.ufpb.br

INTRODUÇÃO

$$A(v) = \frac{V_i - \bar{V}}{\bar{V}} \quad (1)$$

O Estado da Paraíba, que tem grande parte de seu território incluído no Polígono das Secas, sofre periodicamente longas estiagens. Este fenômeno, que à luz do conhecimento científico atual está intimamente ligado à circulação atmosférica de larga escala (Bjerknes, 1969; Walker, 1928) causa sérios transtornos às populações nordestinas, principalmente àquelas que vivem nos sertões dos estados pertencentes ao já citado Polígono das Secas. Um desses aspectos de larga escala que influenciam as chuvas no Nordeste, é o fenômeno conhecido por El-Niño, que é o aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico ao longo da região equatorial (Hastenrath e Heller, 1977; Harzallah et al., 1996; Ropelewski e Halpert, 1987) e Trenberth (1994); como consequência, ocorre a formação de uma circulação térmica direta envolvendo movimentos ascendentes e descendentes sobre as regiões equatoriais dos Oceanos Pacífico e Atlântico, respectivamente, com movimentos horizontais no sentido leste - oeste. Esta circulação é geralmente chamada Circulação de Walker. O ramo descendente anômalo dessa circulação sobre a região do Atlântico diminui os movimentos ascendentes sobre a Amazônia e o Nordeste do Brasil, causando diminuição na formação de nuvens e reduzindo substancialmente a precipitação sobre essas duas regiões (Caviedes, 1973). Esse fenômeno é caracterizado por episódios que podem ser classificados como fracos, moderados e fortes, dependendo do grau de aquecimento das águas do mar, da área com anomalias quentes e da duração desse aquecimento.

O fenômeno El-Niño ocorre, associado em geral, à fase negativa da Oscilação do Sul, que é uma oscilação na pressão atmosférica a nível médio do mar, em duas regiões distintas do Oceano Pacífico (Tahiti e Darwin) e se denomina ENOS (El-Niño Oscilação do Sul). Esse fenômeno tem sido associado, durante muitos anos, às secas no NEB (Caviedes, 1973; Aragão, 1986). Outro fenômeno importante normalmente associado às secas nesta região, é o conhecido Dipolo do Atlântico (Moura & Shukla, 1981). Quando o Atlântico Tropical Norte está mais quente que o normal e o Atlântico Sul mais frio, uma circulação térmica anômala reduz os movimentos ascendentes sobre o NEB, inibindo a formação de nuvens e reduzindo, em consequência, as chuvas.

Este trabalho, objetiva aprofundar a discussão em torno da influência das TSMs globais, sobre as variáveis hidrológicas da bacia do Rio Piancó, que foi iniciada por Gomes Filho (1999).

MATERIAL E MÉTODOS

Seguindo Gomes Filho et al. (1999) e se utilizando das séries de anomalias de temperaturas globais da superfície do mar (TSM) e de valores observados da vazão média mensal do Rio Piancó, que aflui ao reservatório de Coremas (Figura 1) determinam-se, em primeiro lugar, as anomalias dessas vazões, normalizadas pela média do período utilizado nesse estudo, de 1964 a 1993, fazendo-se a subtração dos valores observados mensalmente do valor médio determinado anteriormente para, em seguida, dividir-se esse resultado por aquela média, ou seja:

em que:

$A(v)$ - anomalia normalizada da vazão média mensal do Rio Piancó no i-ésimo mês

V_i - vazão média mensal observada no i-ésimo mês

\bar{V} - vazão média das médias mensais (vazão média de longo prazo) para o período considerado.

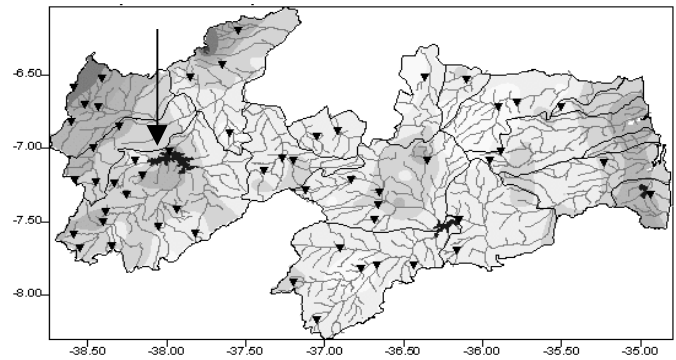


Figura 1. Estado da Paraíba, com a localização (seta) do açude Coremas afluente ao Rio Piancó, considerado neste trabalho a oeste do Estado. Fonte: LMRS/PB

Referindo-se às anomalias das temperaturas da superfície do mar em uma base global, tem-se a expressão:

$$A_i(T) = T_i - \bar{T} \quad (2)$$

em que:

$A_i(T)$ - anomalia de TSM para o i-ésimo mês

T_i - TSM observada no i-ésimo mês

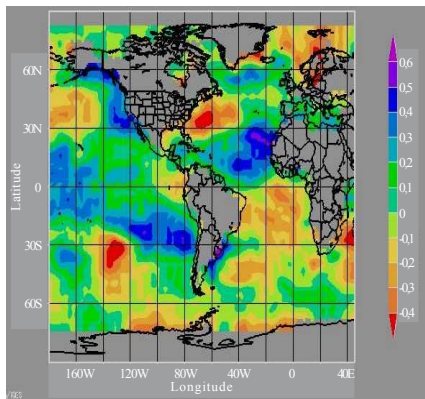
\bar{T} - média das TSM's globais para o período considerado (1964 a 93) em 3200 pontos de grade obtidas no Laboratoire de Meteorologie Dynamique - LMD de Paris, (Harzallah et al.; 1996).

Com as séries dos valores de anomalias das vazões mensais e das anomalias das TSM's, determina-se a média dessas últimas, para dois períodos de três meses, ou seja, um período começando em novembro e terminando em janeiro, e outro, iniciando em fevereiro e findando em abril para que, deste modo, sejam levados em consideração os efeitos do Pacífico e do Atlântico, respectivamente. O passo seguinte é determinar-se o grau de correlação entre essas séries para cada um dos meses do ano, para se detectar em qual mês as vazões são mais influenciadas pelas anomalias de TSM. Para se calcular as correlações, as equações gerais da estatística (Marques, 1969) foram utilizadas. Por exemplo, a correlação linear foi obtida pela equação:

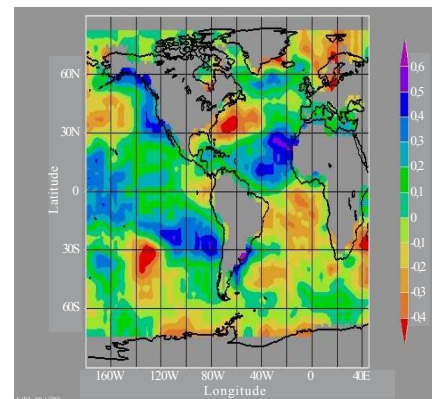
$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (3)$$

em que:

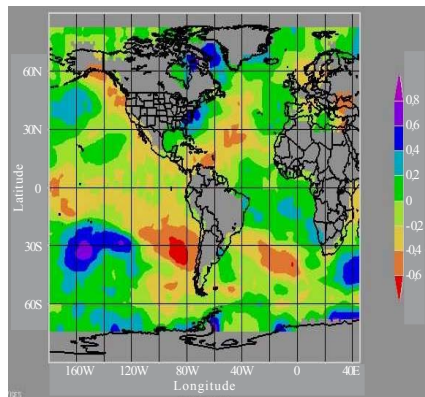
(A)



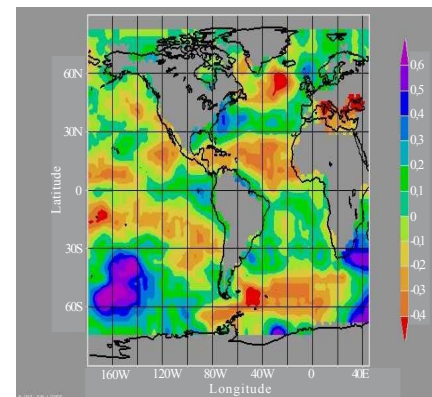
(A)



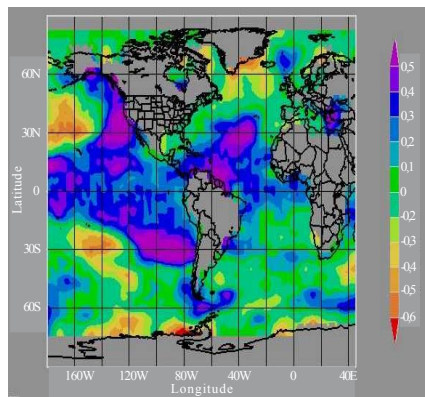
(B)



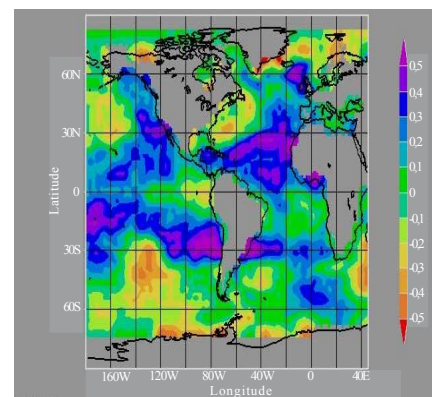
(B)



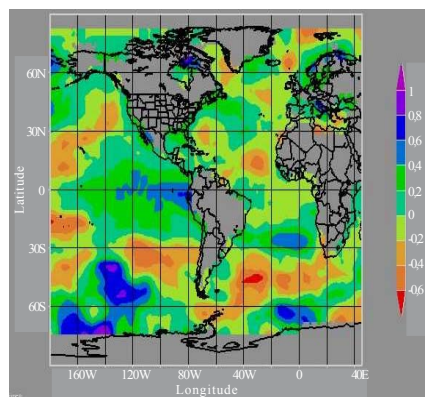
(C)



(C)



(D)



(D)

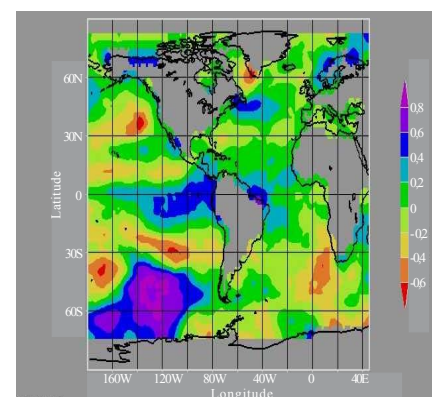


Figura 2. Correlações entre as vazões do Rio Piancó e as TSMs globais, média para novembro, dezembro e janeiro. (A) fevereiro; (B) março; (C) abril e (D) maio

Figura 3. Correlações entre as vazões do Rio Piancó e as TSMs globais, média para fevereiro, março e abril. (A) fevereiro; (B) março; (C) abril e (D) maio

$$S_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k (x_i - \bar{x})(y_{ij} - \bar{y}) \quad (4)$$

é a co-variância amostral e os S_x e S_y são os desvios-padrão das séries de dados.

Nessas expressões, a variável $X_i = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ corresponde às anomalias de TSM, enquanto a variável $Y_{ij} = \{y_{1,1}, y_{1,2}, y_{1,3}, \dots, y_{1,K}\}$ corresponde às anomalias das vazões médias mensais de cada um dos açudes. Usa-se, para as temperaturas da superfície do mar, uma média para os meses de novembro a janeiro, considerando-se o vetor X_i como sendo o conjunto das médias das TSM's para os meses de novembro a janeiro, para os anos i com $i = 1, 2, \dots, N$ o qual é correlacionado com a matriz Y_{ij} das vazões do rio considerado, para o ano i e o mês j (Tabela 1).

Tabela 1. Correlações entre as anomalias de vazão do Rio Piancó e as anomalias de TSM para dado trimestre (novembro a janeiro ou fevereiro a abril)

Ano	X_i	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	$Y_{1,3}$	.....	$Y_{1,K}$
1964	x_1	$R_{1,1}$	$R_{1,2}$	$R_{1,3}$	.....	$R_{1,K}$
1965	x_2	$R_{2,1}$	$R_{2,2}$	$R_{2,3}$	.....	$R_{2,K}$
1966	x_3	$R_{3,1}$	$R_{3,2}$	$R_{3,3}$	.....	$R_{3,K}$
.
.
.
1993	x_N	$R_{N,1}$	$R_{N,2}$	$R_{N,3}$	.....	$R_{N,K}$

Na Tabela 1 está esquematizada a correlação entre o vetor das anomalias médias de temperatura da superfície do mar e a matriz das vazões do Piancó, representadas pela matriz $R_{i,j}$ de dimensão N por K, com N igual ao número de anos e K igual ao número de meses. Considerando-se que foi usado um campo de TSM global, tem-se uma matriz com essa dimensão para cada ponto da grade e, evidentemente, para cada mês, é plotado um mapa de correlações para todo o globo, utilizando-se o pacote gráfico GrADS – Grid Analysis and Display System.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos mapas de correlação das vazões do Rio Piancó com as temperaturas da superfície média do mar (TSM) para o trimestre de novembro a janeiro, mostra que no mês de fevereiro, como mostra a Figura 2a, apresenta, na área do Pacífico, alternância de valores negativos e positivos, quando comparado ao mês anterior; todo o setor que no mês anterior estava negativo, neste mês apresenta valores positivos. Na área do Atlântico, toda área próxima à América do Sul apresenta valores negativos, enquanto na parte norte existe uma área grande com valores positivos significativos. As correlações em março (Figura 2b) estão negativas em toda a extensão do Pacífico equatorial, com valores maiores na região mais central e mais ao sul, próximo à costa do Peru; já a área do Atlântico está negativa, com exceção de uma grande área que ocupa toda a faixa tropical, cujas correlações estão positivas. Em abril, Figura 2c, os padrões de correlação uma vez mais se alteram, passando a ser positivas

em toda a área do Pacífico que, no mês anterior, estavam negativas. No Atlântico, houve ampliação da área com correlações positivas, com expansão para o norte com valores maiores. A distribuição global de correlações para o mês de maio, Figura 2d, apresenta valores positivos em a toda região NINO1 + 2 e NINO3, no Pacífico, com maiores valores próximos à América do Sul e em todo o Atlântico tropical.

Considerando-se, agora, as correlações entre as vazões do Rio Piancó e as TSMs para o trimestre fevereiro a abril, pode-se notar que em fevereiro, aparece o sinal do Dipolo do Atlântico, com correlações positivas ao norte e negativas ao sul do equador, enquanto na área do Pacífico as correlações estão positivas em praticamente toda a área equatorial, conforme Figura 3a. Em março, as regiões NINO1 + 2 e NINO3 continuam a apresentar anomalias positivas e, na área do Atlântico, as anomalias estão negativas ao norte e positivas ao sul (Dipolo invertido) como mostra a Figura 3b, e em abril, como pode ser visto na Figura 3c, surge uma área com correlações negativas concentradas próximo à África, ao sul do equador, enquanto o resto da área tropical apresenta correlações positivas; no Pacífico apenas a área NINO3 está negativa. No mês de maio, Figura 3d, fortes correlações positivas aparecem no Pacífico em todo setor o equatorial. A área do Atlântico está positiva, com exceção de uma região na costa africana, que permanece negativa.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que a distribuição global das temperaturas da superfície do mar (TSM) influencia as descargas no Rio Piancó no sertão da Paraíba, tanto quanto a precipitação, que tem sido mais estudada em anos recentes. A exemplo dos volumes dos reservatórios da Paraíba, como mostrado em Gomes Filho (1999), o sinal do El-Niño aparece muito claramente nas áreas denominadas NINO1 + 2 e NINO3, representado pela distribuição de correlações negativas ao longo do Pacífico Equatorial, assim como surge também o sinal do Dipolo do Atlântico, quando se observam as correlações, usando-se as anomalias de TSM, média para fevereiro a abril. Alguns outros sinais da influência, como é o caso das correlações positivas ao longo do cinturão das altas pressões subtropicais, precisam de um estudo mais detalhado para serem melhor caracterizados. Para esse rio presentemente estudado, a influência dos sistemas atmosféricos e oceânicos de grande escala, está caracterizada, o que encoraja pesquisas futuras para se estender essa metodologia a outros rios localizados em outros estados do Nordeste, além de um aprofundamento da análise matemática, para talvez, melhorar esses resultados.

AGRADECIMENTOS

Ao mestrando Edgley Enéas de Almeida, pelo apoio no uso do programa Fortran, para cálculo das correlações. À Professora Margrit H. Niutzsche, pelas sugestões e comentários sobre as estatísticas e sua interpretação; ao Prof. T.V. Ramana Rao, pela leitura do manuscrito e sugestões, e ao Engenheiro Eduardo Felipe C.C. de Oliveira, pela concessão dos dados da série de vazões do Rio Piancó.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, J.O.R. A general circulation model investigation of the response to El Niño, Colorado: NCAR/CT-100, 1986, 144p. PhD Thesis
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, Boston, v.97, p.163-172, 1969.
- CAVIEDES, C. N. Secas and El Nino: Two simultaneous Climatological hazards in South America. *Proceedings of the American Association of Geography*, 1973.
- GOMES FILHO, M. F.; ARAGÃO, J. O. R.; SRINIVASAN, V. S. Relações entre as TSM's Globais e os volumes dos principais reservatórios de água da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, p.74-81, 1999.
- HARZALLAH, A.; ARAGÃO, J.O.R.; SADOURNY, R. Interannual Rainfall variability in Northeast Brazil: Observation and Model Simulation. *International Journal of Climatology*, Boston, v.16, p.861-878, 1996.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climate hazards. in Northeast Brazil. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, London, v.103, p.77-92, 1977.
- MARQUES, R. M. Elementos de Estatística, Instituto Central de Matemática, Departamento de Estatística - UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1969.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of drought in Northeast Brazil: Observations, theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, Boston, v.38, p.2653-2675, 1981
- ROPELWSKY, C.F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, Boston, v.115, p.1606-1626, 1987
- WALKER, G.T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. *Beitrait Physic Freinen Atmosphere*, Berlim, v.14, p.88-93, 1928.