



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Previsão Estatística da Precipitação Mensal para a Região Metropolitana do Recife

Flaviano Fernandes Ferreira¹, Clênio Torres Filho² e Patrice Roland de Oliveira³

1. Meteorologista da Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, Recife, Pernambuco, Brasil, email: flaviano.fernandes@apac.pe.gov.br, 2. Engenheiro Civil e Gerente de Fiscalização e Monitoramento da APAC. email: clenio.torres@apac.pe.gov.br, 3. Meteorologista e Gerente de Meteorologia e Mudanças Climáticas. email: patrice.oliveira@apac.pe.gov.br

Artigo recebido em 10/07/2013 e aceite em 30/09/2013.

RESUMO

Foi aplicado um modelo estatístico para observar a correlação das temperaturas da superfície do mar (TSM) nos oceanos pacífico (área dos niños) e Atlântico (áreas do DIPOLO (N-S), norte e sul) com as precipitações observadas durante os meses de abril, maio, junho e julho na Região Metropolitana do Recife (RMR), utilizando lags de 1, 2 e 3 meses. A maior correlação foi observada na precipitação do mês de julho, com as TSM observadas em todos os niños e nas áreas do DIPOLO e o setor norte do Atlântico. Com um r^2 de 0,681.

Palavras chave: TSM, Precipitação e Correlação

Statistical Prediction of Monthly Precipitation for the Recife Metropolitan Region

Abstract

We applied a statistical model to observe the correlation of sea surface temperatures (SST) in the Pacific (area of niños) and Atlantic (areas DIPOLE (N-S), north and south) ocean with the observed rainfall during the months of April, May, June and July in the Metropolitan Region of Recife (MRR), using lags 1, 2 and 3 months. The highest correlation was observed rainfall in the month of July, with the SST observed in all areas of the niños and DIPOLE and the northern Atlantic. To a r^2 of 0.681.

Keywords: SST, Rainfall e Correlation

Introdução

Segundo a Estimativa do IBGE 2011, a Região Metropolitana do Recife (RMR) possui uma população de 3.717.640 habitantes. A sua densidade demográfica, de

1.342,88 hab/km², é uma das mais altas do país. A Grande Recife é a maior metrópole do Nordeste e a 5^a maior do Brasil.

Walker (1928) observou uma relação entre as secas do Nordeste Brasileiro (NEB) e anomalias de temperatura das águas superficiais no Pacífico Equatorial. Daí deu-

* E-mail para correspondência:
flaviano.fernandes@apac.pe.gov.br (Ferreira, F. F.).

se início a várias pesquisas que busquem compreender de uma forma mais aprofundada, como anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) podem causar interferências nos padrões de circulação atmosféricas e, conseqüentemente, afetar o regime pluviométrico em determinadas regiões do globo terrestre.

Roucou et. al. (1996) através do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (LMD AGCM) analisaram os efeitos das anomalias de TSM nos processos atmosféricos envolvidos na precipitação pluvial do NEB. Obtiveram uma correlação de 0,84 entre chuva no Nordeste e chuva gerada pelo modelo e uma correlação de -0,55 entre as anomalias de TSM e precipitação pluvial. Segundo os autores estes coeficientes de correlação são significantes a nível de 1% de probabilidade.

Hastenrath e Heller (1977), Moura e Shukla (1981), Nobre e Shukla (1996) e Uvo ET al. (1998), mostram resultados de que os Oceanos Pacífico e Atlântico têm influência no regime chuvoso do outono no Leste da Amazônia e Nordeste Brasileiro (NEB).

A distribuição espaço-temporal do período chuvoso no setor leste de Pernambuco é ocasionada por vários sistemas atmosféricos, sendo os principais responsáveis pelas chuvas a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Serra, 1941; Hastenrath & Heller, 1977); as Frentes Frias (Serra, 1941; Aragão, 1976; Kousky,

1979); os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (Yamazaki & Rao, 1977); os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) (Aragão, 1976; Virji, 1981; Kousky & GAN, 1981). Além dos sistemas de mesoescala (SM) como brisas terrestres (BT) e marítimas (BM) e os ventos vale-montanha (VVM).

Nas últimas décadas houve um progresso significativo no campo da previsão de tempo, graças em grande parte às facilidades proporcionadas pela tecnologia moderna, especialmente de computação eletrônica e de sistemas de comunicação de dados (Cressman, 1981). A construção de computadores com desempenho cada vez melhor possibilitou aperfeiçoamentos de modelos de simulação numérica da atmosfera, culminando durante a década de 60 com os modelos de equações primitivas. As simulações de campos meteorológicos feitas por esses modelos com precisão até então nunca vista começaram a ser exaustivamente exploradas, especialmente para as previsões de tempo propriamente dito, em particular com modelos estatísticos, que usam variáveis de entrada baseadas nessas simulações.

Os modelos estatísticos de previsão de tempo são, em geral, equações de regressão linear múltipla. De acordo com o relato de Carter et al. (1989), no final da década de 80 mais de 110.000 dessas equações estavam sendo processadas, nos EUA, pelo National Weather Service (NWS), proporcionando e disseminando a nível nacional as previsões de

elementos meteorológicos tais como as temperaturas máxima e mínima diárias do ar e probabilidade de precipitação.

No Brasil, a história da previsão numérica operacional é muito recente. Ela teve início em janeiro de 1995, quando o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) começou a “rodar”

operacionalmente o modelo global e disseminar seus produtos a nível nacional, principalmente através da rede de computadores.

A climatologia da RMR é observada na figura 1. Os 04 (quatro) meses mais chuvosos são abril, maio, junho e julho. Eles representam 59,9% do total anual.

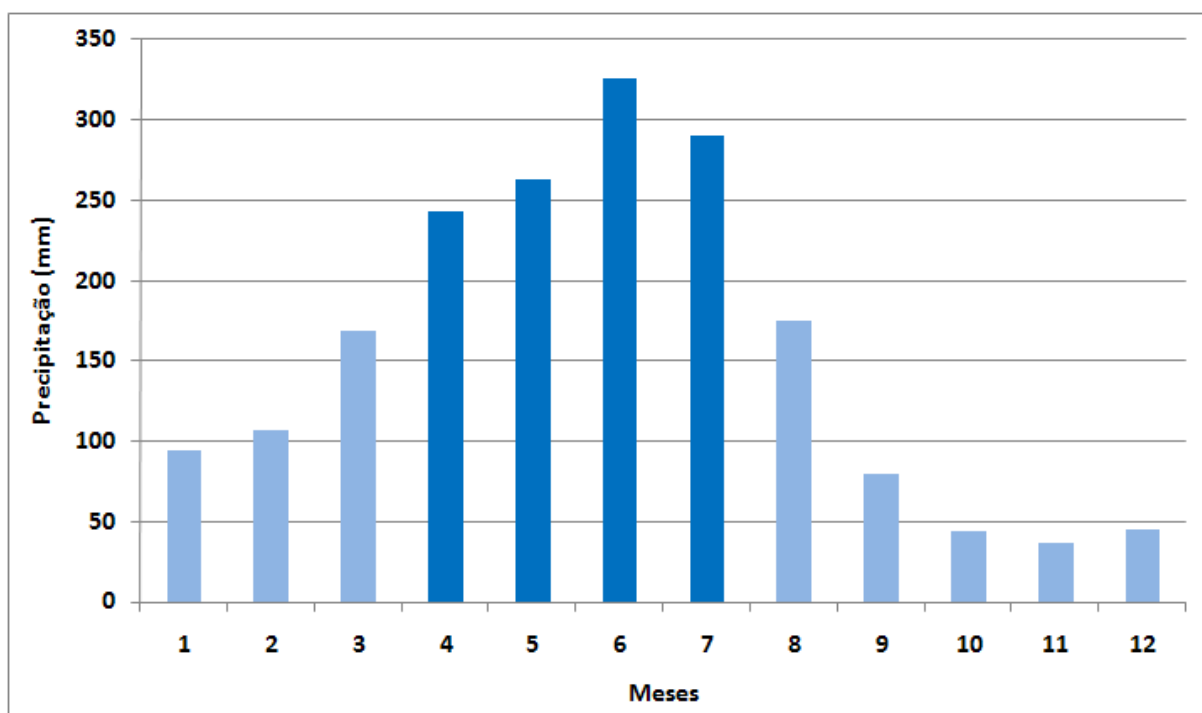


Figura 1 – Climatologia da precipitação na RMR entre os anos de 1982 a 2012.

Neste trabalho objetivou-se estudar uma auto correlação da precipitação observada nos meses mais chuvosos (abril a julho) na RMR, com legs da TSM nos oceanos Atlântico (áreas do dipolo) e Pacífico (áreas dos *niños*).

Material e métodos

Os dados utilizados neste trabalho consistem de uma série mensal de precipitação e TSM com 31 anos, entre 1982 e 2012. Foram elaboradas médias mensais da precipitação na RMR, a partir dos dados de seus postos, fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Também foram feitas médias mensais com os

dados de TSM da National Weather Service do Climate Prediction Center (NWS/CPC). As áreas dos *niños* são: *niño*₁₊₂ (0 - 10° S e 90° W - 80° W), *niño*₃ (5° N - 5° S e 150° W - 90° W), *niño*₄ (5° N - 5° S e 160° W - 150° W) e *niño*_{3,4} (5° N - 5° S e 170° W - 120° W) e as áreas do Atlântico Norte (5° S - 20° S e 60° W - 30° W) e Atlântico Sul (0 - 20° S e 30° W - 10° E). A associação entre a TSM com a chuva na RMR foi efetuada através de uma análise de regressão múltipla, calculada a partir de uma curva exponencial que ajusta os dados e retorna uma matriz de valores que descreve a curva. Foi utilizada a função PROJ no Microsoft Office Excel 2007. Foram feitas previsões estatísticas para os meses de abril, maio, junho e julho (AMJJ) na RMR.

A função PROJ(val_conhecidos_y, val_conhecidos_x, constante, estatísticas) é usada para executar a regressão onde uma curva exponencial é feita. Um critério de mínimos quadrados é usado e proj tenta encontrar o melhor ajuste sob esse critério. Os dados do val_conhecidos_y representam as variáveis dependentes e val_conhecidos_x representam dados em uma ou mais variáveis independentes. O segundo argumento é opcional. Se for omitido, será considerado como uma matriz do mesmo tamanho que val_conhecidos_y que contém os valores (1, 2, 3,...).

Supondo que há variáveis de previsão de p, PROJ se encaixa em uma equação da seguinte forma:

$$y = b \cdot (m_1^{x_1}) \cdot (m_2^{x_2}) \cdot \dots \cdot (m_p^{x_p}) \quad (1)$$

Os valores dos coeficientes, b, m₁, m₂,..., m_p que fornecem o melhor ajuste para os dados de y são determinados.

O último argumento para PROJ é definido como TRUE se desejar que as estatísticas adicionais, incluindo várias somas dos quadrados, r-quadrado, estatística f e erros de padrão dos coeficientes de regressão. Nesse caso, PROJ deve ser inserida como uma fórmula de matriz. O último argumento é opcional. Se for omitido, ele é interpretado como falso. As dimensões da matriz são cinco linhas por número de colunas iguais ao número de variáveis independentes mais um se o terceiro argumento estiver definido como TRUE (além de 0) se o terceiro argumento não estiver definido como TRUE.

Se o terceiro argumento “constante” é definido como TRUE, você deseja que o modelo de regressão pode incluir a constante b na equação anterior no modelo. Se ele estiver definido como FALSE, a constante multiplicativo b está excluída do modelo de regressão, forçando igual a um. O terceiro argumento é opcional. Se for omitido, ele é interpretado como TRUE.

Neste artigo, os dados foram organizados em colunas de modo que val_conhecidos_y é uma coluna dos valores da precipitação observada durante os meses y e val_conhecidos_x são as colunas dos

valores da TSM dos 3 meses anteriores dos meses y . As dimensões ou comprimentos de cada uma dessas colunas devem ser iguais. Além disso, suponha que o último argumento para PROJ.log sempre é verdadeiro e que você sempre está interessado em saída detalhada. O R deve ser maior ou igual a 1.

Resultados e discussão

Para aplicar a função PROJ, primeiro observaram-se quais as melhores correlações entre as precipitações dos meses de abril com as médias das TSM observadas nos meses de janeiro a março nas áreas dos *niños*, do oceano Pacífico e nas áreas do dipolo, do

oceano Atlântico. As melhores correlações foram com as regiões dos *niños* 1+2, 3 e 3,4, como também na área sul do dipolo do oceano Atlântico e o DIPOLO (N-S). Aplicou-se a função PROJ utilizando as precipitações dos meses de abril com as TSM nessas áreas acima, com legs de 1, 2 e 3 meses. A correlação entre os dados observados e previstos obteve um r^2 de 0,496.

Na figura 2 são apresentados os dados das precipitações observadas e previstas para os meses de abril. Observa-se uma coerência na curva, principalmente em anos que apresentam os meses muito seco.

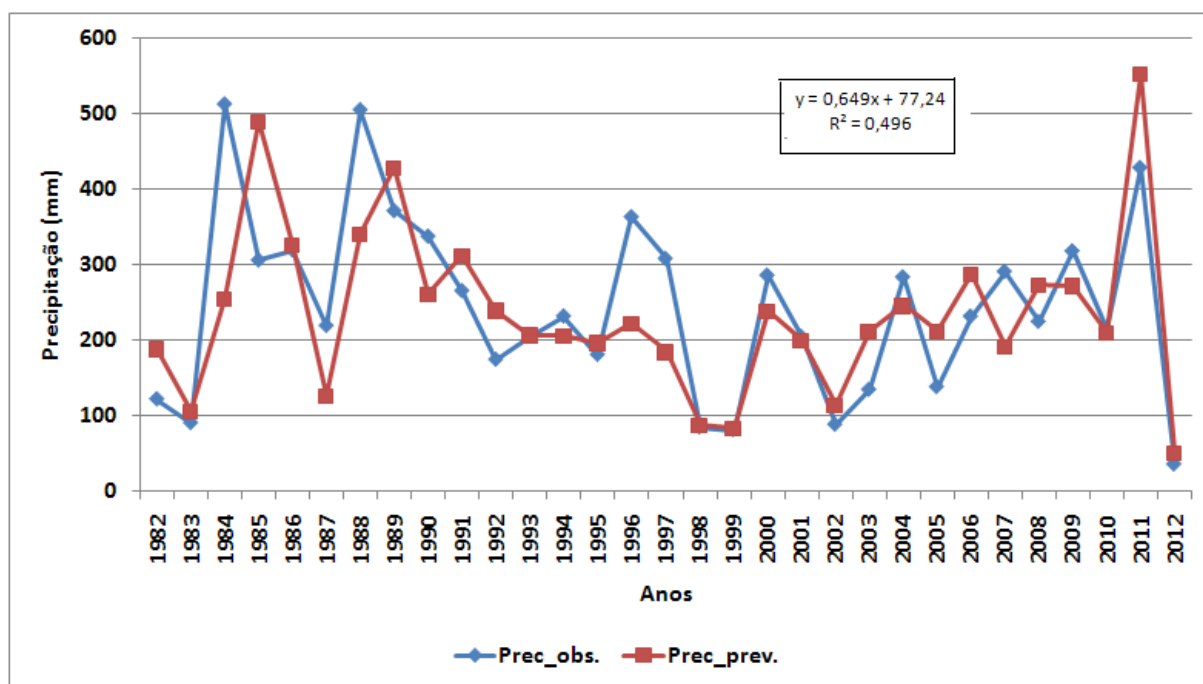


Figura 2 – Correlação entre precipitação observada e a precipitação prevista durante os meses de abril a partir da TSM com legs de 1, 2 e 3 meses, nas áreas dos *niños* 1+2, 3 e 3,4 e na área sul do Atlântico (região do DIPOLO) e no DIPOLO (N-S).

A figura 3 mostra a diferença entre as precipitações observadas e as previstas para os meses de abril. Observa-se que o modelo

mostra 16 anos com desvios de precipitação entre ± 50 mm.

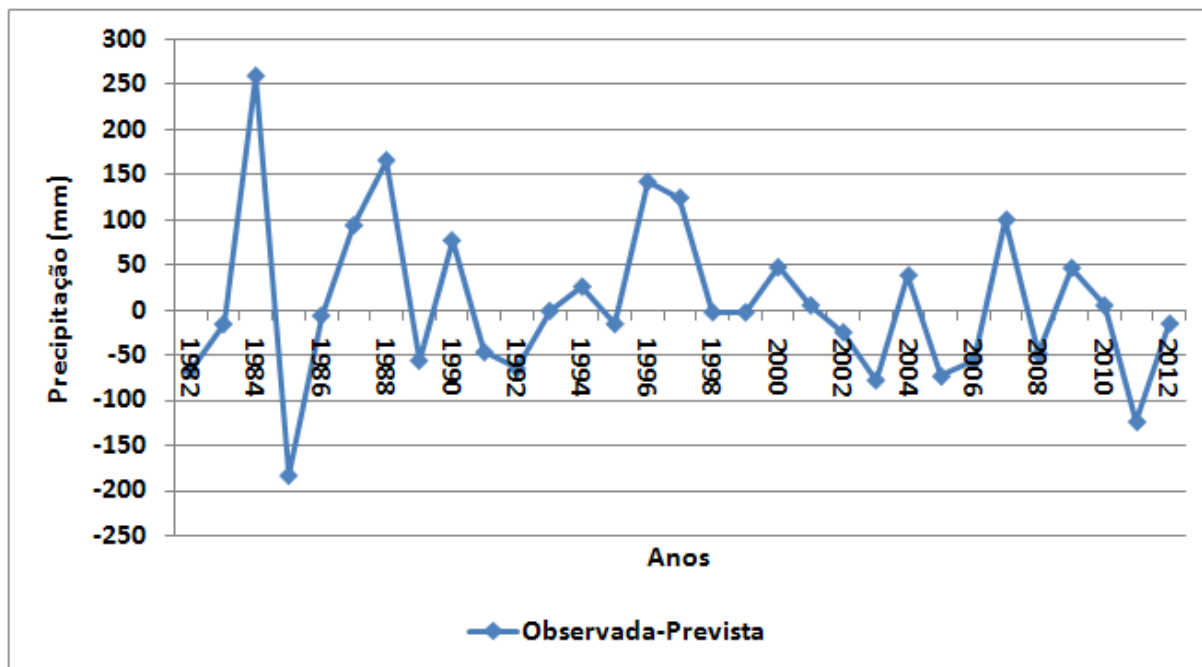


Figura 3 – Desvios da precipitação observada menos a precipitação prevista durante os meses de abril.

Para aplicar a função PROJ, primeiro observaram-se quais as melhores correlações entre as precipitações dos meses de maio com as médias das TSM observadas nos meses de fevereiro a abril nas áreas dos niños, do oceano Pacífico e nas áreas do dipolo, do oceano Atlântico. As melhores correlações foram com as regiões dos niños 1+2, 3 e 3,4, como também o DIPOLO (N-S). Aplicou-se a função PROJ utilizando as precipitações dos meses de maio com as TSM nessas áreas

acima, com legs de 1, 2 e 3 meses. Além de colocar também como preditor as precipitações observadas durante os meses de abril. A correlação entre os dados observados e previstos obteve um r^2 de 0,507.

Na figura 4 são apresentados os dados das precipitações observadas e previstas para os meses de maio. Observa-se uma coerência na curva, principalmente em anos que apresentam os meses muito seco.

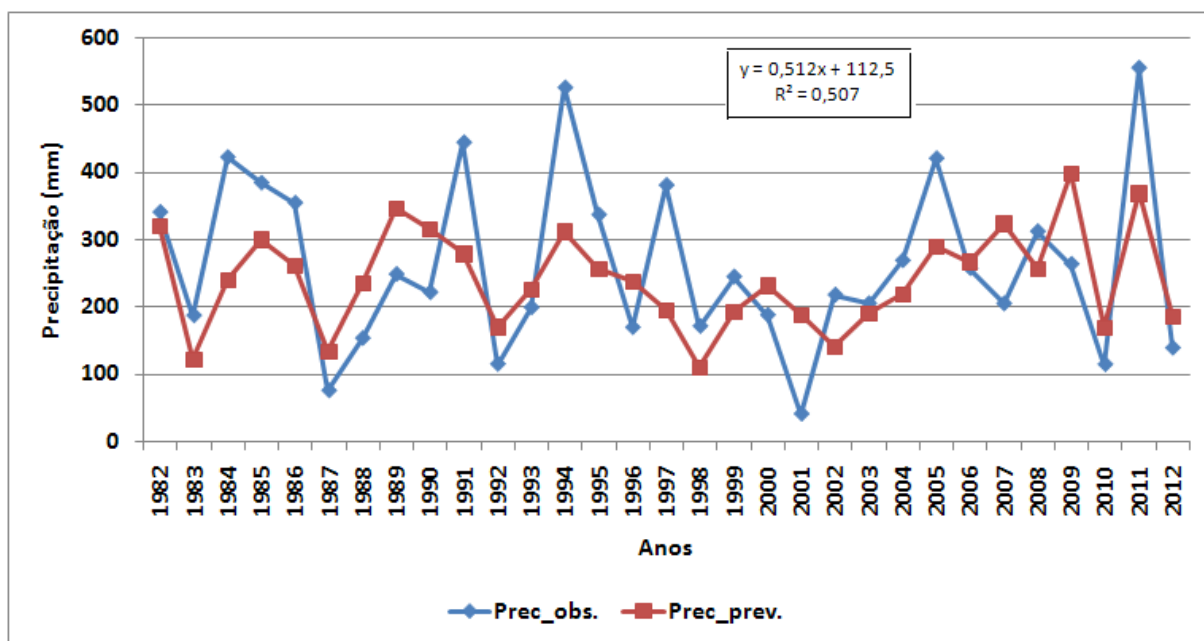


Figura 4 – Correlação entre precipitação observada e a precipitação prevista durante os meses de maio na RMR a partir da TSM com legs de 1, 2 e 3 meses, nos niños 1+2, 3 e 3,4, como também no DIPOLo (N-S) e a precipitação observada durante os meses de abril.

A figura 5 mostra a diferença entre as precipitações observadas e as previstas para os meses de maio. Observa-se que o modelo

mostra 17 anos com desvios de precipitação entre ± 50 mm.

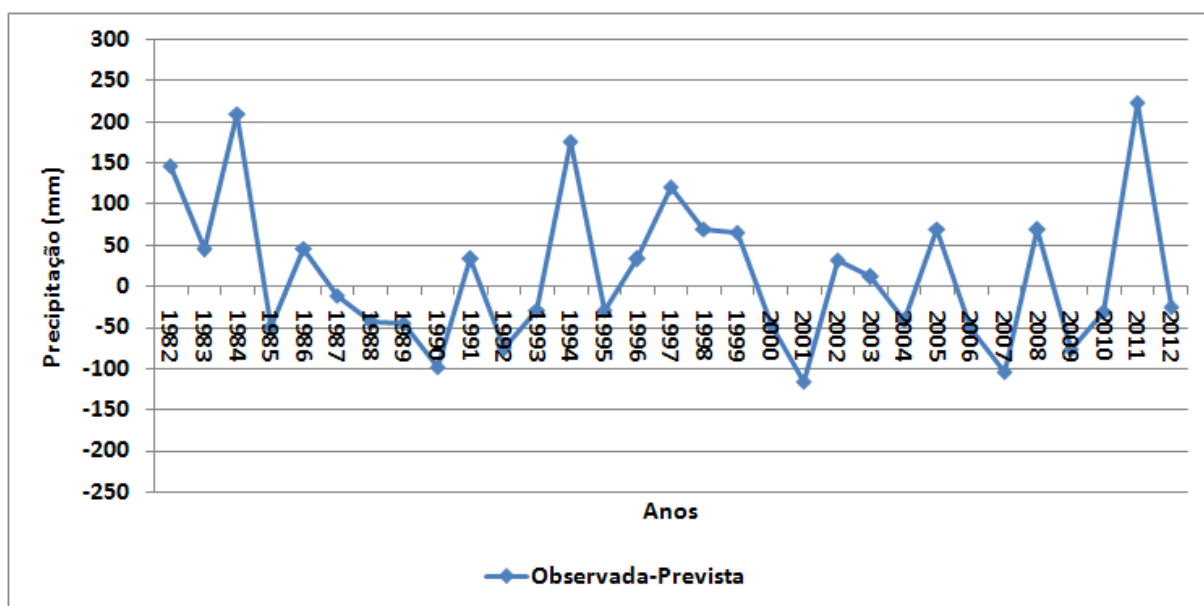


Figura 5 – Desvios da precipitação observada menos a precipitação prevista durante os meses de maio.

Para aplicar a função PROJ, primeiro observaram-se quais as melhores correlações entre as precipitações dos meses de junho com as médias das TSM observadas nos meses de março a maio nas áreas dos niños, do oceano Pacífico e nas áreas do dipolo, do oceano Atlântico. Apenas o niño1+2 apresentou uma boa correlação. Aplicou-se a função PROJ utilizando as precipitações dos meses de junho com as TSM na área citada acima, com legs de 1, 2 e 3 meses. Além de

colocar também como preditor as precipitações observadas durante os meses de abril e maio. A correlação entre os dados observados e previstos obteve um r^2 de 0,507.

Na figura 6 são apresentados os dados das precipitações observadas e previstas para os meses de junho. Observa-se uma pequena coerência na curva, principalmente em anos que apresentam os meses com chuva entre 300 e 400 mm.

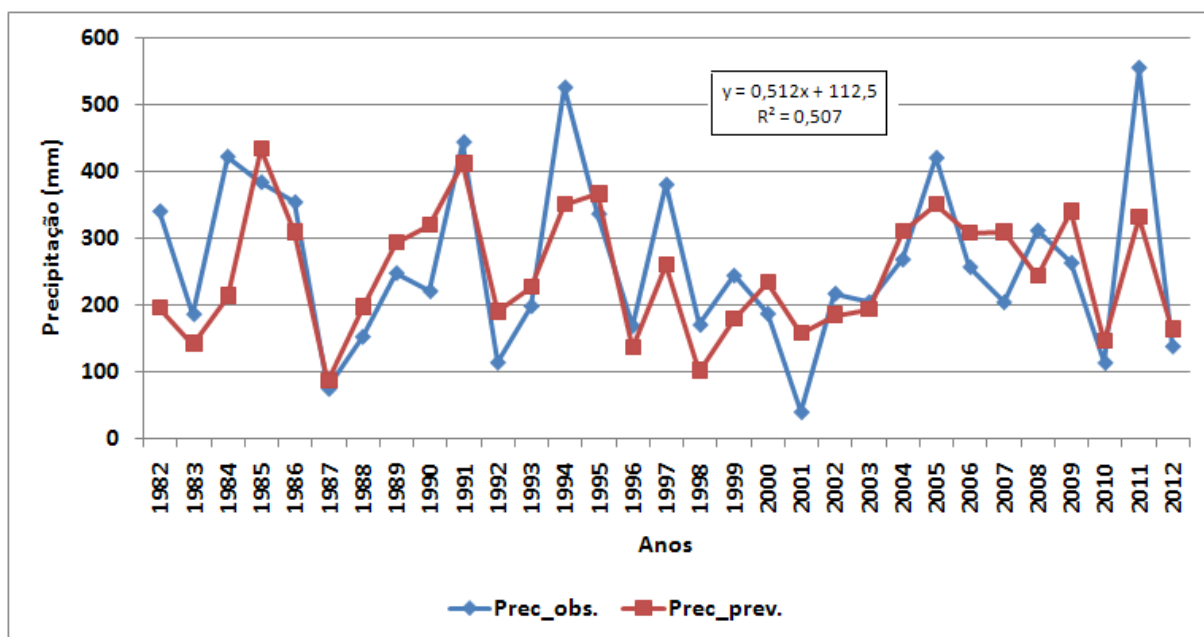


Figura 6 – Correlação entre precipitação observada e a precipitação prevista durante os meses de junho na RMR a partir da TSM com legs de 1, 2 e 3 meses, no niño 1+2 e a precipitação observada durante os meses de abril e maio.

A figura 7 mostra a diferença entre as precipitações observadas e as previstas para os meses de maio. Observa-se que o modelo

mostra 12 anos com desvios de precipitação entre ± 50 mm.

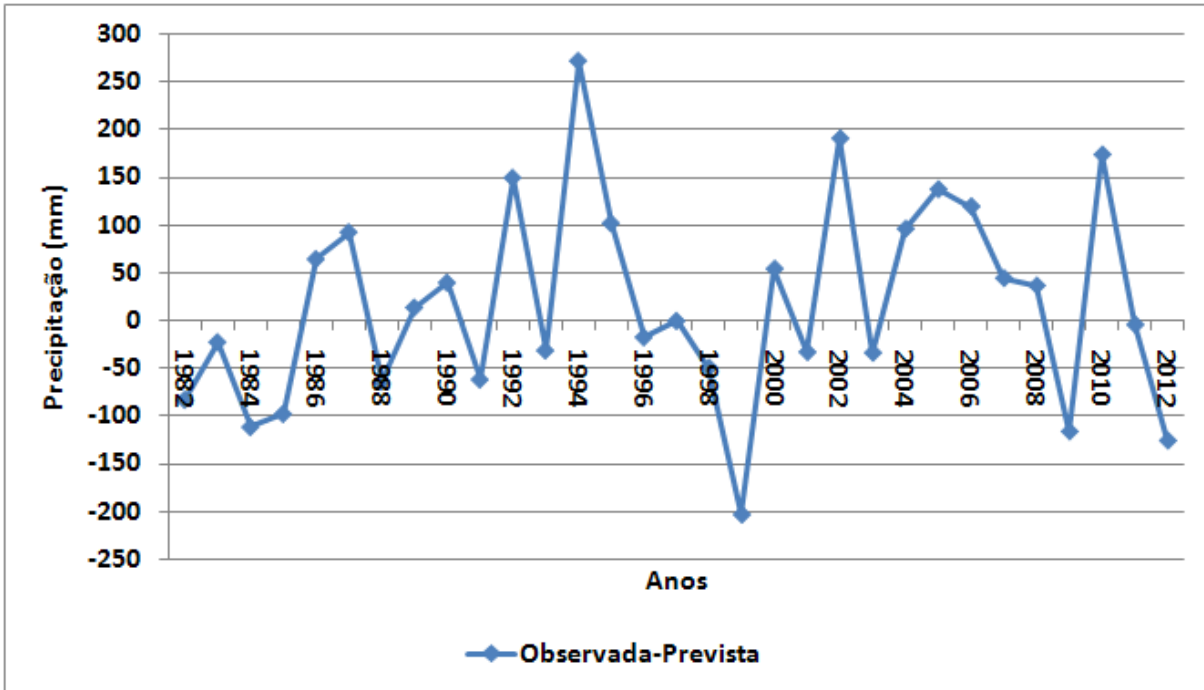


Figura 7 – Desvios da precipitação observada menos a precipitação prevista durante os meses de junho.

Para aplicar a função PROJ, primeiro observaram-se quais as melhores correlações entre as precipitações dos meses de julho com as médias das TSM observadas nos meses de abril a junho nas áreas dos *niños*, do oceano Pacífico e nas áreas do dipolo, do oceano Atlântico. As melhores correlações foram com todas as regiões dos *niños*, como também o DIPOLO (N-S) e o setor norte do oceano Atlântico. Aplicou-se a função PROJ utilizando as precipitações dos meses de julho

com as TSM nessas áreas acima, com lags de 1, 2 e 3 meses. Além de colocar também como preditor as precipitações observadas durante os meses de abril, maio e junho. A correlação entre os dados observados e previstos obteve um r^2 de 0,618.

Na figura 8 são apresentados os dados das precipitações observadas e previstas para os meses de julho. Observa-se uma grande coerência nas duas curvas.

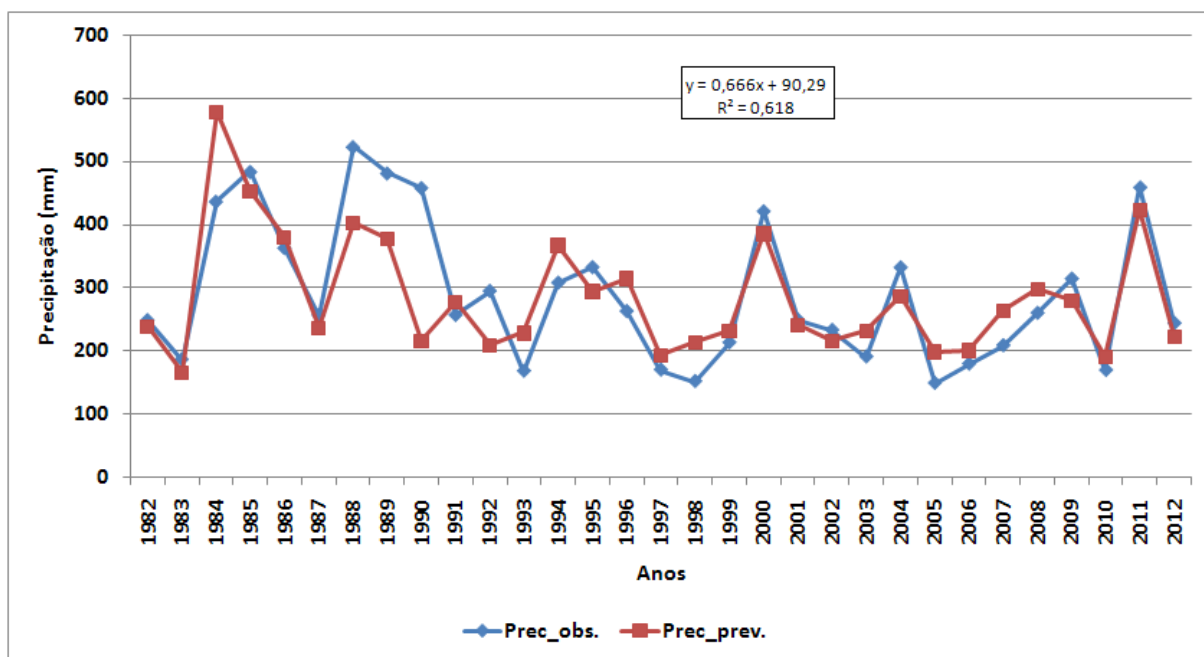


Figura 8 – Correlação entre precipitação observada e a precipitação prevista durante os meses de julho na RMR a partir da TSM com legs de 1, 2 e 3 meses, em todos os niões, como também no DIPOLO (N-S) e o setor norte do oceano Atlântico, como também as precipitações observadas durante os meses de abril, maio e junho.

A figura 9 mostra a diferença entre as precipitações observadas e as previstas para os meses de maio. Observa-se que o modelo

mostra 21 anos com desvios de precipitação entre ± 50 mm.

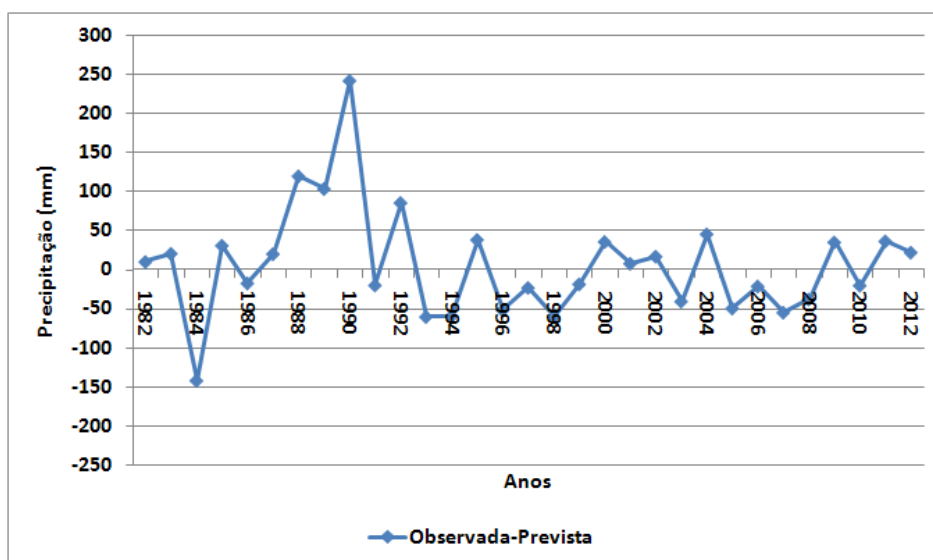


Figura 9 – Desvios da precipitação observada menos a precipitação prevista durante os meses de julho.

Conclusões

A TSM da região do *niño* 1+2, com lags de 1, 2 e 3 meses é a que possui a maior correlação com as chuvas durante os 04 (quatro) meses da estação chuvosa na RMR.

A previsão para os meses de abril foi bem correlacionada para anos considerados de poucas chuvas neste mês.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e ao National Weather Service do Climate Prediction Center da National Weather Service (NWS/CPC/NOAA) pelas facilidades proporcionadas à utilização dos dados de precipitação e TSM, respectivamente.

Referências

Aragão, J.O.R. 1976. Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas no Nordeste do Brasil. São José dos Campos: Instituto de Pesquisa Espaciais, 51p. Dissertação de Mestrado.

Carter, G. M., Dallavalle, J. P. & Glahn, H. R. 1989. Statistical Forecasts Based on the National Meteorological Center's Numerical Weather Prediction System. *Weather and Forecasting*, 4: 401-412.

Cressman, G. P. 1981. Man and the machine in weather forecasting of the future. *Proc.*

A maior correlação foi observada durante a previsão das precipitações do mês de julho, com um r^2 de 0,618.

Symp. On Current Problems of Weather Prediction, Viena, Austrian Meteor. Soc., 3-6.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climate hazards in northeast Brazil, *Quart. Z. R. Met. Soc.*, v.103, n.435, p.77-92, 1977.

Kousky, V. E. 1979. Frontal influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107(9), p.1140-1153.

Kousky, V. E., Gan, M. A., 1981. Upper tropospheric cyclonic vortices in the Tropical South Atlantic, *Tellus*, 33,538-551.

Moura, A. D.; Shukla, J. 1981. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.38, n.12, p.2653-2675.

Nobre, P.; Shukla, J. 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America, *Journal of Climate.*, v.9, n.19, p.2464-2479.

Roucou, P.; Aragão, J. O. R.; Harzallah, A.; Fontaine, B.; Janicot, S. 1996. Vertical motion changes related to Northeast Brazil. Rainfall variability: A DCM simulation. *International Journal of Climatology*, v.16, p.876-891,

Serra, A. B. 1941. The general circulation over South America. *Bulletin of the American Meteorological Society*. V. 22, 173-179.

Yamazaki, Y., Rao, V.B. 1977. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean.

Journal of the Meteorological Society of Japan 55.

Uvo, C. R. B., Repelli, C.; Zebiak, S. E.; Kushnir, Y. 1998. The relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. *Journal of Climate*, v.11, p.551-562.

Virji, H. 1981: Tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Monthly Weather Review*, (3): 599/610.