

# COMPARAÇÃO ENTRE A PREVISÃO DE CHUVA NO NORDESTE DO BRASIL COM MÉTODO ANÁLOGO E A OBTIDA DINAMICAMENTE

*J. M. B. Alves<sup>1</sup>, A. A. Costa<sup>1</sup>, J. N. B. Campos<sup>1,2</sup>, S. S. Sombra<sup>1</sup>, A. C. S. dos Santos<sup>1,3</sup>*

**RESUMO:** Esse artigo mostra uma comparação dos resultados de simulação de precipitação para o Nordeste do Brasil (NEB) - 1971-2000, obtidos por modelagem dinâmica de grande escala e regional (*downscaling*) e a obtida por modelagem empírica *K'neighbors*. Os principais resultados mostraram que o modelo empírico apresentou menor erro absoluto nos períodos de fevereiro a abril (FMA) e março a maio (MAM), que os modelos dinâmicos (*ECHAM4.5*, *RAMS* e *RSM/97*) em algumas áreas do NEB. O *Heidke Skill* em três categorias de percentis Seca (S), Normal (N) e Chuvosa (C), mostrou que o método análogo tem baixo *Skill*, entre 0,1 e 0,3 em todas as categorias, enquanto que os modelos dinâmicos apresentaram *Skill* superiores, com valores maiores para as categorias S e C (da ordem de 0,4 a 0,5), até superiores a 0,6 em algumas áreas do setor norte do NEB para a categoria C, como visto nos resultados dos modelos *ECHAM4.5* e *MRE/97*.

**ABSTRACT:** This article show a comparison of the results of precipitation simulation to the Northeast of Brazil (NEB) - 1971-2000, gotten for dynamic modeling of great scale and regional scale (*downscaling*) and the gotten of one empirical modeling *K'neighbors*. The main results had shown that the empirical model presented minor absolute error in the periods of February to April (FMA) and March to May (MAM) that the dynamic models (*ECHAM4.5*, *RAMS* and *RSM/97*) in some areas of the NEB. The *Heidke Skill* in three categories of percents Dry (D), Normal (N), Wet (W), showed that the analogous method has low *Skill*, between the 0.1 and 0.3 in all categories, whereas the dynamic models had presented *Skill* superior, with bigger values for categories D and W (of the order of 0.4 the 0.5), until superiors the 0.6 in some areas of the sector north of the NEB for category W, as seen in the results of models *ECHAM4.5* and *MRE/97*.

**Palavras-chave:** análogos, previsibilidade, redução de escala.

---

<sup>1</sup>Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) – Av. Rui Barbosa, 1246, Fortaleza-CE, CEP: 60.115-221 – [brabo@funceme.br](mailto:brabo@funceme.br)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Ceará – UFC.

<sup>3</sup> Departamento de Física – Universidade Estadual do Federal do Ceará – UECE - Fortaleza-Ceará

## INTRODUÇÃO

Técnicas que abordam a previsão de eventos climáticos evoluíram significativamente nesses últimos 20 anos. Revisões sobre o desempenho de previsões dinâmicas e empíricas podem ser encontradas em Goddard *et al.* (2001). O desenvolvimento da modelagem dinâmica, com o aperfeiçoamento dos modelos numéricos de circulação geral da atmosfera (MCGAs), e os modelos regionais de escala espacial limitada (MRs) tem contribuído para diagnosticar e prever eventos meteorológicos de tempo e clima em várias áreas do globo, com melhor desempenho (Nobre *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2005 e outros). Uma alternativa, a modelagem dinâmica, para estudos diagnósticos e de previsão de variáveis meteorológicas, devido a sua facilidade de aplicação, tem sido o uso de técnicas estatístico-estocásticas. Essas técnicas tentam prever o estado de uma ou mais variáveis atmosféricas, tendo como bases relações entre essas variáveis, que guardam algum sinal físico entre as mesmas. Os estudos que utilizam aproximações por *K'neighbors* têm sido muito usados em simulação e previsão de variáveis atmosféricas e hidrológicas pela facilidade de sua aplicação. Essa técnica basicamente simula ou prevê variáveis com base na relação com outras variáveis e com a sua própria característica observada em anos passados (Souza Filho e Lall, 2003; Lall e Sharma, 1996).

O objetivo desse estudo foi comparar a previsão de chuva trimestral fevereiro-março-abril (FMA), março-abril-maio (MAM) e fevereiro-março-abril-maio (FMAM), obtida de um método de modelagem empírica (*K'neighbors*), com a de modelos dinâmicos (um MCGA – *ECHAM4.5*, e de MRs aninhados (*downscaling*) ao *ECHAM4.5*, o Modelo Regional Espectral (MRE/97) e *RAMS* (*Regional Atmospheric Model System*).

## DADOS E METODOLOGIA

Os dados de precipitação usados nesse estudo para servirem como fonte observacional e de comparação tiveram como base uma composição de vários conjuntos observacionais. A base foi o arquivo disponível na Universidade de *East Anglia* (UEA) no reino Unido (New *et al.*, 2000). Adicionalmente a esse conjunto de dados da UEA foram usados totais de precipitação sobre o Brasil do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), interpolados para uma grade 0,25° de latitude longitude, para um período de 1994-2000. Maiores detalhes desse conjunto de dados podem ser encontrados em (Sun *et al.*, 2005). Nesse estudo foi usado um método estatístico-estocástico que tem como

base a relação entre essa precipitação no NEB e variáveis climáticas que são observadas nos Oceano Pacífico e Atlântico Tropical, índices de El Niño- região Niño 3 e do dipolo de Temperatura da Superfície do Mar - TSM ( Moura e Shukla, 1981). O método utilizado, com o uso das informações de preditores climáticos, foi similar aos usados por Souza Filho e Lall (2003). Os chamados preditores climáticos, em geral, são previamente conhecidos (Moura e Shukla, 1981), e são atribuídos pela relação entre suas variabilidades e a precipitação ao longo de anos. A base metodológica dos chamados métodos dos vizinhos (*K-neighbors*) é explicada a seguir. A identificação do análogo tem como base o valor da distância Euclidiana ( $d_i$ ) entre o valor do vetor dos preditores atuais  $\mathbf{x}^*$  e o valor dos preditores em sua série histórica  $\mathbf{x}_i$ , na seguinte forma

$$(Souza Filho e Lall, 2003), \quad d_i^2 = \sum_{j=1}^{j=2} \left\{ (x_j^* - x_{i,j})^2 \right\}, \quad \text{onde: } \mathbf{x}^* \text{ é um vetor } 1 \times 2, \mathbf{x}_i \text{ é um}$$

vetor  $1 \times 2$  de preditores durante o  $i$ -ésimo ano usado. Algumas funções pesos podem ser usadas na associação dos  $K$  vizinhos ao valor da variável simulada ou prevista (Lall e Sharma, 1996). É importante mencionar que nesse estudo, os  $K$ 's foram identificados no mês de novembro, 2 meses antes do início da estação chuvosa do norte do NEB (região de interesse para a previsão de chuva). Após a identificação dos  $K$ 's, para cada ano entre 1971-2000, os 10  $K$ 's mais próximos das anomalias observadas em novembro para a região de Niño3 e para o dipolo de TSM no Atlântico Tropical foram usados com preditores. Nesse caso, como o análogo usado foi relativo a novembro e a previsão de chuva é fevereiro a maio do ano seguinte, os somatórios trimestres FMA, e MAM do ano seguinte aos 10 análogos multiplicados pelas suas respectivas funções pesos, foi o valor do trimestre prognosticado para o ano em questão entre 1971-2000.

O MCGA usado neste estudo é o *European Community-Hamburg (ECHAM)* versão 4.5. desenvolvido no *Max Planck Institute for Meteorology and German Climate Computing Centre (DKRZ)*. Os modelos regionais usados foram uma versão do MR desenvolvido no Centro de Modelagem de Meio Ambiente do *NCEP* desenvolvido por Juang e Kanamitsu (1994), e o *RAMS (Regional Atmospheric Modeling System)* desenvolvido no Departamento de Ciências Atmosférica da Universidade Estadual do Colorado, USA. Maiores detalhes sobre os modelos e características dos experimentos de *downscaling* podem ser encontrados em Alves *et al.* (2006). Para o desempenho da modelagem dinâmica e do método de análogo no período de 1971-2000 para cada trimestre (FMA e MAM e FMAM) foi calculado o *bias*, que é uma medida do erro sistemático do método, o erro absoluto (EMA) e *Heidke Skill* (Wilks, 1995), para três categorias de percentis calculados por Xavier e Xavier (1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui são mostrados alguns resultados. A Figura 1 é o mapa síntese para os trimestres FMA e MAM do menor EMA. Para o *ECHAM4.5* (cor verde), predomina áreas nos estados do Maranhão, Tocantins, Pará e parte de Goiás em FMA, e uma área sobre o estado da Bahia para MAM. Para o *MRE/97* (cor laranja), menores EMAs foram observados no centro-oeste do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e áreas isoladas da Bahia, Pará, Goiás, Tocantins e em Sergipe e Alagoas. Para o método análogo (cor azul escuro), menores EMAs foram observados no norte do Maranhão e Piauí e oeste e sul em áreas do Ceará, centro-sul do Piauí, oeste e nordeste da Bahia. O *RAMS* (cor azul claro) foi o que apresentaram menor EMA nos trimestres FMA e MAM em áreas no estado da Bahia, Ceará e áreas isoladas no litoral leste do NEB.

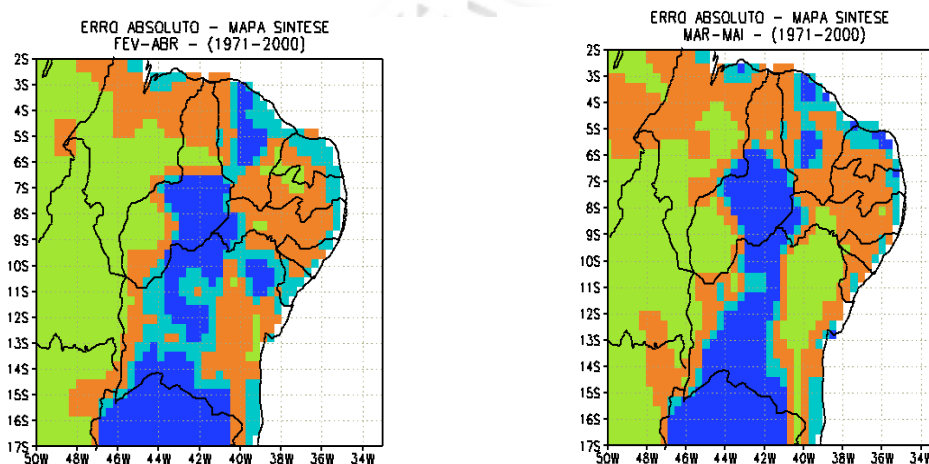


Figura 1 – Mapa síntese em função do menor EMA em magnitude para os trimestres. a) FMA e b) MAM. Áreas em verde indicam menor EMA do *ECHAM4.5*, as em laranja indicam menor EMA do *MRE/97*, as em azul escuro indicam menor EMA do método análogo e as áreas em azul claro, indicam menor EMA do *RAMS*.

A Figura 2 mostra o *Heidke Skill* dos modelos *ECHAM4.5*, *MRE/97*, *RAMS* e do método análogo para as três categorias em conjunto (S, N e C) para o período fevereiro a maio. Os modelos com melhores *Skill* foram o *ECHAM4.5* e o *MRE/97* mostrando no setor norte do NEB valores acima de 0,3 e 0,4, e algumas áreas dos estados do Ceará e Piauí com valores acima de 0,5. Para o *RAMS Heidke Skill* com valores acima 0,4 foram observados em áreas isoladas no norte do NEB. No método análogo como observado nas categorias S, N e C (Figuras não mostradas) os valores do *Heidke Skill* foram baixos entre 0 e 0,1, mantendo as características homogêneas ao longo do todo o NEB.

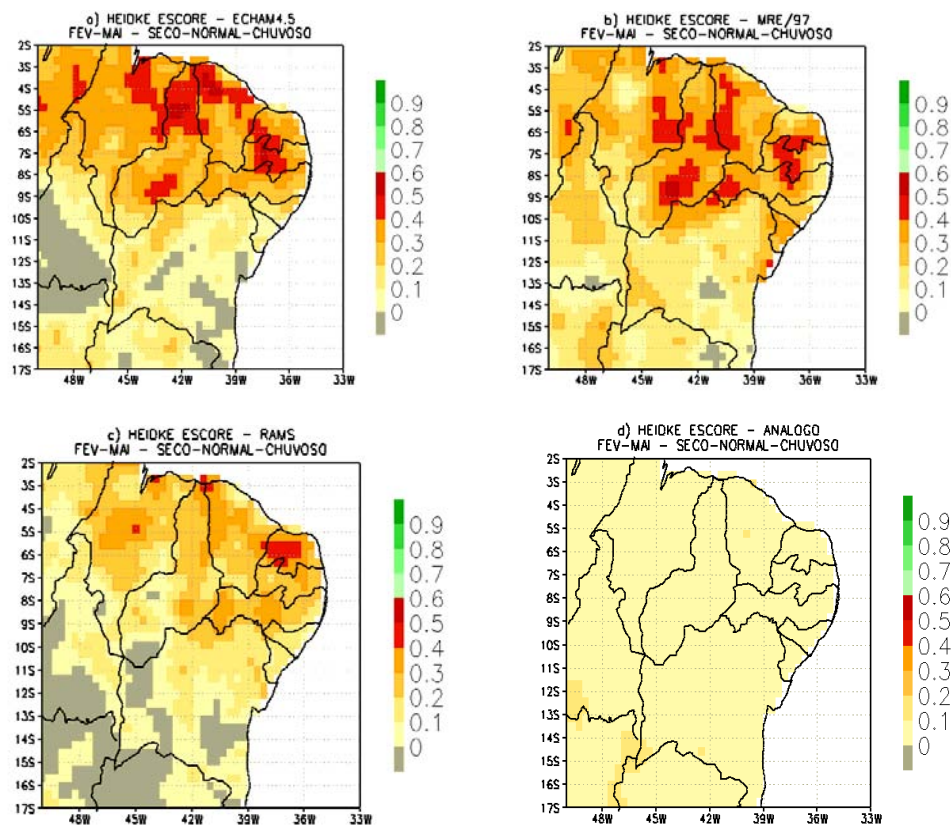


Figura 2 – *Heidke Skill* para três categorias Seco, Normal e Chuvoso no período FEB-MAI. a) *ECHAM4.5*; b) *MRE/97*; c) *RAMS* e d) análogo.

#### 4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Embora, os resultados dos modelos dinâmicos tenham sido forçados com as TSMs observadas (diagnóstico ou a chamada “previsão perfeita”), e os resultados do método análogo foi uma previsão, algumas conclusões importantes podem ser retiradas do estudo. Quanto ao EMA, o *ECHAM4.5* teve menores erros em áreas dos estados do Maranhão, Tocantins, Pará e parte de Goiás em FMA, e uma área sobre o estado da Bahia para MAM. O *MRE/97* apresentou menores EMAs no centro-oeste do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e áreas isoladas da Bahia, Pará, Goiás, Tocantins, Sergipe e Alagoas em ambos os trimestres. Para o método análogo, menores EMAs foram observados no norte do Maranhão e Piauí, oeste e sul do Ceará, centro-sul do Piauí e setores oeste e nordeste da Bahia, enquanto o *RAMS* mostrou menores áreas ao longo do NEB e vizinhanças com menores EMAs nos trimestres FMA e MAM, destacaram-se áreas no estado da Bahia, Ceará e áreas isoladas no litoral leste do NEB. A previsibilidade (*Heidke Skill*) em três categorias S, N e C para o período de fevereiro a maio mostrou que os modelos dinâmicos *ECHAM4.5* e os regionais *MRE/97* e *RAMS* superaram em valores, da ordem de 0,4 a 0,5, o método análogo que apresentou características homogêneas em todo o NEB com valores em torno de 0,1 a 0,3. Para estudos futuros sugerem-se novos testes com defasagens mensais, trimestrais até

quadrimestrais para identificação dos análogos, o uso de mais análogos (15, 20 ou mais). Além disso, podem ser testados novos métodos estatístico-estocásticos como, por exemplo, os auto-regressivos que usam como variáveis preditoras não só as condições termodinâmicas nos Oceano Pacífico e Atlântico Tropicais, mais variáveis atmosféricas (convergência de umidade, ventos junto à superfície, vorticidade, etc.) sobre a o setor norte do NEB. Para modelagem dinâmica com acoplamento de multi-modelos (MCGAs e outros modelos regionais), além de testes com TSMs persistidas e previstas bem com o aumento dos membros da simulação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M.B. *et al.* Um Estudo Inter-Comparativo de Previsão Sazonal Estatística-Dinâmica de Precipitação para o Nordeste do Brasil. Sub. **Rev. Bras. Meteor.**, 2006.
- GODDARD, L.; ZEBIAK, S. E.; ROPELEWSKI, C. F.; BASHER, R.; CANE, M. A. Current approaches to seasonal-to-interannual climate predictions. **Inter. Jour. Climatolo.**, v.21, p.1111-1152. 2001.
- KANAMITSU, M, S-Y., HONG 1997. The NCEP regional spectral model: An update. **Bull. Amer. Meteor. Socie.** v.78, (10), p.2125-2143. 1997.
- LALL, U.; SHARMA, A. A nearest neighbor bootstrap for resampling hydrologic time series. **Water Resour. Res.**, v.32, p.679-693. 1996.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **J. Atmos. Sci.**, v.38, n.7, p.2653-2675, 1981.
- MOURA, A. D.; HASTENRATH, S. Climate prediction for Brazil's Nordeste: Performance of empirical and numerical modeling methods. **J. Climate**, v.17, n.13, p.2627-2672. 2004.
- NEW, M. G.; HULME, M; JONES. P. D. Representing twentieth century space time climate variability. Part II: Development of a 1901-1996 monthly terrestrial climate fields. **J. Climate**, v.13, p.2217-2238. 2000.
- NOBRE, P.; A. D. MOURA.; L. SUN. Dynamical downscaling of seasonal climate prediction over Nordeste Brazil with ECHAM3 and NCEP'S Regional Spectral Model at IRI. **Bull. Amer. Meteor. Socie.**, v.82, p.2787-2796. 2001
- SOUZA FILHO, F. A. & LALL, U. Seasonal to interannual ensemble stream flow forecast for Ceara, Brazil: Applications of multivariate, semi parametric algorithm. **Water Resour. Res.**, 39(11), p.1307, doi:10.1029/2002WR001373. 2003.
- SUN, L.; MONCUNNIL, D. F.; LI, H.; MOURA, A. D.; FILHO, F. D. D. S. Climate downscaling over Nordeste Brazil using NCEP RSM97. **J. Climate**, v.18, p.551-567. 2005.
- WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Amospheric Sciences**. Academic Press. San Diego. 464p. 1995.
- XAVIER, T. de Ma. B. S.; XAVIER, A. F. S. *Quantis para séries pluviométricas do Estado do Ceará e caracterização de períodos secos ou excepcionalmente chuvosos: 1964-1998*). Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Fortaleza. Ceará., p.33. 1998.