

Antonio Divino Moura e Dirceu Luís Herdies

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
C.P. 515; 12221 - São José dos Campos - SP

### Abstract

Seasonal to interannual climate predictions for the tropics are becoming a reality with dynamical methods through Coupled Ocean-Atmosphere General Circulation Models (CGCM). Advances in understanding ENSO dynamics and the fundamental role of the tropical oceans on climate variability in these times scales are key elements in this respect. The oceans have the memory of the climate system on seasonal to interannual scales, since they exhibit a mass 260 times larger than the atmosphere with heat capacity about 1000 times bigger.

This paper describes the experimental CGCM predictions for 1993 and 1994 rainy season over Northeast Brazil with the SIO and COLA models, intercompared and verified against the precipitation observed for the same period.

Results are quite encouraging, indicating the future roles of the CGCM's for the regional forecasts.

## 1. Modelos Acoplados Oceano-Atmosfera

As flutuações sazonais e interanuais do clima tropical são em grande parte forçados por variações na condição de contorno inferior da atmosfera, através das anomalias de temperatura das águas dos oceanos (TSM), umidade do solo, cobertura de neve e gelo e apresenta alto grau de previsibilidade.

Os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície terrestre e determinam em grande parte as propriedades térmicas do clima da Terra. Sendo sua massa total cerca de 260 vezes maior que a da atmosfera e a capacidade térmica cerca de 1000 vezes maior.

A atmosfera atua mecanicamente sobre os oceanos tropicais, redistribuindo as anomalias de TSM, o qual, por sua vez, através dos fluxos de calor (TSM, evaporação, processos convectivos, isto é termodinamicamente) força simultaneamente a circulação atmosférica, mudando os ventos em baixos níveis. Este mecanismo de realimentação pode sob certas condições, produzir uma instabilidade no sistema acoplado oceano-atmosfera, com o fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul) sendo uma manifestação desta instabilidade, onde El Niño representa a parte oceânica e Oscilação Sul a parte atmosférica do fenômeno.

A previsão destas instabilidades envolve os conceitos mais fundamentais da mecânica dos fluidos para ambos os fluidos oceano e atmosfera, e requer técnicas numéricas e computacionais avançadas para os aspectos de modelagem. Fazendo uso de métodos dinâmicos, via Modelos de Circulação Geral Acoplados Oceano-Atmosfera - CGCM (os quais simulam os processos de interação entre o oceano e atmosfera), tem se tornado realidade as previsões climáticas nas escalas sazonal e interanual.

## 2. Previsões Experimentais para 1993 e 1994

A previsão climática nas escalas sazonal e interanual apresenta-se como elemento fundamental para o planejamento de todas as atividades econômicas das sociedades modernas. O problema da previsão envolve alguns dos conceitos científicos mais fundamentais da dinâmica climática.

Além das técnicas estatísticas para a previsão (Hastenrath, 1994; UKMO, 1994; Servain, 1994), principalmente das variáveis precipitação e temperatura, adentramos a era da

previsão climática nestas escalas de tempo via Modelos de Circulação Geral Acoplados Oceano-Atmosfera, ainda em caráter experimental.

Os primeiros resultados de modelos disponíveis foram o da Scripps Institution of Oceanography (SIO), usando o modelo ECHAM3-T42 (com resolução de  $2,8^{\circ} \times 2,8^{\circ}$ ), com experimentos conduzidos por Graham e do Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA), usando o modelo R40 (com resolução de  $2,8^{\circ} \times 1,76^{\circ}$ ), com experimentos conduzidos por Max e Bonatti. No caso do modelo SIO, as TSM's foram persistidas nos oceanos Atlântico e Índico, porém previstas no Pacífico usando o modelo CGCM em desenvolvimento no NMC pelo grupo liderado por Leetmaa.

Os resultados da previsão numérica de anomalias pluviométricas sazonais para 1993, obtidas pelo COLA foram realizados inicialmente para o período de Abril-Maio (AM), usando as TSM's de março e do SIO para o período de Março-Abril-Maio (MAM), utilizando as TSM's de fevereiro. Para o ano de 1994, os resultados do COLA são para o período de Março-Abril-Maio (MAM), utilizando as TSM's de fevereiro e do SIO para Fevereiro-Março-Abril-Maio (FMAM), utilizando as TSM's de janeiro.

### 3. Comparações dos Modelos com as Observações

Os campos previstos pelo modelo do SIO e pelo modelo do COLA são apresentados nas Figuras 1 e 2, para os anos de 1993 e 1994, respectivamente. Os campos observados correspondentes a Figura 1 e 2 são apresentados nas Figuras 3 e 4.

Para os anos de 1993 e 1994 observou-se que tanto o modelo do SIO como o do COLA apresentaram resultados qualitativamente satisfatórios, indicando a situação de seca observada em 1993 e de uma estação chuvosa acima da normal para 1994. Ambos os modelos, previram corretamente o deslocamento da ZCIT para posições mais ao sul (Figura 2), durante 1994, indicando desvios positivos sobre o norte do Nordeste e negativos sobre o Atlântico Tropical Norte. Um padrão inverso foi previsto para 1993 (Figura 1).

A previsão elaborada pelo COLA para o período de AM/93 (Figura 1a), apresentou uma boa relação qualitativa com o campo de precipitação observado (Figura 3a), inclusive com a inversão de anomalias negativas para positivas no sudeste da Região Nordeste. Entretanto, o modelo subestimou as anomalias em praticamente toda a Região. Resultado semelhante foi obtido na previsão do SIO, referente aos meses MAM/93, o que também mostra a inversão das anomalias negativas, e devido a extensão da previsão realizada, para 3 meses, os resultados mostraram-se quantitativamente mais satisfatórios.

Para o ano de 1994, as previsões elaboradas pelo COLA, para os meses de MAM, apresentaram resultados qualitativamente melhores do que os obtidos pelo modelo do SIO, para os meses de FMAM. Entretanto, as previsões obtidas pelo SIO exibem resultados quantitativamente mais próximos do observado.

Muito embora as previsões estatísticas realizadas para o norte do Nordeste, por Hastenrath (Universidade de Wisconsin-Madison) e por Ward (UKMet), previram corretamente condições secas a muito secas para a estação chuvosa de 1993, e condições chuvosas a muito chuvosas para 1994, estas previsões não dão indicação da distribuição espacial ou temporal dos totais de precipitação. Esta é uma das principais vantagens da previsão dinâmica, a qual dá indicação da distribuição espacial, além dos aspectos qualitativos para a região como um todo.

### 5. Conclusões

Neste trabalho foram comparados os resultados experimentais obtidos pelos modelos CGCM, para a estação chuvosa do norte do Nordeste em 1993 e 1994, disponíveis para o projeto piloto do Instituto Internacional para a Pesquisa em Previsão Climática (IRICP), com as precipitações observadas durante o mesmo período.

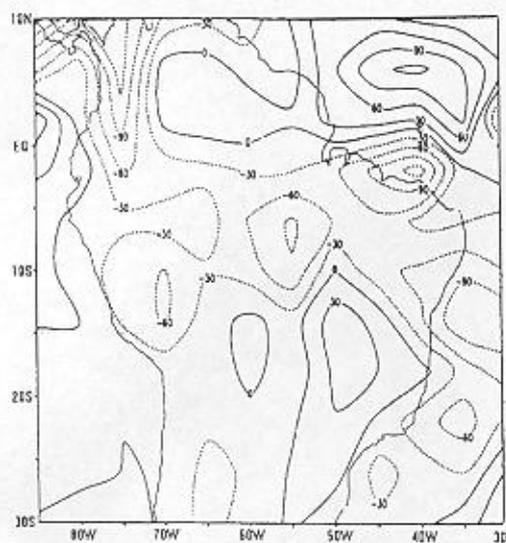
Para ambas as estações chuvosas de 1993 e 1994, tanto o modelo do SIO como o do COLA, apresentaram resultados bastante promissores, captando a situação de seca observada em 1993 e chuvosa em 1994, bem como o deslocamento anômalo da ZCIT, observada através das anomalias de precipitação, para ambas as estações de 1993 e 1994.

No norte do Nordeste do Brasil, onde secas severas são frequentemente associadas com ENOS, previsões estatísticas (Hastenrath, 1994; UKMO, 1994; Servain, 1994) e dinâmicas (Graham, 1994; Cane et al., 1986) têm sido usadas com sucesso e reduzido os impactos negativos. A vantagem no uso da previsão numérica reside no fato que além de estimar os desvios de precipitação, indica a distribuição espacial, o que constitui em uma informação adicional de grande importância, pois pode fornecer informações a respeito do início e fim da estação chuvosa.

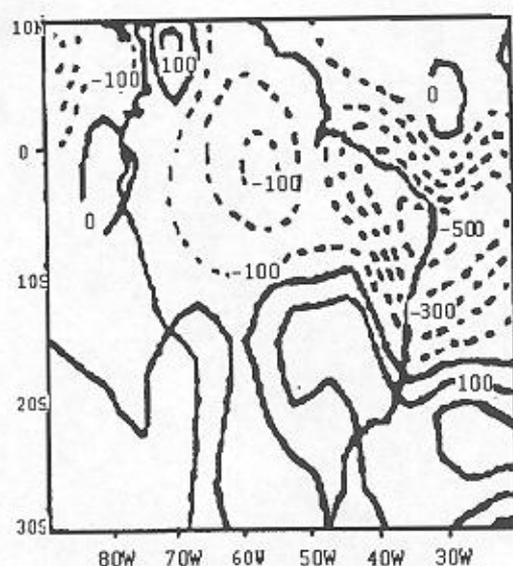
A habilidade de se prever anomalias climáticas representa um dos mais importantes elementos para planejamento das atividades futuras em uma sociedade moderna. As previsões usando modelos de circulação geral acoplados oceano-atmosfera aparecem como um dos mais recentes e promissores métodos de previsão de anomalias climáticas, as quais vem sendo usado com sucesso pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado do Ceará (FUNCEME), conjuntamente com o INPE

## 6. Referências Bibliográficas

- Cane, M. A., S. E. Zebiak and S. C. Dolan, 1986: Experimental Forecast of El Niño. *Nature* 321, 827-832.
- Graham, N. 1993: Experimental predictions of wet season precipitation in Northeastern Brazil. In: *Proceedings of the Climate Diagnostics Workshop*, Boulder, CO.
- Hastenrath, S., 1990: Tropical climate prediction: A progress report, 1985-1990. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 71, 819-825.
- Hastenrath, S., and L. Greischar, 1994: Forecast of March-June 1994 rainfall in Northeast Brazil.
- Ji, M., A. Kumar and A. Leetmaa, 1994: A Multi-season climate forecast system at the National Meteorological Center. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* (in press).
- Moura, A. D. and Task Group, 1992: International Research Institute for Climate Prediction: A Proposal (prepared in response to a request by the intergovernmental TOGA Board), available at NOAA/OGP, 64 pp.
- Moura, A. D. 1994: Prospects for Seasonal to Interannual Climate Prediction and Applications for Sustainable Development. *WMO Bulletin* 43 (3), 207-215.
- Ropelewski, C. F., 1990: Predicting El Niño events. *Nature* 356, 476-477.
- Sarachik, E. S., 1992: Climate Prediction on the Ocean. *Oceanus* 35 (2), 66-73.
- Servain, J., 1994: Northeast Brazil Forecast with Atlantic SST (experimental forecast for the TOGA community).
- UKMO, 1994: Preliminary forecast for Northeast Brazil.

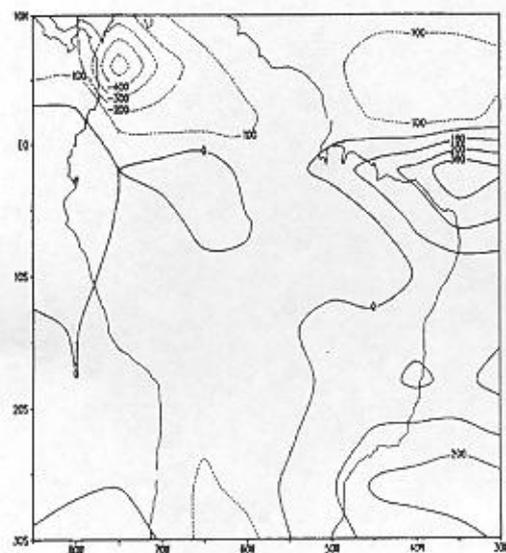


a)

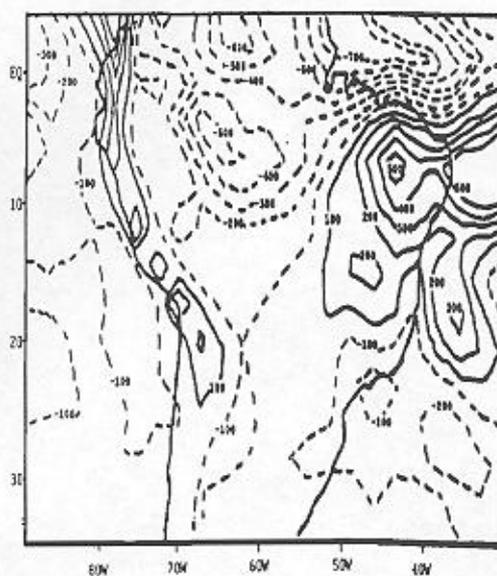


b)

Figura 1 -Anomalias de precipitação (mm) previstas para o Nordeste do Brasil: a) pelo modelo do COLA, para o período de abril-maio de 1993; b) pelo modelo do SIO, para o período de março-abril-maio de 1993.



a)



b)

Figura 2 -Anomalias de precipitação (mm) previstas para o Nordeste do Brasil: a) pelo modelo do COLA, para o período de março-abril-maio de 1994; b) pelo modelo do SIO, para o período de fevereiro-março-abril-maio de 1994.