

# **AValiação DA INFLUÊNCIA DOS OCEANOS NA PRECIPITAÇÃO DO BRASIL NO VERÃO DE 2001/2002 ATRAVÉS DO MCG CPTEC-COLA**

Rosane Rodrigues Chaves

Paulo Nobre

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos -  
INPE/CPTEC - Rod. Pres. Dutra, Km 40, C. Paulista

## **ABSTRACT**

The role of SST anomalous over South Atlantic, Indian Ocean and South Pacific in forcing Brazil convection anomalies during summer 2001/2002 has been investigated by means of experiments with the CGM CPTEC/COLA. It is shown that the precipitation anomalies that led the to end of restriction consumption of energy electric, can be related to the ocean SST anomalies. The results show that the position and intensity of SACZ in this period were influenced significantly by SST anomalies of South Atlantic through of change flow patterns in low level and specific humidity field. The others oceans areas also influenced the convection over the Brazil by transient Rossby wave train.

## **1.INTRODUÇÃO**

O Brasil no ano de 2001 enfrentou um grave crise energética, com racionamento obrigatório de eletricidade em todos os setores da economia, como também para toda a população, devido a baixa precipitação observadas em anos anteriores e níveis extremamente baixos dos reservatórios. Este racionamento trouxe graves conseqüências para o país, com retração da economia e conseqüentemente aumento da taxa de desemprego. As regiões mais atingidas foram o Sudeste e o Nordeste. As precipitações que ocorreram no verão de 2001/2002 foram suficientes para encher os reservatórios, terminando assim o racionamento de energia. Estas chuvas foram registradas sobre a maior parte do Nordeste durante janeiro, com desvio acima de 100 mm na maior parte da região (Climanálise 01/2002) e no Sudeste em fevereiro.

No verão de 2001/2002 observou-se anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) próximo à normal sobre a maior parte do Pacífico equatorial e anomalias positivas na sua região central. Assim como a componente oceânica, a atmosfera não apresenta características de evento ENSO, com o escoamento de leste em baixos níveis próximo do normal sobre o Pacífico Equatorial. No entanto, durante este período observou-se anomalias positivas de TSM no Pacífico Sul, Atlântico Sul e Oceano Índico, com valores acima de 1K, com aumento do aquecimento entre dezembro e janeiro e resfriamento entre janeiro e fevereiro.

Baseado na hipótese, que as anomalias de precipitação sobre o Brasil no verão de 2001/2002 em parte estão associadas às variações de TSM dos oceanos, este artigo tem como objetivo investigar a resposta da convecção e da circulação atmosférica sobre o Brasil às variações de TSM do Atlântico Sul, Pacífico Sul e Oceano Índico durante este período. Esta avaliação será feita através de simulações numéricas com o Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) do CPTEC-COLA e análise dos dados da reanálise do NCEP/NCAR e ROL do CDC/NOAA.

## **2.MATERIAL E MÉTODO**

Neste trabalho são utilizados dados do período de dezembro/2001 a fevereiro/2002 da reanálise do National Centers for Environmental Prediction e National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) (Kalnay et al. 1996), dados de TSM do NCEP (Reynolds and Smith 1994), dados de Radiação de Onda Longa (ROL) do NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado, USA (Liebmann and Smith 1996).

O modelo de circulação global atmosférico utilizado neste trabalho é o do CPTEC-COLA, usado tanto para previsão de tempo operacional, quanto para previsão de clima. Este modelo é um modelo spectral global, em coordenadas sigma, com truncamento no número de onda 62, com 28 níveis na vertical. O modelo do CPTEC/COLA utiliza parametrizações dos processos físicos de convecção profunda, rasa e de grande escala, bem como de processos de superfície, de fluxo turbulento e da radiação. Detalhes sobre o modelo podem se obtidos em COLA 55 (1995) e Bonatti (1996).

A Tabela 1 mostra as características dos experimentos realizados neste trabalho. Estes inclui um experimento de controle, utilizando-se TSM observada a partir de dezembro de 2001 e outros três experimentos impondo-se a climatologia de TSM sobre o Atlântico Sul, Pacífico Sul e Oceano Índico e TSM observada sobre as demais áreas oceânicas. Substituir a TSM observada pela climatológica, resulta em um efeito de resfriamento, devido ao estado de aquecimento anômalo na qual as áreas acima se encontravam durante o período do experimento. Os nomes dos experimentos e respectivas áreas de TSM climatológicas são (Fig 1): ATScim: 60S ao Equador e 60W a 0; PSULclim: de 60S a 15S e 150E a 80W; INDclim: de 60S ao Equador e 70E a 110E.

Em todos os experimentos o MCGA foi integrado por 90 dias, com 5 condições iniciais distintas. A análise operacional das 1200 UTC do NCEP dos dias 29/11, 01, 03, 04 e 06 de dezembro de 2001 foram utilizadas como condição inicial e como condição de contorno foi utilizado o campo de TSM mensal também do NCEP, devidamente ajustado para cada situação. Para todos os experimentos somente os últimos 59 dias da média do conjunto são analisados.

TABELA 1 – TSM utilizadas nos experimentos.

	1	2	3	4
ATS	obser	clim	obser	obser
PSUL	obser	obser	clim	obser
INDICO	obser	obser	obser	clim
outras áreas	obser	obser	obser	obser

Nome dos experimentos: controle (1), ATScim (2), PSULclim (3), INDclim (4).

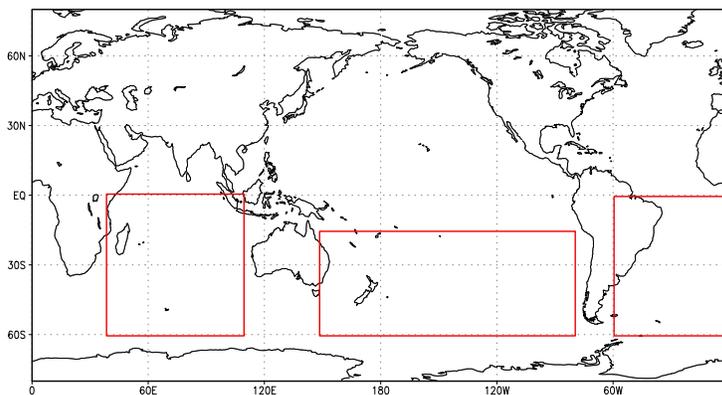


Fig. 1 – Áreas consideradas nos experimentos.

### 3.RESULTADOS

Comparando a média de ROL observada de 01 janeiro a 28 de fevereiro de 2002 (Fig. 2a) com a média de ROL da simulação controle para o mesmo período (Fig. 2b), verifica-se que o modelo conseguiu reproduzir os padrões de grande escala. Sobre o Brasil o modelo conseguiu reproduzir a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a sua localização, bem como o máximo de convecção sobre a região central da Amazônia, porém com menor intensidade em relação aos dados observados.

As Figuras 2.c-e mostram que ao resfriar as áreas oceânicas citadas acima, o padrão da convecção sobre a América do Sul (AS) não se altera profundamente. O máximo de convecção sobre a região central da Amazônia, observado na simulação controle e nos dados observacionais (Fig.2a-b), é reproduzido em todos os experimentos, bem como a estrutura da ZCAS. Para o experimento ATScim verifica-se diminuição da intensidade da convecção, principalmente sobre o Nordeste, já nos experimentos PSULclim e INDclim percebe-se aumento da convecção sobre a região Sudeste. Uma característica em comum aos três experimentos é o deslocamento da ZCAS para latitudes mais ao sul em relação ao

controle. Sobre a região Amazônica o máximo de convecção praticamente não se altera nos três experimentos, indicando que as áreas oceânicas consideradas não exerceram influência significativa sobre a convecção da região Amazônica no verão de 2001/2002.

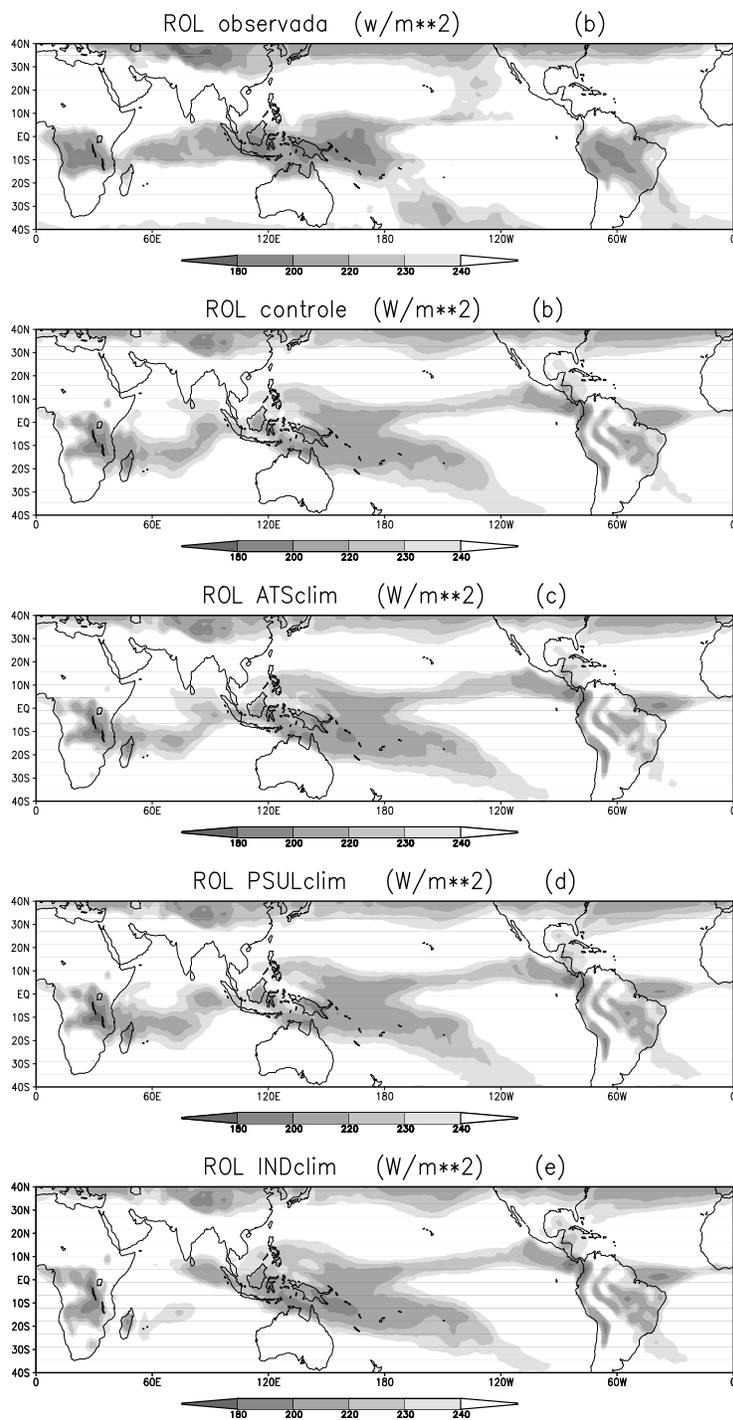


Fig. 2 – Média de ROL de 01 e 02/2002 observada (a), da simulação controle (b), do experimento ATScim (c), PSULclim (d) e INDclim (e) ( $W/m^{**2}$ ).

A Figura 3 mostra a diferença da precipitação entre a simulação controle e os demais experimento sobre a AS. Aparentemente o aquecimento do Atlântico Sul teve maior contribuição nas precipitações observadas durante o verão de 2001/2002 que as duas outras áreas oceânicas aqui consideradas. No experimento ATScim a convecção esteve abaixo da média sobre o Nordeste, leste da Amazônia e norte do Sudeste e acima da média sobre parte do sudeste do Brasil e sobre a ZCIT em relação ao controle. Os outros experimentos mostram influência da TSM do Índico e em menor intensidade também da TSM do Pacífico Sul sobre a região da ZCAS, observando-se anomalias negativas de precipitação com orientação NW/SE sobre o sul Nordeste e norte do Sudeste e anomalias positivas ao norte e ao sul destas regiões. Considerando somente o mês de janeiro, a influência da TSM do Pacífico Sul sobre convecção da AS mostra-se mais acentuada (não mostrado) .

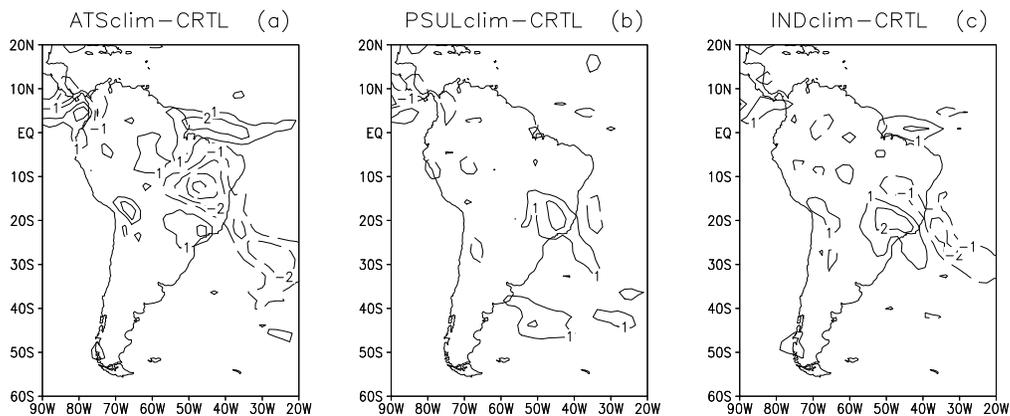


Fig. 3 – Diferença da precipitação entre a simulação controle e os experimentos ATScim (a), PSULclim (b) e INDclim (c) (mm/dia).

A menor atividade convectiva sobre a AS observada no experimento ATScim, pode ser em parte atribuída às características do campo de vento em baixos níveis e ao campo de umidade (Fig 4). Comparando este experimento (Fig. 4b) com o a simulação controle (Fig. 4a) observar-se sobre o continente maior intensidade do jato de baixos níveis a leste dos Andes, com escoamento predominantemente de norte para sul, e sobre o oceano intensificação e deslocamento para oeste da Alta do Atlântico Sul e conseqüentemente maior intensidade dos alísios de sudeste. Associada a estas características do escoamento, nota-se maior divergência de umidade sobre toda a parte leste do Nordeste e norte do Sudeste e intensificação da convergência de umidade sobre a parte sul da região Sudeste.

Quando se compara a média dos dados de vento e divergência de umidade específica do período de 01 e 02/2002 (Fig. 4c) com a média da climatologia de janeiro e fevereiro dos dados da reanálise do NCEP/NCAR (Fig. 4d), nota-se que a Alta do Atlântico Sul esteve

mais fraca e deslocada para leste e a convergência de umidade no centro do Brasil esteve mais intensa em relação a climatologia. Sendo que a localização da ZCAS sobre o sul do Nordeste e norte do Sudeste, está associado com estas características do escoamento em baixos níveis, como foram mostradas por Chaves e Cavalcanti (2001).

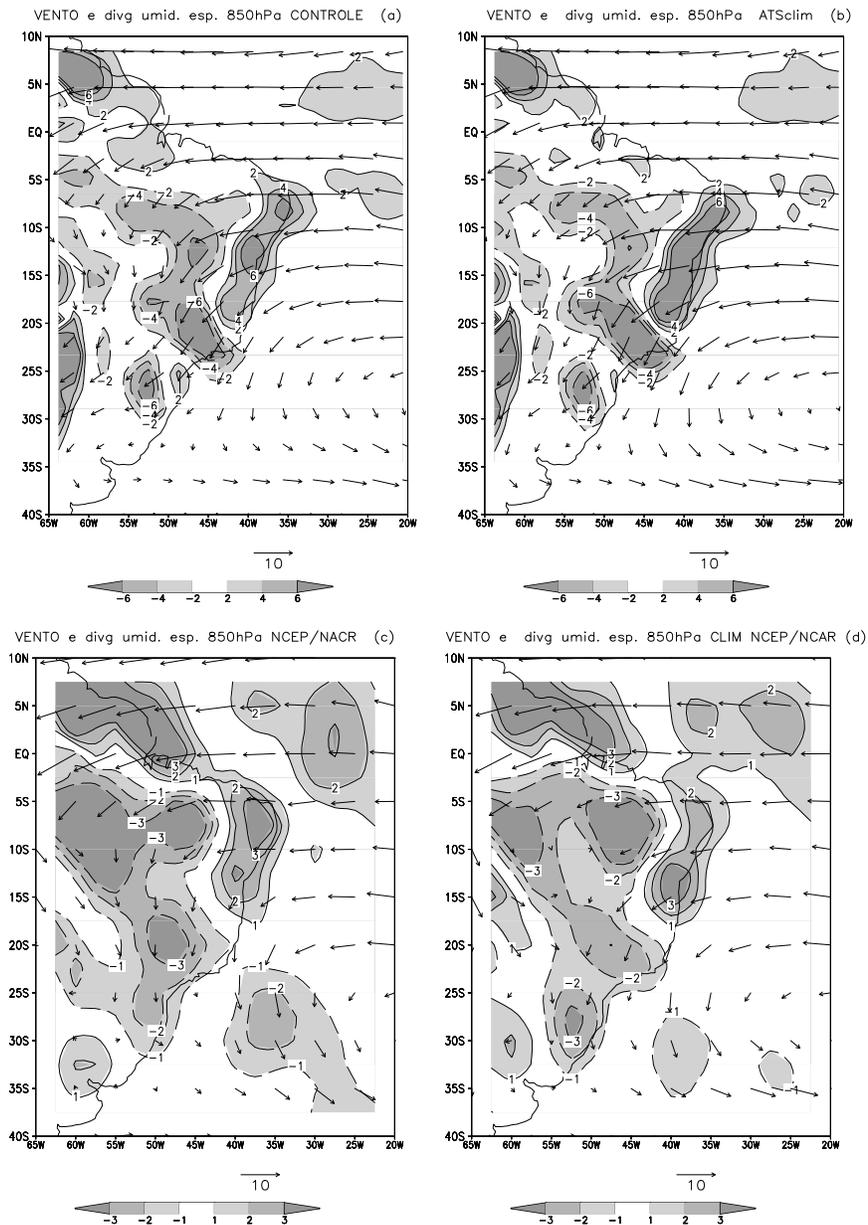


Fig. 4 – Média do vento (m/s) e divergência de umidade específica (g/Kg/dia) (isolinhas e sombreado) em 850 hPa para a simulação controle (a), experimento ATSclim (b), dados da reanálise do NCEP/NCAR de 01 e 02/2002 (c) e climatologia dos dados da reanálise do NCEP/NCAR de janeiro e fevereiro (d).

O campo da média das anomalias de geopotencial em 200 hPa para os meses de 01 e 02/2002 (Fig. 5a) mostra configuração associada ao padrão Pacific South America (PSA), Lau et al.(1994) e Mo e Higgins (1998). Este padrão de onda parece se deslocar da Austrália em direção as latitudes polares e então assume direção NE, deslocando-se em direção à AS, apresentando estrutura barotrópica equivalente, sendo esta uma características das ondas de Rossby barotrópicas. Grimm e Silva Dias (1995) mostraram, usando um modelo barotrópico, que a região da ZCPS exerce influência sobre a região da ZCAS, através da propagação de onda de Rossby. Liebmann et al. (1999) mostraram que a variabilidade da ZCAS em escala submensal está associada a propagação extratropical das ondas de Rossby. A diferença entre a altura geopotencial em 200 hPa (m) entre a simulação controle e os experimento PSULclim (Fig 6.b) também mostra um trem de onda se deslocando da Austrália em direção as latitudes polares e posteriormente em direção a AS, porém com um número de onda menor. Esta diferença para o experimento INDclim mostra um padrão de trem de onda que se desloca do Oceano Índico em direção as latitudes polares, assumindo então orientação de NE em direção a AS, onde se nota anomalias positivas de altura geopotencial sobre o sul do Nordeste e norte do Sudeste.

#### **4. CONCLUSÕES**

Neste trabalho, a resposta da atmosfera sobre a AS, em particular sobre o Brasil, no verão de 2001/2002, às anomalias de TSM dos Oceanos Atlântico Sul, Pacífico Sul e Índico foi examinada com o objetivo de aumentar o entendimento das interações entre o oceano e a atmosfera em escala intrasazonal, bem como avaliar a importância de regiões oceânicas remotas na circulação do continente. Isto foi feito através de simulações numérica com o MCGA do CPTEC-COLA, utilizando-se TSM prescritas, e análise de dados observados de ROL e da reanálise do NCEP/NCAR.

Os resultados sugerem que as anomalias de TSM destas áreas oceânicas podem modificar significativamente a circulação de verão em escala intrasazonal sobre a AS, particularmente sobre o Brasil. O aquecimento do Oceano Atlântico Sul teve uma contribuição significativa nas precipitações observadas sobre o Brasil no verão de 2001/2002. Esta contribuição se deu através da alteração do campo de vento e de umidade. O enfraquecimento dos alísios de sudeste e do jato de baixos níveis e maior convergência de umidade sobre o Brasil central, parece ter criando condições propícias para o aumento da convecção sobre o Nordeste e norte do Sudeste durante o período considerado.

A análise observacional e os experimentos também mostram que a região da ZCPS e o Oceano Índico também contribuíram com a ativação da ZCAS durante este período. Nos dados da reanálise encontrou-se configuração associada às ondas de Rossby barotrópica, que emergem da região da ZCPS, deslocando-se em direção às latitudes polares e então

assumindo deslocamento de NE sobre a AS. O aquecimento do Oceano Índico parece contribuir também na estrutura deste trem de onda. Assim como nos resultados obtidos aqui, Liebmann et al. (1999) encontram que episódios de intensificação da ZCAS estão associados com um cavado a sudoeste que é produzido por um trem de onda de Rossby transiente vindo das latitudes extratropicais. Estrutura similar também foi obtida por Robertson e Mechoso (2000) em um estudo da variabilidade interanual e interdecadal da ZCAS.

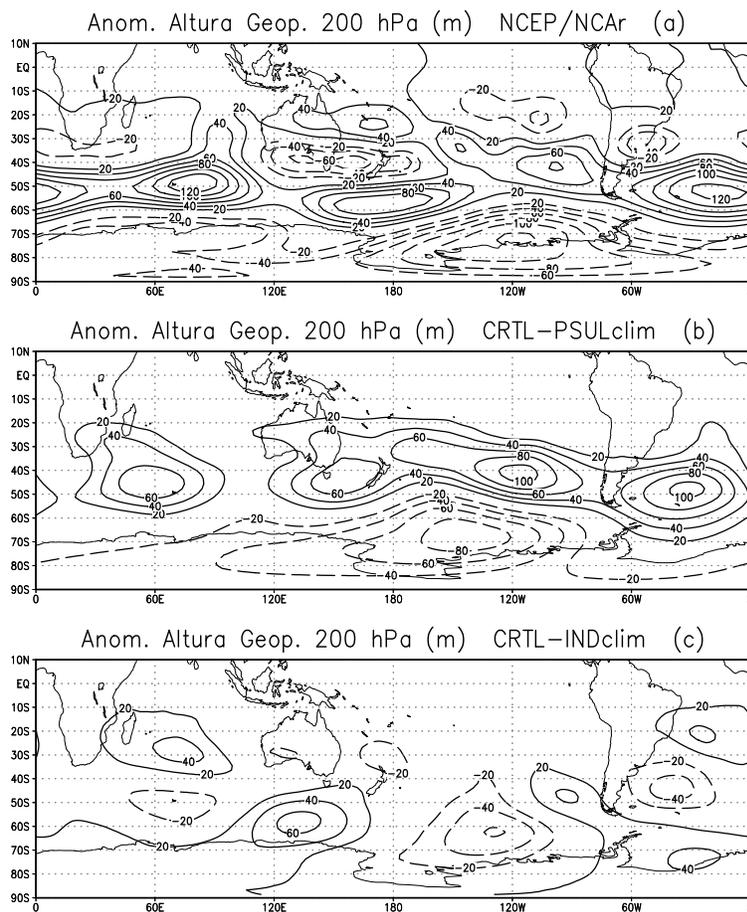


Fig. 5 – Média da anomalia de altura geopotencial em 200 hPa (m) dos dados da reanálise para 01 e 02/2002 (a). Diferença entre a altura geopotencial em 200 hPa (m) entre a simulação controle e os experimento PSULclim (b) e INDclim (c).

## 5.REFERÊNCIAS

- Bonatti, J., 1996: Climálise - Edição Especial comemorativa de 10 anos .
- COLA, 1991: Documentation of the COLA Atmospheric General Circulation Model. Center for Ocean, Land and Atmospheric Studies, Calverton, MA, COLA Staff, Draft.
- Cavalcanti, I. F. A. et al., 2001: Climate characteristics in an ensemble simulation using the CPTEC/COLA atmospheric GCM.
- Chaves, R. C., I. F. A., Cavalcanti, 2001: Atmospheric circulation features associated with rainfall variability over southern Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 129, p. 2614-2626.
- Climálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática - INPE/MCT, 01.2002.
- Grimm, A. M., P. L. Silva Dias, 1995: Analysis of tropical-extratropical interactions with influence functions of a barotropic model. *Journal Atmospheric Sciences*, 52, 2713-2733.
- Kalnay, E.; Kanamitsu, M.; Kistler, R.; Collins, W.; Deaven, D.; Gandin, L.; Iredell, M.; Saha, S.; White, G.; Woolen, J.; Zhu, Y.; Chellian, M.; Ebisuzaki, W.; Higgins, W.; Janowiak, J.; Mo, K. C.; Ropelewski, C.; Wang, J.; Leetmaa, A. Reynolds, R.; Jenne, R.; Joseph, D, 1996: The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-470.
- Lau, M. K.; Sheu, P. J.; Kang, I. S, 1994: Multiscale low frequency circulation modes in the global atmosphere. *Journal of the Atmosphere Sciences*, 51, 1169-1205.
- Liebmann, B., C. A. Smith, 1996: Description of a complete (interpoled) outgoing longwave radiation dataset. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 1275-1277.
- Liebmann, B.; Kiladis, G. N.; Marengo, J. A.; Ambrizzi, T.; Glick, J. D. Submonthly convective variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate*, v. 12, p. 1877-1891, 1999.
- Mo, K. C.; Higgins, W, 1998. The Pacific South American modes and tropical convection during the Southern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 126, 1581-1596.
- Reynolds, R. W., T. M. Smith, 1994: Improved global sea surface temperature analyses using optimum interpolation. *J. Climate*, 7, 929-948.
- Robertson, A. W., C. R. Mechoso, 2002: Interannual and Interdecadal variability of the South Atlantic Convergence Zone. *Monthly Weather Review*, 128, 2947-2957.