

Avaliação do Modelo Global do CPTEC Sobre A Região Extratropical da América do Sul Através de Campos Diagnósticos para um Episódio de Friagem no Brasil

Mário Francisco Leal Quadro
Daniel Pires Bitencourt
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Cachoeira Paulista - SP - Brasil
email: mario@cptec.inpe.br e daniel@cptec.inpe.br

Abstract

The meteorological operations group of the center for Weather Forecasts and Climate Studies (CPTEC) performs synoptic and statistical evaluation of the CPTEC NWP model routinely. In this study the model performance during a "friagem" episode is presented through derived variables such as divergence, vorticity, thermal advection and humidity convergence. The model's performance during the strong cold air outbreak in this year's autumn season was satisfactory through 96 hours of forecast for many variables.

1 Introdução

O CPTEC vem executando diariamente rodadas do modelo global de circulação atmosférica (MGCA), gerando previsões de tempo com até seis dias de antecedência. No entanto, com apenas um ano de operação, é necessário avaliar a "performance" das previsões do MGCA visando produzir futuros aperfeiçoamentos através de novas parametrizações realizadas pelos modelistas. Técnicas estatísticas, correlações entre as anomalias da previsão e análise e o erro quadrático médio da previsão, são utilizadas diariamente para avaliação do desempenho do modelo. Além disso, avaliações subjetivas, com ênfase sinótico, são feitas pelos meteorologistas operadores.

O inverno de 1996 foi caracterizado pela entrada de anticiclones subtropicais, os quais foram responsáveis pelas anomalias frias de temperatura principalmente sobre o litoral da Região Sul do Brasil. A maioria destas massas de ar frio não atingiram os estados das Regiões Sudeste e Centro-Oeste, dirigindo-se para o Oceano Atlântico ao atingirem o sul do Brasil.

A primeira massa intensa de ar frio que atingiu o sul do país foi verificada durante o outono, no período de 16 a 20 de abril. Esse trabalho tem por finalidade verificar o desempenho do MGCA do CPTEC nesse período, que é caracterizado pela transição entre os regimes de verão e inverno. Para tal, comparou-se as anomalias da previsão de 24 a 144 horas do dia 15 de abril, com as anomalias das respectivas análises.

Até 72 horas o modelo detectou relativamente bem a presença deste sistema, em termos de posicionamento e intensidade. A partir de 96 horas verificou-se um decréscimo na correlação entre a previsão e as análises, com os valores ficando ainda acima de 0.6. Somente a previsão de 144 horas o modelo não detectou a dissipação do sistema sobre o continente, ficando os valores de coeficiente de correlação inferiores a 0.4 em média.

2 Metodologia

Os dados utilizados neste trabalho foram a previsão de 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas gerada no dia 15/04/96, as análises dos dias 16/04 a 21/04 de 1996, climatologias do Centro Americano de Meteorologia (NCEP) baseadas em 30 anos de dados e imagens do satélite meteorológico METEOSAT-5 (IR-12TMG) no mesmo período. Os dados numéricos são analisados na faixa de 90°W/20°W e 55°S/15°S, área que compreende a região sul da América do Sul e o Oceano Atlântico adjacente.

Através do software GrADS (Grid Analysis and Display System), calculam-se os testes de avaliação do desempenho do MGCA do CPTEC/COLA (coeficiente de correlação "cor" e erro quadrático médio "rms"), nos níveis de 850, 500 e 200 hPa, para as seguintes variáveis meteorológicas: altura geopotencial (850 e 500 hPa); vento zonal e meridional (850, 500 e 200 hPa); temperatura virtual (850 hPa); umidade específica (850 hPa); divergência de massa (850 hPa); advecção de temperatura virtual (850 hPa); convergência do fluxo de umidade (850 hPa); espessura da camada de 1000/500 hPa; vortifidade relativa (500 e 200 hPa) e advecção de vortifidade relativa (500 e 200 hPa).

As anomalias das análises e previsão das variáveis descritas acima são determinadas através da subtração entre a variável obtida do modelo e a climatologia diária calculada através de uma interpolação linear entre as climatologias mensais de dois meses subsequentes. Nesse caso foram obtidas as climatologias diárias no período de 15/04 a 21/04, a partir das climatologias mensais dos meses de abril e maio.

As expressões discretizadas para o cálculo de **cor** e **rms** no GrADS são mostradas a seguir nas equações 2.1 e 2.2, respectivamente (Bitencourt, 1996). São considerados pesos diferentes (P_i) para em cada quadrículo do domínio da grade, pois os quadrículos diminuem seu tamanho a medida que nos aproximamos do pólo sul.

$$\text{cor} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i \cdot Y_i) \cdot P_i}{\left[\left(\sum_{i=1}^N X_i^2 \cdot P_i \right) \left(\sum_{i=1}^N Y_i^2 \cdot P_i \right) \right]^{1/2}} \quad (2.1)$$

$$\text{rms} = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2 \cdot P_i \right]^{1/2} \quad (2.2)$$

onde N = o número de pontos que contém a grade (lat/lon);
 X_i = anomalia da previsão do modelo representada pelo i -ésimo ponto;
 Y_i = anomalia da análise do modelo representada pelo i -ésimo ponto;
 P_i = peso proporcional à área representada pelo i -ésimo ponto.

Os casos destacados em cinza na tabela 1 são os valores de **cor** que ficaram abaixo de 0.6. Esse valor foi considerado como mínimo necessário para validar uma previsão. Os casos destacados em cinza na tabela 2 são os valores de **rms** suficientemente altos, os quais sugerem que a previsão não seja confiável. Foi considerada uma previsão validada aquela em que os desvios padrões da análise e da previsão estiveram próximos e o **rms** menor que o desvio padrão da previsão.

3 Resultados

No dia 15/04 do corrente ano uma frente fria atingiu o Rio Grande do Sul, provocando chuvas generalizadas na Região Sul no dia seguinte. Entre os dias 17 e 20 um anticiclone subtropical atuou na Região, causando uma diminuição brusca da temperatura. Como essa foi a primeira massa intensa de ar frio que atingiu o Brasil nesse ano, torna-se importante verificar se o modelo detectou esta variação significativa nas condições do tempo.

A figura 1 mostra uma série temporal de três variáveis do modelo, em níveis distintos da atmosfera, realizada a partir do cálculo da média espacial dos pontos de grade contidos na região 65°W/45°W-40°S/20°S. Em cada figura, a linha cheia mostra a anomalia da análise, enquanto que a linha tracejada indica a anomalia da previsão, para o período de estudo. Pode ser claramente observado que a previsão realizada no dia 15 de abril detectou a queda brusca de temperatura (Fig. 1a) em baixos níveis, associada à passagem de uma onda na média troposfera (Fig. 1b). Somente em 200 hPa o modelo não previu bem a intensidade do jato (Fig. 1c), apesar de acertar as tendências de queda e elevação do vento zonal.

Baseado na técnica de avaliação dos resultados estatísticos, as áreas hachuradas nas tabelas 1 e 2 indicam os horários e as respectivas variáveis que não apresentaram uma boa previsão. A maioria das variáveis correlacionadas não satisfizeram o teste estatístico nas previsões de 120 e 144 horas (dias 20 e 21 de abril). Os **cor** calculados para os campos de Divergência de massa e Convergência de Fluxo de Umidade em 850 hPa, e Advecção de Vorticidade Relativa em 500 e 200 hPa ficaram inferiores a 0,6 a partir de 48 horas de previsão, ou seja, neste caso estas variáveis servem como predictoras apenas para o primeiro dia de previsão (24 horas). O restante das variáveis apresentaram bons **cor** até 96 horas, excetuando o campo de Vorticidade Relativa e Advecção de Temperatura Virtual, onde o **cor** ficou abaixo de 0,6 em 96 horas.

O cálculo de **rms** (Tabela 2) ratifica o resultado obtido no cálculo de **cor**. As previsões de 120 e 144 horas, a partir do dia 15/04, mostraram-se inconsistentes com as análises dos respectivos dias. Além disso, os campos de Convergência de Fluxo de Umidade em 850 hPa e Advecção de Vorticidade Relativa em 500 e 200 hPa desqualificaram a previsão da massa de ar frio a partir de 48 horas de previsão.

4 Considerações Finais

Durante o período em que a massa de ar frio causou uma queda anômala da temperatura sobre os Estados do sul do país, o modelo do CPTEC/COLA detectou com até 4 dias de antecedência a posição e a intensidade deste sistema. Para um período de transição (outono), e principalmente pelo fato desta ser a primeira massa fria intensa do ano, o modelo comportou-se muito bem na previsão do sistema. Neste caso o limite de previsão foi fixado em 96 horas, a partir do qual os valores de **cor** e **rms** não validaram a previsão do modelo.

Algumas variáveis derivadas (Advecção de Vorticidade Relativa, Convergência de fluxo de Umidade e Divergência de Massa) não serviram como campos predictoros do anticiclone frio que atingiu o Brasil. Pode-se creditado o fato desses campos serem obtidos através de cálculos feitos com as variáveis do modelo. No entanto, como esses

campos realmente descrevem a física e a dinâmica dos sistemas meteorológicos, fica uma dúvida em relação a previsibilidade dos fenômenos atmosféricos semelhantes a este utilizando estas variáveis como previsoras.

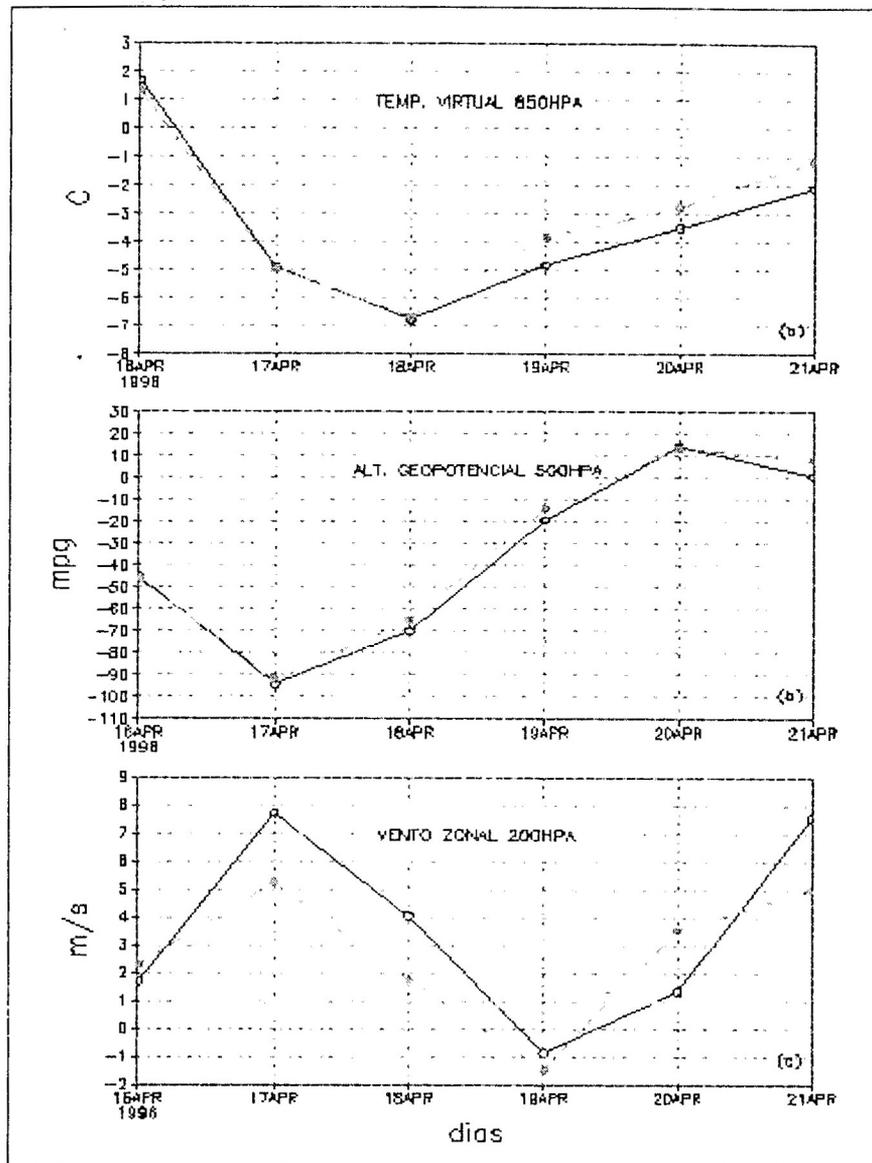


Figura 1 - Série temporal das anomalias de análises (linha cheia) e previsões (tracejado) das seguintes variáveis do modelo: Temperatura Virtual em 850 hPa (a); Altura Geopotencial em 500 hPa (b) e Vento Zonal em 200 hPa (c).

Ressalta-se que este é apenas um caso isolado, e por isso não podemos determinar quais são os melhores campos previsores do modelo do CPTEC/COLA. Sugere-se aqui que, para casos sinóticos de queda brusca de temperatura sobre o sul do Brasil, em função da atuação de um anticiclone extratropical, o modelo global de circulação atmosférica do CPTEC/COLA poderá obter bons resultados com até 96 horas de antecedência ao evento frio.

Tabela 1 - Correlação entre anomalias de análises e previsões para as variáveis do Modelo global do CPTEC sobre a região sul da América do Sul nos níveis de 850, 500 e 200 hPa.

Variáveis do Modelo	PREVISÕES x ANÁLISES					
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas	144 horas
850 hPa						
Alt. Geopot	0.970	0.918	0.935	0.769	0.640	0.430
Vento Zonal	0.927	0.856	0.790	0.671	0.654	0.373
Vento Merid.	0.920	0.843	0.880	0.727	0.341	0.312
Temp. Virtual	0.946	0.912	0.919	0.757	0.583	0.241
Umid. Espec.	0.853	0.771	0.807	0.825	0.798	0.629
Divergência	0.661	0.593	0.602	0.575	0.460	0.506
Advecção Tv	0.910	0.811	0.831	0.540	0.134	0.058
Conv. Flux. q	0.689	0.386	0.480	0.528	0.363	0.213
500 hPa						
Alt. Geopot	0.973	0.947	0.966	0.787	0.345	0.272
Vento Zonal	0.955	0.911	0.912	0.706	0.307	0.020
Vento Merid.	0.946	0.927	0.828	0.742	0.464	0.270
Espessura 1000/500	0.973	0.958	0.968	0.780	0.429	0.255
Vortic. Relativa	0.849	0.761	0.785	0.433	0.217	-0.096
Advecção Vortic.	0.590	0.445	0.605	0.133	0.111	-0.003
200 hPa						
Vento Zonal	0.929	0.866	0.902	0.741	0.374	0.553
Vento Merid.	0.934	0.941	0.946	0.806	0.445	0.502
Vortic. Relativa	0.850	0.768	0.790	0.462	0.259	-0.106
Advecção Vortic.	0.593	0.582	0.645	0.469	0.284	0.188

Tabela 2 - Erro Quadrático Médio entre anomalias de análises e previsões para as variáveis do Modelo global do CPTEC sobre a região sul da América do Sul no nível de 850, 500 e 200 hPa.

Variáveis do Modelo	PREVISÕES x ANÁLISES					
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas	144 horas
850 hPa						
Alt. Geopot (m/gp)	12.0	25.5	26.7	-24.8	26.8	31.2
Vento Zonal (m/s)	1.9	3.8	3.6	4.0	4.1	5.2
Vento Merid. (m/s)	2.2	4.0	3.8	4.2	5.3	5.6
Temp. Virtual (°C)	1.3	1.9	1.7	2.4	2.4	3.2
U.E. ($\times 10^{-3}$ Kg/Kg)	1.1	1.7	1.5	1.5	1.4	1.6
Diverg. ($\times 10^{-6}$ 1/s)	6.1	7.4	7.5	6.7	7.0	7.0
Adv. Tv ($\times 10^{-5}$ K/s)	9.6	18.8	17.3	21.5	24.9	26.8
Conv.Um. ($\times 10^{-8}$ 1/s)	4.9	9.3	6.9	6.3	6.2	6.0
500 hPa						
Alt. Geopot (m/gp)	15.3	28.6	30.1	45.6	51.1	43.2
Vento Zonal (m/s)	2.6	3.8	4.3	5.7	7.7	7.8
Vento Merid. (m/s)	2.9	3.9	4.8	7.2	7.6	7.0
Espes. 1000/500 (m/gp)	15.7	20.0	23.4	39.5	38.8	33.6
Vort. Rel. ($\times 10^{-5}$ 1/s)	1.5	1.9	2.1	2.8	3.4	3.3
Adv Vrt. ($\times 10^{-10}$ 1/s ²)	8.2	10.2	11.4	15.3	15.2	13.3
200 hPa						
Vento Zonal (m/s)	4.7	6.6	5.8	7.5	9.7	8.6
Vento Merid. (m/s)	5.4	5.7	6.8	9.2	11.1	9.2
Vort. Rel. ($\times 10^{-5}$ 1/s)	1.5	1.9	2.1	2.9	3.4	3.3
Adv Vrt. ($\times 10^{-10}$ 1/s ²)	13.7	14.2	12.7	14.4	15.5	12.4

Referências Bibliográficas

Bitencourt, D. et al.; 1996. Diferenças na performance das previsões de variáveis simples e derivadas obtidas pelo Modelo Global do CPTEC/COLA para um caso de ciclogênese ocorrida a leste da Região Sul do Brasil. Aceito para publicação no IX CBMET.

A Influência dos Oceanos Atlântico e Pacífico Sobre A Circulação Atmosférica e A Chuva na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil: Simulação e Observação

José Oribe Rocha de Aragão (1) (2)

Pascal Roucou (3)

Ali Harzallah (1)

Bernard Fontaine (3)

Serge Janicot (1)

(1) Laboratoire de Météorologie Dynamique-CNRS-École Normale Supérieure, 24, rue Lhomond - 75231 - Paris - França - Fone: 44 32 22 21 - Fax: 43 36 83 92.

(2) Universidade Federal da Paraíba-CCT-DCA - Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó - 58.109-970 - Campina Grande - PB - Brasil - Fone: (083) 310 1201 - Fax: (083) 310 1011.

(3) Centre de Recherches de Climatologie-Faculté des Sciences Gabriel-Université de Bourgogne, BP 138, 6 Bd. Gabriel, 21004 - França - Fone: 80 39 57 43 - Fax: 80 39 57 41.

Abstract

Rainfall interannual fluctuations in the northern north-east Brazil are studied using observations and model simulations. The simulated precipitation is the average of seven independent realizations performed using a LMD AGCM forced by the 1970-1988 observed SST. The rainfall anomalies are mainly caused by the SST variations in the tropical Atlantic and equatorial Pacific. The atmospheric response is shown as changes in the meridional and zonal circulations with anomalous subsidence in the drought years and accelerated vertical motion during the years with excess in rainfall.

1 Introdução

A variabilidade interanual da precipitação no Nordeste do Brasil é bem conhecida na literatura científica. As flutuações da precipitação são maiores na parte norte da região que inclui o litoral norte e parte da área semi-árida central (36°-43° W, 2°-12° S), onde a precipitação anual varia de 800 a 300 mm e as flutuações interanuais podem variar em até mais de 50% desses totais. O período chuvoso nessa região, aqui chamada de Nordeste, vai de fevereiro a maio. Durante os meses de março e abril, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atinge a sua posição mais a sul e aumenta a instabilidade atmosférica. Migrações latitudinais anômalas da ZCIT são associadas com excesso ou diminuição da precipitação (Caviedes, 1972; Markhan e McLain, 1977).

A relação entre as secas do Nordeste e o fenômeno de El Niño foi sugerida por Bjerknes (1969) e estudada por Hastenrath e Heller (1977). Outros estudos mostraram as relações negativas entre a temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico tropical e a precipitação no Nordeste (Aceituno, 1988; Ward et alii., 1988). Modelos de circulação geral da atmosfera (MCGA) mostram a existência de relações entre a chuva no Nordeste e os eventos de El Niño/Oscilação do Sul (ENOS) (Aragão, 1986) e as fases positivas e negativas da Oscilação do Sul (Buchmann et alii., 1989). Durante os eventos ENOS negativos (anos de El Niño) uma circulação anômala de Walker é formada com ramo ascendente sobre o Pacífico centro-equatorial e ramo descendente sobre o Atlântico tropical e regiões adjacentes do Nordeste e Amazônia reduzindo a formação de nuvens e causando secas. Durante os eventos ENOS positivos, a circulação anômala é revertida com conseqüente aumento da precipitação sobre aquelas regiões.

Moura e Shukla (1981), usando um MCGA, sugeriram que uma circulação meridional térmica direta (forçada por anomalias positivas de TSM no Atlântico Norte e por anomalias negativas de TSM no Atlântico Sul) contribui para as secas no Nordeste. Durante os anos úmidos, se observa a situação inversa com o aumento da chuva. Hastenrath e Greischar (1993) mostraram que o gradiente norte-sul da temperatura da superfície do mar (TSM) afeta o gradiente meridional de pressão, a componente meridional do vento através do ajuste hidrostático, a posição da ZCIT e a chuva sobre o Nordeste. Evidentemente, não é só a ZCIT a única responsável pela precipitação na região. Outros sistemas meteorológicos agem sobre o Nordeste em épocas diferentes e com intensidades variadas (Harzallah et alii., 1996).