

Potter, G.L.; Ellsaesser, H.W.; MacCracken, M.C.; Luther, F.M. Possible climatic impact of the tropical deforestation. *Nature*, 258:697-698, 1975.

Rao, V.B.; Franchito, S.H. The response of a simple climate model to the sea surface temperatura anomalias. *Annales Geophysicae*, 11:846-856, 1993.

Verificação Estatística do Modelo Global do CPTEC

José Paulo Bonatti

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC

Abstract

The skill score, root mean square error and mean error (bias) of geopotential height, virtual temperature, mean sea level pressure and wind are analysed for the operational T62L28 CPTEC/COLA global spectral model from May 1995 to August 1996. The calculation are performed for summer, winter and annual periods and over the following regions: Northern and Southern Hemisphere (HN, HS), Tropics (RT) and South America and adjoining oceans (AS). It is found that the model has better performance at winter time and the anomaly correlation for geopotential height at 500 hPa is over than 60 percent above six days for HN and around five and half days for HS.

1 Introdução

O modelo espectral global do CPTEC/COLA, com truncamento triangular 62 e 28 níveis sigma, produz previsões numéricas de tempo para até seis dias nos horários sinóticos 00 e 12 UTC. As previsões são disponíveis em 17 níveis padrões de pressão e em uma grade horizontal regular de $1,875^\circ$ por $1,875^\circ$. A condição inicial espectral é obtida do NCEP (National Center for Environmental Prediction - USA). Faz parte da rotina operacional o cálculo de índices de destreza (S) da previsão numérica ("skill score") baseados na correlação de anomalias previstas e analisadas. O erro quadrático médio (EQ) e o erro médio ("bias" - EM) entre a previsão numérica e a análise são também obtidos. Para o vetor vento calcula-se a média do módulo de seu erro (EV). Os cálculos são realizados para as seguintes regiões: Hemisfério Norte (20°N - 80°N) - HN, Hemisfério Sul (20°S - 80°S) - HS, Região Tropical (20°S - 20°N) - RT, e América do Sul ($101,25^\circ\text{W}$ - $11,25^\circ\text{W}$, 60°S - 15°N) - AS. Os níveis em que esses cálculos são feitos são os seguintes: 1000 hPa (N1), 850 hPa (N2), 500 hPa (N3) e 250 hPa (N4). As variáveis verificadas são: altura geopotencial (z), sendo calculados S, EQ, EM, nas regiões HN, HS, AS, e nos níveis N2, N3, N4; temperatura virtual (T_v), sendo calculados S, EQ, EA, nas regiões HN, HS, AS, e nos níveis N1, N2, N3, N4; vento zonal (u) e vento meridional (v), sendo calculados S, EQ, EM, EV, nas regiões RT, AS, e nos níveis N2, N3, N4; e pressão reduzida ao nível do mar (ps), sendo calculados S, EQ, EM, nas regiões HN, HS, AS. São discutidas as médias dessas grandezas no período de 01 maio de 1995 a 31 de agosto de 1996 para uma avaliação objetiva da destreza do modelo espectral global do CPTEC/COLA.

2 Fórmulas Básicas

A correlação de anomalias é definida da seguinte forma:

$$S = \frac{100 \times \sum_{n=1}^N \left[(P - C)'_n \times (A - C)'_n \times W_n \right]}{\sqrt{\sum_{n=1}^N \left[(P - C)'_n{}^2 \times W_n \right] \times \sum_{n=1}^N \left[(A - C)'_n{}^2 \times W_n \right]}}, \quad (1)$$

onde: S - índice de destreza (%),

()' - desvio da média na área,

n - índice para cada ponto sobre a área,

N - número total de pontos na área,

W_n - peso para a área que o ponto representa,

P - campo previsto,

A - campo analisado,

C - campo climatológico,

$(P-C)_n$ - anomalia prevista no ponto n,

$(A-C)_n$ - anomalia analisada no ponto n.

O erro médio e o erro quadrático médio são dados, respectivamente por:

$$EM = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [(P - A)_n \times W_n], \quad (2)$$

$$EQ = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [(P - A)_n^2 \times W_n]}. \quad (3)$$

A média do módulo do erro no vetor vento é dado por:

$$EV = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [(\|\vec{V}_P - \vec{V}_A\|)_n \times W_n], \quad (4)$$

onde: $\vec{V}_P$ é o vento previsto e $\vec{V}_A$ é o do vento analisado.

3 Resultados e Discussões

As tabelas de 1 a 4 apresentam os resultados dos cálculos de S, EQ, EM e EV para a altura geopotencial em 500 hPa, temperatura virtual em 850 hPa, pressão reduzida ao nível do mar e vento em 250 hPa, para médias de 01/05/96 a 31/08/96 (anual), de 01/12/95 a 29/02/96 (verão), de 01/06/95 a 31/08/95 (inver1) e de 01/06/96 a 31/08/96 (inver2), e para as regiões AS, HS, HN e RT. A destreza da previsão da temperatura virtual em 850 hPa dá uma idéia de como o modelo está prevendo os campos úmidos, a do vento zonal se refere à previsão dos jatos e a do vento meridional está relacionada com a fase das ondas. O número 99999 significa que o valor do parâmetro não foi calculado. Para a correlação de anomalia (S), a previsão é considerada útil quando o seu valor for maior que 60 %. O índice de destreza S médio sobre períodos de pelo menos uma estação, para a altura geopotencial em 500 hPa, é usado como referência para definir a previsibilidade dos modelos.

A altura geopotencial em 500 hPa tem índice S anual com previsão útil além de 6 dias para HN e cerca de 5,5 dias para HN e AS; a previsão útil para temperatura virtual em 850 hPa chega próxima aos 5 dias para HN e além de 4 dias para HS e AS; a pressão reduzida tem uma destreza anual de 5,5 dias para HN e cerca de 5 dias para HS e AS. Já a destreza tropical (RT) anual do modelo, medida pelo vento em 250 hPa, tem performance menor: um pouco além de 3 dias para o vento zonal e 2,5 dias para o vento meridional; sobre AS nota-se que a performance do vento zonal chega aos 5 dias, enquanto que o vento meridional chega aos 4 dias. Em geral, o verão apresenta resultados piores que o anual e os invernos melhores, sendo que o inver2 tem índices melhores que o inver1. Os valores mais altos de S em SA para o vento está relacionado ao fato de que SA inclui uma parte de latitudes médias onde o jato e a fase das ondas são melhores previstas pelo modelo.

O erro EQ anual para z de 500 hPa no HN tem valores de 16,8 m para 24 h, 40,9 para 72 h e 67,2 m para 120 h. Os valores correspondentes para o JMA (Japan Meteorological Agency) e o ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasting) para 1995 são, respectivamente: 18,1 m, 40,4 m, 67,5 m e 12,8 m, 34,2 m e 60,1 m (WMO, 1996). O EQ para o HS também é comparável aos correspondentes para esses centros. Para o erro no vento (EV) os resultados do CPTEC também apresentam boa comparação com os correspondentes do ECMWF e do JMA, embora esses centros calculem o erro quadrático médio do vetor vento. Um outro aspecto importante a ressaltar das tabelas de 1 a 4 é que, em geral, o EM é baixo para todos os campos, apresentando muitas vezes sinais trocados entre HN e HS, isso mostra que os erros sistemáticos médios são pequenos.

Portanto, o modelo do global do CPTEC/COLA apresenta índices de destreza e erros semelhantes aos dos outros centros mundiais de previsão de tempo. Há que se melhorar, entretanto, o índice de destreza do vento em RT, pois principalmente a fase dos sistemas nessa região não apresenta boa performance na previsão.

Tabela 1 - altura geopotencial em 500 hpa (m)

DIA 1	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	97.04	97.39	98.17	16.86	24.72	16.84	-3.38	-1.67	-1.72
verão	96.82	97.33	98.73	15.47	22.20	19.43	-3.93	-3.23	2.168
inver1	97.22	97.47	97.70	17.72	26.08	15.48	99999	99999	99999
inver2	97.63	97.78	97.60	17.61	25.97	15.05	-2.60	0.948	-4.74
DIA 2	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	91.98	92.51	94.87	27.22	41.73	28.36	-2.79	-3.76	-2.59
verão	91.62	92.97	96.25	24.25	35.95	33.24	-2.24	-5.50	2.293
inver1	92.70	91.96	93.67	29.27	46.58	25.53	99999	99999	99999
inver2	93.26	93.68	93.70	28.56	43.39	24.09	-2.79	-0.73	-6.67
DIA 3	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	84.85	85.21	89.27	37.27	58.16	40.85	-3.23	-5.19	-3.05
verão	84.05	86.20	92.01	32.83	49.71	48.17	-1.01	-6.17	0.859
inver1	86.48	84.53	86.67	40.37	64.72	36.25	99999	99999	99999
inver2	87.31	87.58	87.36	39.07	60.46	33.45	-4.77	-2.96	-5.87
DIA 4	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	76.23	75.67	81.32	47.06	74.13	54.06	-6.16	-6.40	-3.82
verão	75.39	77.76	85.63	40.93	62.78	64.17	-3.31	-7.23	-0.34
inver1	80.47	75.86	77.25	50.30	80.87	46.96	99999	99999	99999
inver2	80.78	79.19	79.02	48.77	77.80	43.09	-8.79	-4.62	-6.81
DIA 5	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	67.17	65.21	71.40	55.61	88.47	67.18	-7.87	-7.32	-4.18
verão	66.32	68.46	77.56	47.91	74.35	79.68	-5.19	-8.44	-1.07
inver1	73.02	66.29	65.52	59.43	95.79	57.69	99999	99999	99999
inver2	72.97	69.15	68.95	57.50	93.97	52.60	-11.1	-5.29	-7.16
DIA 6	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	57.56	55.81	62.65	61.33	97.20	81.81	-8.15	-8.22	-4.32
verão	54.77	58.48	69.19	55.03	84.81	93.21	-5.01	-9.55	-2.09
inver1	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999
inver2	64.84	59.64	57.95	65.90	106.9	61.57	-11.9	-6.22	-5.89

Tabela 2 - temperatura virtual em 850 hpa (k)

DIA 1	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	89.05	89.77	91.42	1.370	1.963	1.973	-0.18	-0.19	0.123
verão	88.09	89.08	90.76	1.380	1.914	2.256	-0.21	-0.39	0.456
inver1	90.59	90.50	89.86	1.304	1.949	2.807	99999	99999	99999
inver2	89.76	90.22	90.09	1.431	2.024	1.620	-0.20	0.002	-0.05
DIA 2	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	80.35	81.06	83.63	1.859	2.664	2.708	-0.31	-0.29	0.233
verão	79.69	80.62	82.81	1.843	2.559	3.096	-0.35	-0.59	0.731
inver1	82.24	81.53	81.15	1.822	2.694	3.597	99999	99999	99999
inver2	82.10	82.12	80.64	1.896	2.705	2.337	-0.35	-0.01	-0.03
DIA 3	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	71.44	72.10	75.76	2.256	3.221	3.303	-0.45	-0.36	0.309
verão	70.60	72.06	75.22	2.253	3.060	3.721	-0.48	-0.70	0.906
inver1	73.59	72.21	73.01	2.212	3.292	4.168	99999	99999	99999
inver2	74.15	73.71	71.69	2.282	3.255	2.901	-0.50	-0.07	-0.03
DIA 4	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	62.71	62.82	66.98	2.593	3.705	3.848	-0.56	-0.42	0.395
verão	60.97	63.14	66.86	2.616	3.500	4.286	-0.62	-0.80	1.045
inver1	65.59	63.49	64.20	2.556	3.770	4.647	99999	99999	99999
inver2	67.24	64.39	62.52	2.575	3.759	3.394	-0.60	-0.10	-0.02
DIA 5	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	55.74	54.06	57.53	2.835	4.108	4.357	-0.64	-0.47	0.429
verão	53.88	54.85	58.37	2.852	3.855	4.783	-0.72	-0.88	1.128
inver1	58.93	55.37	55.13	2.838	4.191	5.094	99999	99999	99999
inver2	62.20	55.00	53.24	2.772	4.199	3.834	-0.66	-0.14	-0.02
DIA 6	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	49.74	46.00	48.81	3.022	4.349	4.691	-0.66	-0.51	0.466
verão	46.41	47.13	50.71	3.080	4.153	5.194	-0.77	-0.95	1.179
inver1	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999
inver2	55.39	47.36	44.70	2.994	4.535	4.201	-0.68	-0.18	-0.01

Tabela 3 - pressão reduzida ao nível do mar (hpa)

DIA 1	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	94.53	95.02	95.82	1.767	2.833	2.274	0.090	0.272	-0.09
verão	93.69	94.71	96.68	1.603	2.541	2.825	0.006	0.252	-0.08
inver2	95.78	95.99	94.46	1.904	3.061	1.788	0.243	0.424	-0.17
DIA 2	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	87.30	88.81	90.62	2.715	4.233	3.439	0.435	0.259	-0.18
verão	85.96	88.53	93.12	2.435	3.735	4.107	0.429	0.327	-0.25
inver2	89.92	90.94	87.43	2.942	4.557	2.774	0.606	0.400	-0.24
DIA 3	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	78.45	80.60	83.59	3.564	5.546	4.560	0.590	0.269	-0.22
verão	76.78	80.73	87.78	3.207	4.833	5.444	0.769	0.483	-0.54
inver2	82.18	84.09	78.76	3.858	5.972	3.631	0.598	0.290	-0.02
DIA 4	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	68.85	71.17	74.84	4.285	6.760	5.680	0.419	0.291	-0.29
verão	67.63	71.96	80.36	3.818	5.844	6.842	0.763	0.614	-0.71
inver2	73.40	75.54	68.85	4.641	7.319	4.420	0.232	0.229	-0.06
DIA 5	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	60.20	61.26	65.03	4.846	7.844	6.748	0.343	0.310	-0.32
verão	58.34	62.31	71.29	4.288	6.750	8.232	0.756	0.676	-0.81
inver2	65.82	65.55	58.12	5.245	8.622	5.614	0.015	0.230	-0.03
DIA 6	SAS	SHS	SHN	EQAS	EQHS	EQHN	EMAS	EMHS	EMHN
anual	51.30	51.47	55.24	5.418	8.773	7.661	0.358	0.330	-0.32
verão	48.52	52.61	62.58	4.735	7.518	9.379	0.894	0.755	-0.91
inver2	58.57	56.04	48.02	5.870	9.711	5.801	-0.03	0.221	0.140

Tabela 4 - vento zonal e meridional em 250 hpa (m/s)

DIA 1	SuAS	SvAS	SuRT	SvRT	EVAS	EVRT	EMuAS	EMvAS	EMuRT	EMvRT
anual	93.65	92.02	86.41	80.83	5.066	4.715	-0.12	0.307	-0.28	0.165
verão	93.29	91.54	87.41	81.46	5.067	4.974	-0.01	-0.03	-0.27	-0.50
inver1	94.62	91.37	86.75	79.23	4.801	4.307	99999	99999	99999	99999
inver2	94.17	92.72	84.87	79.26	5.503	5.122	-0.37	0.774	-0.27	1.082
DIA 2	SuAS	SvAS	SuRT	SvRT	EVAS	EVRT	EMuAS	EMvAS	EMuRT	EMvRT
anual	85.02	80.80	72.90	63.12	7.705	6.484	0.177	0.659	-0.34	0.434
verão	83.68	79.50	74.87	64.73	7.749	6.859	0.276	0.216	-0.45	-0.25
inver1	78.97	86.89	73.34	61.54	7.402	5.862	99999	99999	99999	99999
inver2	86.87	82.96	70.97	59.09	8.187	6.974	-0.10	1.356	-0.12	1.440
DIA 3	SuAS	SvAS	SuRT	SvRT	EVAS	EVRT	EMuAS	EMvAS	EMuRT	EMvRT
anual	76.24	69.80	61.75	51.02	9.580	7.495	0.689	0.770	-0.49	0.444
verão	74.62	68.20	65.54	55.15	9.522	7.792	0.590	0.140	-0.69	-0.10
inver1	78.87	68.71	62.15	49.26	9.216	6.797	99999	99999	99999	99999
inver2	78.81	73.08	58.60	44.87	10.15	7.998	0.732	1.620	-0.06	1.352
DIA 4	SuAS	SvAS	SuRT	SvRT	EVAS	EVRT	EMuAS	EMvAS	EMuRT	EMvRT
anual	67.62	60.51	52.65	44.64	11.08	8.457	1.064	0.720	-0.59	0.350
verão	66.44	56.96	58.15	48.07	10.92	8.492	0.832	0.002	-0.88	-0.41
inver1	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	99999
inver2	70.96	64.95	46.81	39.18	11.60	8.703	1.340	1.636	-0.04	1.479

Referências Bibliográficas

WMO, 1996: *WWW Technical Progress Report on the Global Data-Processing System*. World Weather Watch Programme, GDPS TP Report Series No. 5, Technical Document WMO/TD-No. 744, Secretariat of WMO, Geneva, Switzerland.