APLICAÇÃO "MODEL OUTPUT STATISTICS" PARA PREVISÃO DA TEMPERATURA MÍNIMA NO SUL E SUDESTE DO BRASIL

Ilja S. Kim (Centro de Pesquisas Meteorológicas, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, Brasil - email: ilja@urano.cpmet.ufpel.tche.br)
Mário F. Leal de Quadro (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Cachoeira - Paulista SP, Brasil - email: mario@cptec.inpe.br)
Jose A. Marengo (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE - email: marengo@cptec.inpe.br)

Palavras Chaves: Previsão de tempo; MOS; Interpretação Estatística.

ABSTRACT: There were made experiments for application "Model Output Statistics" (MOS) in the regions South and Southeast of Brazil. In the work it was used the data of the output of the model CPTEC/COLA and minimum temperature in the period April-September 1997 in the meteorological stations in the states São Paulo, Parana, Santa Catarina and Rio Grande do Sul of Brasil. The experiments show that main predictors is; minimum temperature of the previous day, absolute temperature in the levels 1000 and 850 hPa, precipitable water, specific humidity and zonal wind in the level 1000 hPa. But for 48 and 72 hours is influences the minimum temperature of the previous day it is not principal predictor. A statistical model was created to forecast the temperature minimum in the South and part Southeast of Brazil, and it was made evaluation the model in the independent data. The evaluation showed the possibility to apply MOS in the tropical and subtropical areas.

INTRODUÇÃO

O " Model Output statistics" (MOS) há muito tempo é aplicado para previsão do tempo nos centros meteorológicos desenvolvidos(Dallavalle et al. 1992: Yacowar et al. 1992: Mills e Leslie 1985; Esterle 1992: Vasiliev 1991). Através do MOS é possível prever praticamente tudo que os usuários precisam e prestar uma boa ajuda para os meteorologistas. Geralmente o MOS é criadas através da saída dos modelos numéricos regionais e globais para previsão de 24h e para as previsões 48-120h na saída dos modelos globais. No MOS foi utilizado diferentes métodos estatísticos (Kim(a) et al. 1998).

No Brasil já existem modelos numéricos regionais e global e os centros meteorológicos também recebem os dados da saída do modelo numérico do NCEP/EUA, mas até agora não aplicaram o MOS para previsão do tempo.

Neste aplicação foi feito um trabalho preliminar para criar o MOS na saída do modelo numérico do CPTEC/INPE para previsão da temperatura mínima no inverno nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e verificar a possibilidade de aplicar o MOS na zona tropical e subtropical.

METODOLOGIA E DADOS

Os dados da temperatura mínima (**T**min) do ano 1997 que foi utilizada foram fornecidos pelo 8-DISME INMET do Rio Grande do Sul, CLIMERH- EPAGRI de Santa Catarina, SIMEPAR-IAPAR do Paraná e IAC de São Paulo. Como preditores potenciais foram utilizados os dados da saída do modelo até 72 horas de circulação geral da atmosfera (MCGA) do CPTEC/COLA, durante o período de abril a setembro de 1997. As previsões do MCGA do CPTEC/COLA, em ponto de grade possuem uma resolução horizontal de 1.875 x 1.875 graus de latitude/longitude (aproximadamente 200 Km) e 8 níveis de pressão na vertical. Inicialmente foi "recortada" da grade global a área 75°W-39.375°W e 41.25°S-15°S, que compreende o setor sul do continente sul-americano e oceanos adjacentes.

No recorte foram selecionadas as variáveis à superfície: pressão ao nível do mar (PSNM), precipitação acumulada em 24 horas na superfície (PREC), água precipitável instantânea (AGPL) e radiação de onda longa emergente no topo da atmosfera (ROLE). Nos níveis padrões de 1000, 850, 700, 500 e 200 hPa foram selecionadas as seguintes variáveis: velocidade vertical ômega (OMEG),

temperatura absoluta (TEMP), umidade específica (UMES), vento zonal (UVEL) e meridional (VVEL), velocidade potencial (POTV) e altura geopotencial (ZGEO). Além disso, foi utilizado o software GrADS (Grid Analisys and Display System) para calcular, baseado nas saídas disponíveis do modelo, os campos derivados de advecção de vorticidade (ADVT), advecção de temperatura (ADTE), divergência de umidade (DVUM), temperatura potencial equivalente (TPEQ) e a variação de TPEQ na camada 850-700 hPa (DTPE).

Estas variáveis selecionadas, em pontos de grade, foram então interpoladas para o ponto da estação, através de um método de interpolação bi-linear na quadrícula em que se encontra a estação (Doty, 1995). A interpolação leva em conta os quatro pontos de grade mais próximos da estação, calculando o resultado em função das distâncias em relação ao ponto desejado.

Para criar equações prognósticas foi utilizado o procedimento "stepwise", e foi criado equações como

$$\hat{T}_{\min} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i x_i + c$$

Onde $\hat{T}_{\min}$ - previsão da temperatura mínima, α_i, c - as coeficientes de regressão,

n – os números preditores escolhidos através de "stepwise".

A avaliação das previsões foi feita com a utilização dos parâmetros:

Erro médio aritmético: $$\mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(T_{pr} - T_r)_i$$

Erro médio aritmético absoluto: $$\delta = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|T_{pr} - T_r\right|_i$$

Erro quadrático: $$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(T_{pr} - T_r\right)_i^2}$$

onde T_{pr} – previsão da temperatura, T_r - temperatura do ar real.
O erro médio aritmético mostra um erro sistemático. Quanto menor os valores dos erros médio absoluto e erro quadrático, melhor é a qualidade de previsão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram interpolados as 28 variáveis para cada estação veja a Fig.1, onde é mostrado a localização das cidades utilizadas neste estudo (círculos cheios), assim como a grade horizontal do MCGA do CPTEC/COLA e a topografia real da região (sombreado).

Foram feitas dois experimentos, um só com os dados da saída do modelo (28 variáveis) e outro com a inclusão do preditor **T**min no dia anterior (29 variáveis). Nos experimentos foram usados os dados da **T**min de abril-agosto e a primeira quinzena de setembro de 1998 para RS, SC, PR e de maio-agosto e primeira quinzena de setembro de 1998 para SP. A segunda quinzena de setembro de 1998 foi utilizada para avaliar o modelo. Os experimentos foram feitos com os dados de previsão de 24, 48 e 72 horas,

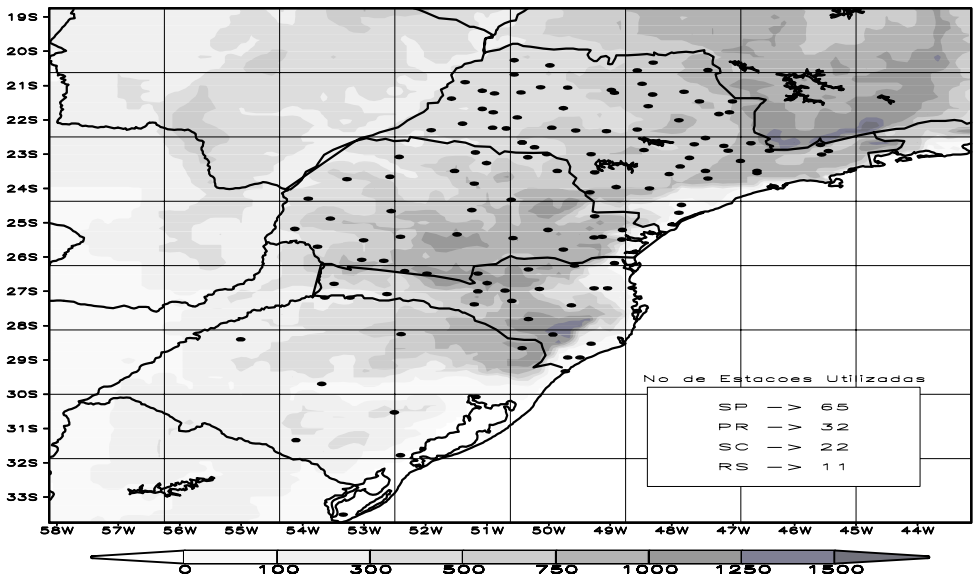

Figura 1 - Localização das estações utilizadas para a interpolação das previsões do MCGA CPTEC/COLA, assim como a topografia real da região (sombreado) e a grade horizontal do modelo.

sendo analisados quais os preditores mais frequentemente foram escolhidos para criar equações prognósticas ou mais informativos para prever a **T**min nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Os experimentos mostram que geralmente necessita-se de 2-3 preditores para prever a **T**min e os valores dos coeficientes de Regressão Linear Múltipla praticamente, para todas as estações ficou ≥ 0.7 , o que significa um valor essencialmente acima do nível de significância. Na Tabela 1 são mostrados os resultados dos experimentos de escolha dos preditores informativos em % com as variáveis da saída do modelo numérico e **T**min do dia anterior.

Como podemos ver para previsão de 24 horas mais frequentemente escolhe-se como preditor a **T**min no dia anterior(51%), temperatura absoluta no nível 1000(31%) e 850HPa(36%), temperatura equivalente potencial no nível 850HPa(29%), água precipitável(29%), humidade especifica(27%), vento zonal no nível 1000(26%). Porém, há algumas particularidades das regiões, por exemplo para os estados do Paraná e São Paulo (Kim et al. 1998b), onde a temperatura mínima é escolhida mais frequentemente (63% e 81%) que para Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Kim(b) et al., 1998; Kim(c) et al., 1998;). Para previsão de 48 horas a Tmin no dia anterior é escolhida menos frequentemente (26%), mas aumenta-se a escolha, como preditor informativo, da temperatura absoluta no nível 850HPa (56%) e temperatura absoluta no nível 1000HPa (39%) e mais frequentemente também escolhe-se como preditor a humidade específica no nível 1000HPa (32%), mas a escolha de outras variáveis como preditores não mudou significativamente. Para previsão de 72 horas os preditores principiais são temperatura absoluta no nível 850HPa (55%), água precipitável e humidade especifica no nível 1000 hPa por (29%).

Os experimentos sem a **T**min no dia anterior mostram que os preditores informativos são praticamente os mesmos (Tabela 2). Para previsão de 24 horas mais frequentemente foram escolhidos a temperatura absoluta nos níveis 1000HPa e 850hPa (42%) e humidade especifica no nível 1000HPa. Para previsão de 48 horas o preditor principal é a temperatura absoluta no nível 850HPa (60%), depois água precipitável (33%) e humidade específica no nível 1000HPa, e para previsões 72 horas também mais frequentemente foi escolhida a temperatura absoluta no nível 850HPa (59%) e humidade especifica no nível 1000 hPa (29%).

Tabela 1 - Parâmetros da Saída do Modelo Numérico do CPTEC e **T**min no dia anterior escolhidos para o MOS nas regiões Sul e Sudeste.

	Previsão para		
Preditor	24 h	48 h	72 h
AGPL	29%	30%	29%
TMINI	51%	26%	17%
TE10	31%	39%	18%
TE85	36%	56%	55%
TP85	29%	18%	20%
UE10	27%	32%	29%
UV10	26%	15%	20%

Tabela 2 - Parâmetros da saída do modelo numérico do CPTEC escolhidos para o MOS nas regiões sul e sudeste

	24 h	**48 h**	**72 h**
AGPL	20	33	19
TE10	42	22	21
TE85	42	60	59
UE10	29	29	29
UE85	21	9	17
UV10	17	13	15
VV85	4	15	20
TP85	20	21	20

Foi feita avaliação das previsões do MOS para regiões Sul e Sudeste nos dados independentes da segunda quinzena setembro de 1998. No Tabela 3 são mostrando os resultados de avaliação das previsões que foram obtidos com e sem **T**min no dia anterior.

Tabela 3 - Avaliação das previsões obtidas através do MOS e com e **T**min do dia anterior para a região Sul e Sudeste

	Com Tmin do dia anterior			**Sem Tmin do dia anterior**		
	μ	**δ**	**σ**	**μ**	**δ**	**σ**
24 h	- 0.1	1.6	1.9	0.1	1.7	2.0
48 h	- 0.6	1.9	2.4	- 0.7	2.0	2.4
72 h	- 1.4	2.5	3.0	-1.4	2.6	3.0

E como podemos ver, para previsões obtidos com **T**min no dia anterior de 24 horas não praticamente possui erro sistemático. O erro aritmético é igual –0.1 os erros absoluto e quadrático são 1,6 e 1,9 respectivamente. Para 48 horas podemos observar um pioramento na qualidade das previsões (μ=-0.6, δ=1,9 e σ=2,4), mas ainda suficiente para realizar previsões e para 72 horas o sucesso com as previsões foi ruim (μ= -1,4, δ= 2.5 σ=3.0). No entanto, o sucesso das previsões para cada estado é diferente (Kim 1998), por exemplo as previsões foram melhores para estados do Paraná e São Paulo do que para Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Como podemos ver para previsões de **T**min obtidos através do MOS só com as variáveis da saída do modelo numérico existe pequeno pioramento na qualidade das previsões para 24 horas (**μ**=0.1, **δ**=1.7, **σ**=2.0) e praticamente os mesmos resultados para 48 e 72 horas, porque a **T**min no dia anterior praticamente não é escolhida como preditor para previsões 48 e 72 horas.

CONCLUSÃO

Portanto os trabalhos que foram feitos mostram a possibilidade de aplicação do MOS no Sul e Sudeste do Brasil. A avaliação das previsões obtidas através do MOS na saída do modelo numérico do CPTEC/COLA mostram que para os estados do Paraná e São Paulo é possível utilizar operacionalmente as previsões até 72 horas e para os estados Rio Grande do Sul e Santa Catarina até 48 horas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DALLAVALLE J.P., BOWER J.B., DAGOSTARO V.J., MILLER D.T., AND SU J.C., 1992: Development of a new statistical weather forecast system. 12th conference on probability and statistics in the atmosferic sciences. June 22-26, Canada Toronto, p. 201-206.

ESTERLE G.R., 1992: Adaptive, Selfe-learning statistical interpretation system for the Central Asian region. Annales Geophysicae. An Geophysicae 10. p.924-929.

KIM, I.S. 1998. Sobre interpretação estatistíca da saída do modelo numérico. X Congresso Brasileira de Meteorologia, Brasilia, 26-30 Outubro.

KIM, I. S.; DE QUADRO M. F. L.; MARENGO J A. 1998. Sobre Interpretação Estatistíca Da Saída Do Modelo Numérico. X Congresso Brasileira de Meteorologia, Brasilia, 26-30 Outubro.

KIM, I. S.; DIAS N. L.; PITTIGLIANI M.1998. Aplicação do Mos para Previsão de Temperatura Mínima até 72 horas no estado Paraná. . X Congresso Brasileira de Meteorologia, Brasilia, 26-30 Outubro.

VASILIEV, P.P. 1991, Medium-range air tamperature and precipitation forecasting over Eurasia. Meteorologia i Gidrologia, N 2, p. 13-23.

YACOWAR N., BOULAIS J., RICHARD G. AND VERRET R., 1992: Improvement of prefect prog produced probability of precipitation forecasts by selective tuning with information from others sources. 12th conference on probability and statistics in the atmosferic sciences. June 22-26, Canada, Toronto, p. 80-89.