

PREVISÃO DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA O CENTRO-SUL DO BRASIL UTILIZANDO A PREVISÃO DE TEMPO POR ENSEMBLE DO CPTEC

Maria Cristina Lemos da Silva¹, Antônio Marcos Mendonça², José Paulo Bonatti³ e Maria Assunção Faus da Silva Dias³

RESUMO. Informações do histórico de ponto de grade das previsões por ensemble sobre o Brasil foram utilizados no intuito de desenvolver a previsão da temperatura mínima à superfície, assim como implementar métodos de correções, a fim de melhorar os campos previstos. Os resultados indicaram que as temperaturas mínimas observadas foram bem simuladas pelas previsões de tempo por ensemble após a aplicação de correções estatísticas.

ABSTRACT. Information of grid history from the ensemble forecasts over Brazil was used in order to develop the minimum surface temperature forecast, as well as implementing correction methods to improve the forecasts. The results indicated that the observed minimum temperatures were well simulated by the corrected ensemble weather forecasts.

Palavras-Chave: Temperatura mínima, previsão de tempo, ensemble.

INTRODUÇÃO

A idéia básica da previsão de tempo por ensemble é diminuir o impacto da incerteza do estado inicial da atmosfera na previsão final, tomando um conjunto de estados iniciais ligeiramente diferentes da análise inicial e gerando uma saída do modelo para cada um dos estados desse conjunto. Vale ressaltar que cada execução do modelo é determinística, isto é, definida de modo único pelas condições iniciais, mas o conjunto de previsões tomadas a partir de estados iniciais ligeiramente diferentes da análise fornece uma descrição do caráter caótico da atmosfera (Coutinho, 1999). O propósito da previsão por ensemble é identificar as incertezas da previsão de tempo e aumentar a exatidão da previsão média (Sivillo et al., 1997).

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) possui, atualmente, um sistema de previsão de tempo por ensemble baseado na perturbação das condições iniciais na região tropical, através do método “EOF – based perturbation” (Zhang e Krishnamurti, 1999; Coutinho, 1999; Mendonça e Bonatti, 2002). Diariamente, são realizadas duas execuções das previsões de tempo por ensemble uma a partir das condições iniciais das 00:00 UTC e outra das 12:00 UTC.

As regiões subtropical e extratropical da América do Sul são afetadas pela passagem de massas de ar frio durante o inverno. Quedas acentuadas de temperatura podem ser observadas após o estabelecimento deste sistema sobre determinada região. No Brasil, as Regiões mais afetadas pela entrada de massas de ar frio são o Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Geadas podem trazer enormes prejuízos para o setor agrícola destas regiões, bem

¹ Mestre em Meteorologia, Bolsista DTI CNPq, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC – Rod. Pres. Dutra, km 39, SP-RJ, CEP: 12630-000, Cachoeira Paulista – SP. E-mail: crisrina@cptec.inpe.br.

² Pesquisador do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. E-mail: mendonca@cptec.inpe.br.

³ Professores Drs (a) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. E-mail: bonatti@cptec.inpe.br e assuncao@cptec.inpe.br.

como pode haver significativo desconforto a população devido às baixas temperaturas. Por outro lado, algumas regiões turísticas, tais como, as Serras Gaúcha e Catarinense e Campos do Jordão, no Estado de São Paulo, são famosas por explorarem justamente o período de inverno. Desta forma, conhecer com antecedência qual a probabilidade de ocorrência de extremos de temperaturas mínimas é de grande valor sócio-econômico. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é determinar a temperatura mínima à superfície a partir de informações do histórico do ponto de grade das previsões por ensemble do CPTEC sobre o Brasil, fazer uma avaliação preliminar dos resultados obtidos, e propor alternativas para aumentar o índice de acerto destas previsões.

DADOS E METODOLOGIA

Para o presente estudo foram utilizadas as saídas horárias do histórico em ponto de grade das previsões por ensemble do CPTEC dos meses de junho e julho de 2006. Cada ensemble é formado por 15 membros com previsões de até 15 dias. A partir destes dados foram determinadas as temperaturas mínimas para os 15 dias de previsão e os 15 membros. Para determinar estas temperaturas foi utilizado o critério adotado no Brasil, pelo qual a leitura da temperatura mínima é realizada às 12:00 UTC, ou seja, das 12:00 UTC de um dia às 12:00 UTC do dia seguinte. O período utilizado para análise dos resultados foram os meses de junho e julho de 2006.

Para uma análise subjetiva dos resultados foram plotadas as observações e a previsão de 2 dias, do ensemble médio, do campo de temperatura mínima para o dia mais frio do período, em São Paulo (28 de junho). Também foram geradas séries temporais das previsões de temperaturas mínimas para os prazos de 2, 5, 10 e 15 dias para os 15 membros e para média do ensemble para os meses de junho e julho de 2006 para o ponto de grade do modelo onde está situada a cidade de São Paulo. Para verificação dos resultados foram utilizados dados observados diários de temperatura mínima interpolados para uma grade de 0.25° de latitude e longitude, bem como dados da estação Mirante Santana em São Paulo, cedidos pelo setor operacional de previsão climática do CPTEC.

No intuito de melhorar o desempenho das previsões de temperaturas mínimas, dois métodos de correção foram avaliados: o primeiro é baseado no erro médio (viés) das 15 previsões mais recentes, para cada prazo de previsão (Pendergrass e Elmore, 2004); o segundo, considera a diferença de altura, em relação ao nível do mar, do modelo e da estação meteorológica para obter um fator de correção baseado no lapse-rate adiabático seco da atmosfera. O desempenho das séries temporais das previsões foi avaliado objetivamente a partir do cálculo de três índices estatísticos: *erro médio* (viés), *raiz do erro quadrático médio* (RMS), *coeficiente de correlação* (r) (Wilks, 1995).

RESULTADOS PRELIMINARES

Durante o mês de junho deste ano, seis sistemas frontais atuaram no território brasileiro, dos quais apenas dois deslocaram-se até latitudes mais baixas. A última frente fria do mês de junho foi responsável por causar a temperatura mais baixa do período na capital paulista (10.1°C no Mirante de Santana – INMET, no

dia 28) e também na capital fluminense (12.6 °C – INMET, no dia 29). Além disso, houve registros de traço de neve em Urupema-SC e Urubici-SC entre os dias 26 e 27 (Climanálise, 2006).

A Figura 1 apresenta o campo de temperaturas mínimas para a previsão de 2 dias do ensemble médio (Figura 1a) e observado (Figura 1b), para o dia 28 de junho. Nota-se que a distribuição espacial das temperaturas foi prevista coerentemente, identificando os núcleos mais frios, porém, em geral, as temperaturas previstas são mais elevadas do que as observadas, principalmente no sul do Brasil e região serrana de São Paulo, onde foram registradas temperaturas abaixo de 0°C. O núcleo mais frio em São Paulo não foi previsto pelo modelo, no entanto, vale ressaltar que o espaçamento de grade das observações é quatro vezes menor que a grade do modelo, resultando em um maior detalhamento no campo observado.

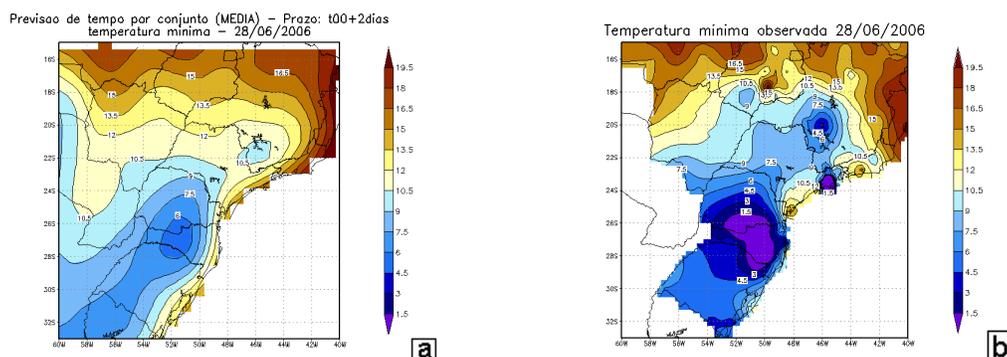


Figura 1 – Temperatura mínima para o dia 28 de junho de 2006: (a) previsão do ensemble médio para o prazo de 2 dias e (b) observado.

O ponto de grade do modelo onde está situada a cidade de São Paulo foi selecionado para uma verificação das previsões em relação às observações da estação meteorológica do Mirante Santana, para os prazos de previsão de 2, 5, 10 e 15 dias. A Figura 2 apresenta as séries temporais da temperatura mínima para todos os membros da previsão por ensemble (linhas amarelas), o ensemble médio (linha preta) e as observações (linha vermelha), para os meses de junho e julho de 2006. Nota-se que, em geral, o modelo apresenta temperaturas mais elevadas do que as observadas para todos os prazos de previsão, o que mostra claramente que o modelo possui um erro sistemático nas previsões de temperaturas mínimas para esta estação e como mostrado na Figura 1, para todo o centro sul do Brasil. As tendências de aumento e diminuição das temperaturas mínimas são bem captadas pelas previsões de 2 e 5 dias, como pode ser observado nas previsões para o dia 27 de junho (Figuras 2a e 2b). Já para os prazos de 10 e 15 dias, nota-se claramente o aumento da incerteza das previsões, dado pelo maior espalhamento dos membros. Para estes prazos, as tendências de temperatura não são propriamente captadas, mas a divergência entre os membros mostra a amplitude da variação esperada para as temperaturas mínimas. É importante lembrar que, as temperaturas mínimas do modelo representam uma média em uma área de 100 km², enquanto que a observação representa uma medida pontual. Mesmo assim, estes resultados sugerem que uma correção estatística das previsões, que remova o viés de previsões de temperaturas mais elevadas do modelo, pode contribuir para aumentar o índice de acerto das previsões e torná-las mais ajustadas às observações.

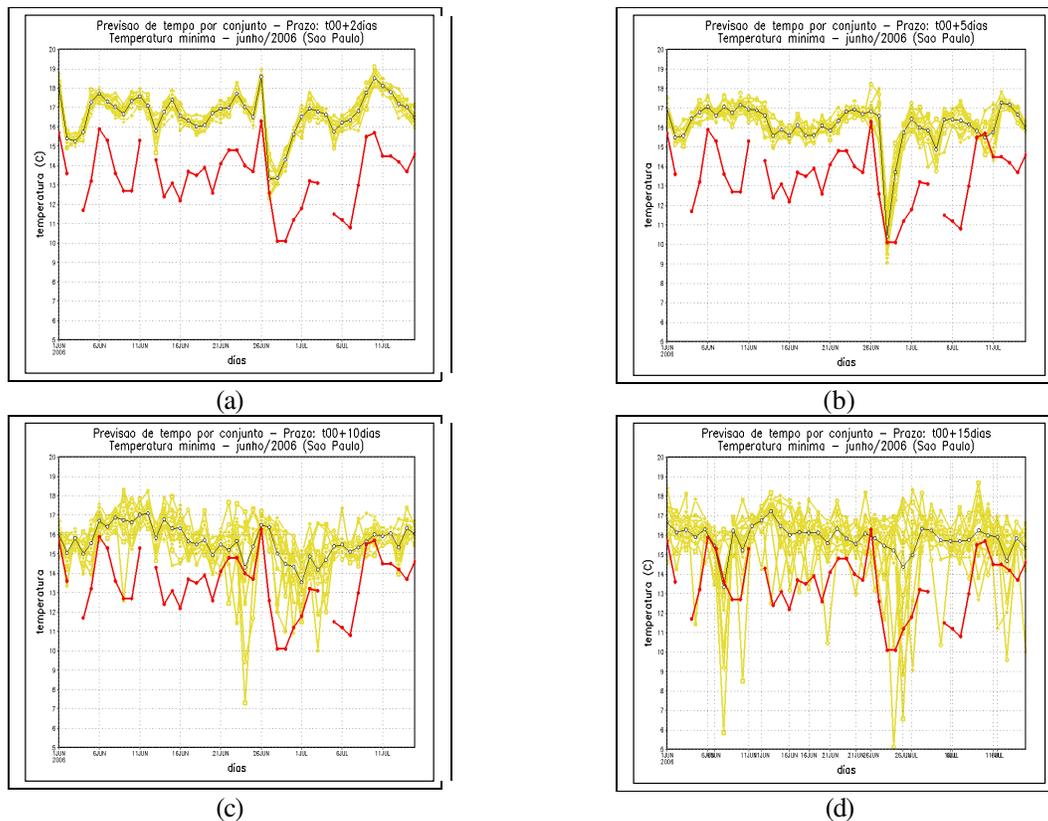


Figura 2 – Série temporal das previsões de temperaturas mínimas para o período de 01 de junho a 15 de julho de 2006 para a cidade de São Paulo. As linhas amarelas representam os membros do ensemble e a linha preta o ensemble médio, para os prazos de (a) 2 dias, (b) 5 dias, (c) 10 dias e (d) 15 dias. A linha vermelha representa os valores observados.

Em geral, os erros das previsões numéricas de tempo estão associados principalmente a dois fatores: às incertezas na condição inicial e às deficiências na formulação física e dinâmica dos modelos. Os erros devido às incertezas da condição inicial estão sendo tratados, neste trabalho, a partir da aplicação de perturbações nas condições iniciais, já os erros devido à dinâmica e à física, foram desconsiderados durante as integrações. Neste sentido, corrigir as previsões a partir de técnicas estatísticas pode compensar a falta de perturbações na dinâmica e na física do modelo. Uma das deficiências dos modelos globais, rodados em baixa resolução espacial, como neste trabalho, é a representação da topografia, que certamente é bastante suavizada quando comparada à original. Esta suavização da topografia tem um efeito significativo sobre a previsão de temperaturas mínimas do modelo. Desta forma, propomos neste trabalho a utilização de dois métodos de correção das previsões: o primeiro baseado no erro médio das previsões dos 15 dias mais recentes e um outro baseado na diferença de altura do modelo e da estação. A primeira correção é mais completa, por incluir elementos dos erros da parte dinâmica e física do modelo e seria mais aconselhada, entretanto, em pontos de grade onde não há observações não seria possível realizá-las, nestes casos as correções poderiam ser realizadas de acordo com o segundo método.

A Figura 3 apresenta séries temporais das previsões de temperaturas mínimas corrigidas a partir do primeiro método para os prazos de 2, 5, 10 e 15 dias, para o período de 16 de junho a 15 de julho. Os primeiros 15 dias de junho não puderam ser incluídos, pois foram utilizados para o primeiro cálculo dos erros. Vale

ressaltar que o erro a ser removido das previsões foi calculado para o ensemble médio e posteriormente subtraído da média e de todos os membros do ensemble, garantindo, desta forma, que o espalhamento dos membros permaneça inalterado. Fica evidente que a magnitude do erro das previsões diminui, para todos os prazos de previsão e que aumenta o número de casos em que a observação esteve dentro da “pluma” de temperaturas previstas pelos membros do ensemble.

As séries temporais das previsões de temperaturas mínimas corrigidas a partir da topografia apresentaram resultados similares, porém para os prazos de 2 e 5 dias os erros são ligeiramente maiores do que no caso anterior (correção com base no erro médio dos 15 previsões mais recentes) (figuras não mostradas).

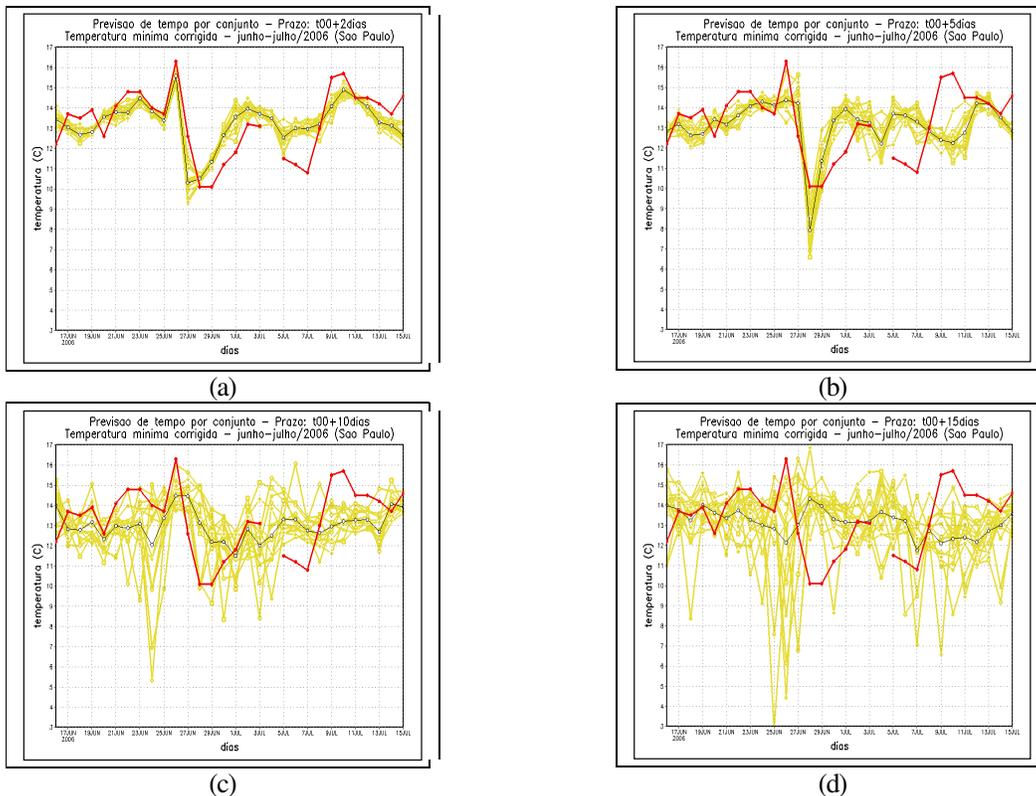


Figura 3 – Série temporal das previsões de temperaturas mínimas corrigidas a partir do erro médio das 15 previsões mais recentes, para o período de 16 de junho a 15 de julho de 2006 para a cidade de São Paulo. As linhas amarelas representam os membros do ensemble e a linha preta o ensemble médio, para os prazos de (a) 2 dias, (b) 5 dias, (c) 10 dias e (d) 15 dias. A linha vermelha representa os valores observados.

Para confirmar objetivamente os resultados discutidos anteriormente, na Tabela 1 são apresentados o erro médio (viés), a raiz do erro quadrático médio (rms) e o coeficiente de correlação (r) para as previsões sem correção e para as previsões corrigidas a partir dos dois métodos descritos anteriormente. De modo geral, nota-se uma redução bastante significativa tanto do erro médio e do rms das previsões corrigidas. Para o prazo de 2 dias obteve-se menor rms com a correção a partir do erro médio (1.12), já para as previsões de 10 e 15 dias os menores rms foram obtidos com a aplicação da correção calculada a partir da topografia (1.40 e 1.84, respectivamente). Além disso, observa-se um aumento na correlação entre as previsões e as observações, principalmente para os prazos de 2 e 5 dias. Para o prazo de 15 dias, as correlações aumentam negativamente, indicando que as correções não ajudam a identificar o sinal das anomalias da temperatura em relação à média

no período, entretanto, a diminuição do viés mostra que o erro sistemático de temperaturas mais altas é reduzido. Para os prazos de 2 e 15 dias as melhores correlações foram com a correção a partir do erro médio, enquanto que para 5 e 10 dias as melhores correlações foram com a correção a partir da topografia.

Tabela 1 – Desempenho das previsões do ensemble médio sem correção e corrigidas, para o período de 15 de junho a 15 de julho.

Prazo	Sem correção			Com correção (viés)			Com correção (topografia)		
	viés	rms	r	viés	rms	r	viés	rms	r
2 dias	3,29	3,45	0,34	-0,01	1,12	0,73	1,19	1,58	0,63
5 dias	2,68	3,06	0,25	-0,12	1,59	0,39	0,58	1,59	0,46
10 dias	2,11	2,54	0,30	-0,25	1,55	0,32	0,01	1,40	0,49
15 dias	2,40	3,01	-0,19	0,15	1,96	-0,42	0,30	1,84	-0,33

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o método utilizado neste trabalho para a obtenção das temperaturas mínimas a partir da previsão de tempo por ensemble do CPTEC pode ser utilizado para determinação deste diagnóstico. Observou-se que as mínimas previstas apresentam-se um pouco mais quentes do que as observadas. Esta deficiência foi parcialmente resolvido a partir da aplicação de métodos de correção. Este trabalho mostra que a determinação operacional das previsões de temperaturas mínimas a partir do ensemble pode ser útil, entretanto, é necessário que sejam aplicadas correções para diminuir os erros sistemáticos do modelo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o grupo de previsão operacional de clima do CPTEC pela disponibilização dos dados observados e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Climanálise, 2003. Boletim de Monitoramento e Análises Climáticas. Cachoeira Paulista: INPE-CPTEC, São Paulo, 21.
- Coutinho, M. M., 1999: Previsão por conjuntos utilizando perturbações baseadas em componentes principais. São José dos Campos, SP. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 136p.
- Mendonça, A. M.; J. P. Bonatti, 2002: O Sistema de Previsão de Tempo Global por Ensemble do CPTEC. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu-PR.
- Pendergrass, A.G.; K. L. Elmore, 2004: Ensemble forecast bias correction. In: 4th Annual Student Conference. Amer. Meteor. Soc., San Diego, CA, P1.30, Anais.
- Sivillo, J. K.; J. E. Ahlquist; Z. Toth, 1997: An Ensemble Forecasting Primer. Weather and Forecasting, v. 12, 809-818.
- Wilks, D.S., 1995: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction. v. 59. Academic Press. pp 467.