

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR SOBRE AS PREVISÕES CLIMÁTICAS SAZONAIS DO MODELO REGIONAL ETA.

Josiane F. Bustamante, Jorge Luís Gomes, Sin Chan Chou

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)

Rodovia Presidente Dutra km. 40, 12630-000, Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil

(tel: 012-560 8417, fax: -12-561 2835, email:josiane@cptec.inpe.br)

ABSTRACT

Regional climate modeling using high resolution regional models can provide detailed climatologies for selected regions. At CPTEC the regional Eta model have been integrated for extended forecast since May 2001. The first integration were up to 45 days and the sea surface temperature (SST) was kept constant. To obtain seasonal forecast is necessary that the SST will be actualized. In this work a new subroutine was added in the model to run the model up to 4 month. Two experiments were made to verify the SST's impact over the forecasts, the first one with SST kept constant, and in the second one the SST was actualized daily.

1- INTRODUÇÃO

Um número cada vez maior de modelos regionais têm sido empregados e desenvolvidos como ferramenta de previsão climática. Estes modelos podem ser integrados como simulações onde as condições de contorno laterais são fornecidas por análises ou observações, ou utilizando como contornos laterais previsões fornecidas por modelos globais com baixa resolução. Estes modelos regionais têm alta resolução espacial e tornam possível o estudo da influência de características topográficas e de detalhamentos da superfície sobre o clima de uma determinada região.

Previsões com prazo de integração superior a 30 dias e com alta resolução tiveram início no CPTEC em maio de 2001. Para tanto, o modelo regional Eta com resolução espacial de 40 km e 38 níveis na vertical passou a ser integrado para períodos de cerca de 45 dias. As condições de contorno laterais para estas integrações são fornecidas por previsões do modelo global CPTEC/COLA com resolução espacial de 200 km e 28 níveis na vertical. As condições iniciais são provenientes das análises do NCEP, na mesma resolução do modelo global CPTEC/COLA.

As previsões fornecidas por estas integrações foram avaliadas e os resultados indicam a viabilidade do uso do modelo regional Eta como ferramenta de previsão climática. Diante destes fatos tornou-se interessante aumentar o prazo de integração do modelo de modo a fornecer previsões de até 4 meses. Até então as integrações de modo estendido eram feitas mantendo fixa a temperatura da superfície do mar (SST). Porém para integrações de período mais longo é necessário que a SST seja atualizada durante a integração do modelo, de modo que informações, tais como o aquecimento ou resfriamento dos oceanos, possam ser absorvidas pelo modelo durante o período de integração.

Foi então implementado ao modelo regional Eta uma sub-rotina na qual a SST, obtida a partir de informações de anomalia de SST persistida, é interpolada diariamente.

O presente trabalho trata da verificação do método de atualização da SST utilizado no modelo regional Eta rodado de modo estendido, bem como da avaliação do impacto desta mudança sobre previsões do modelo.

2 – MODELO REGIONAL ETA

O modelo regional Eta, instalado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), é proveniente do National Center for Environment Prediction (NCEP) (Mesinger et al., 1988; Black, 1994).

A resolução horizontal do modelo é de 40 km e a resolução vertical de 38 camadas. A grade horizontal é a grade E de Arakawa e a coordenada vertical é a coordenada η (Mesinger, 1984). O topo do modelo está em 25 hPa. A topografia é em forma de degraus discretos. O esquema de integração é por particionamento explícito (forward backward - Euler backward). As principais parametrizações são: troca vertical pelo esquema de Mellor-Yamada (1974 e 1982); radiação de onda longa segundo esquema de Lacis e Hansen (1974); radiação de onda curta pelo esquema de Fels e Schwarzkopf (1975); água no solo segundo esquema OSU (Oregon State University). O domínio do modelo abrange a maior parte da América do Sul e oceanos adjacentes.

A versão do modelo regional climático, Eta estendido, roda uma vez ao mês. Utiliza como condição inicial a análise fornecida pelo NCEP (National Center for Environment Prediction) e como condições de contorno

previsões do modelo global CPTEC/COLA atualizadas a cada 6 horas. O prazo de integração é de 4 meses e meio. A temperatura da superfície do mar é atualizada a cada dia, a partir de um arquivo de anomalia de SST persistida.

3 – TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

A atualização da temperatura da superfície do mar é feita a partir de um arquivo de anomalia de SST persistida. Este arquivo é obtido a partir da anomalia de SST observada na semana anterior a condição inicial da rodada do modelo Eta. Este valor será extrapolado, levando-se em consideração os valores climatológicos para o período de um ano. As condições de contorno fornecidas pelo modelo global foram geradas a partir de uma única condição inicial.

A cada dia, a SST é interpolada em relação ao 15º dia do mês corrente e ao 15º dia do mês posterior (caso este dia esteja dentro da segunda quinzena do mês) ou do mês anterior (caso este dia esteja dentro primeira quinzena do mês). Do seguinte modo, por exemplo: a SST para o dia 12 de dezembro será obtida de uma interpolação linear entre a SST válida para o dia 15 de dezembro e a SST válida para o dia 15 de novembro. Um fator de peso é multiplicado a SST do dia 15 de cada mês em função da proximidade da data de SST que estiver sendo interpolada.

Para testar o impacto da atualização da SST sobre os resultados do modelo Eta, foram realizados dois experimentos com prazo de integração de três meses, tendo como condição inicial a análise proveniente do NCEP do dia 27 de novembro de 2001 às 12 UTC. Um primeiro mantendo-se a SST fixa (SST fixa) e que será utilizado como controle para os testes. Um segundo atualizando a SST a cada dia (SST atualizada).

As figuras 1 a-c mostram o comportamento da SST durante os experimentos. Para avaliação foram escolhidos, aleatoriamente, três pontos sobre os oceanos Atlântico e Pacífico, um no Atlântico Sul em 35°S/35°W (figura 1a); outro no Atlântico Equatorial em 5°N/35°W (figura 1b); e um terceiro sobre o oceano Pacífico em 30°S/80°W (figura 1c).

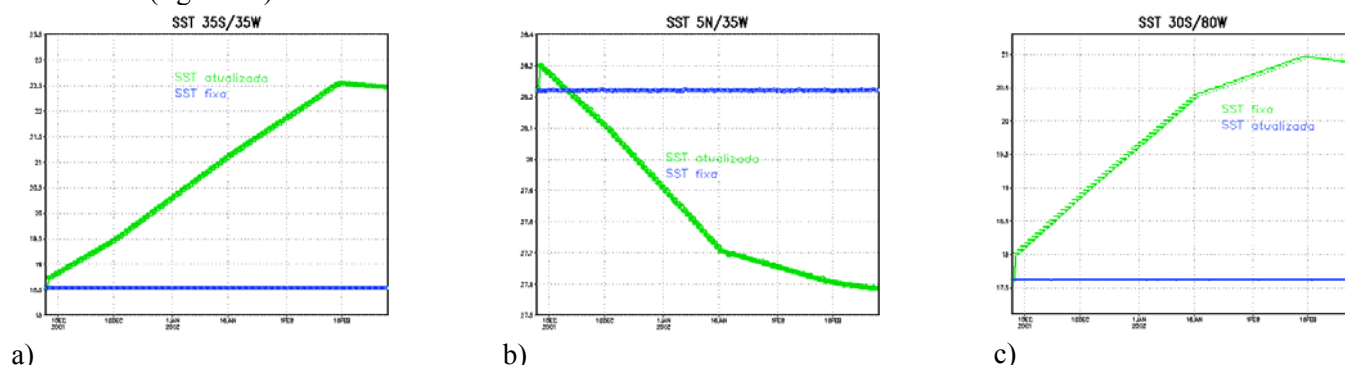


Figura 1: Atualização da SST durante as integrações: a) válido para o ponto 35°S/35°W; b) válido para o ponto 5°N/35°W; c) válido para o ponto 30°S/80°W.

As figuras 2 a-c indicam as SST observadas válidas para os mesmos pontos. No Atlântico Sul e no Pacífico há um aquecimento das águas, enquanto que no Atlântico Equatorial há uma tendência de resfriamento (figuras 2 a e b). O mesmo comportamento pode ser observado no experimento de SST atualizada.

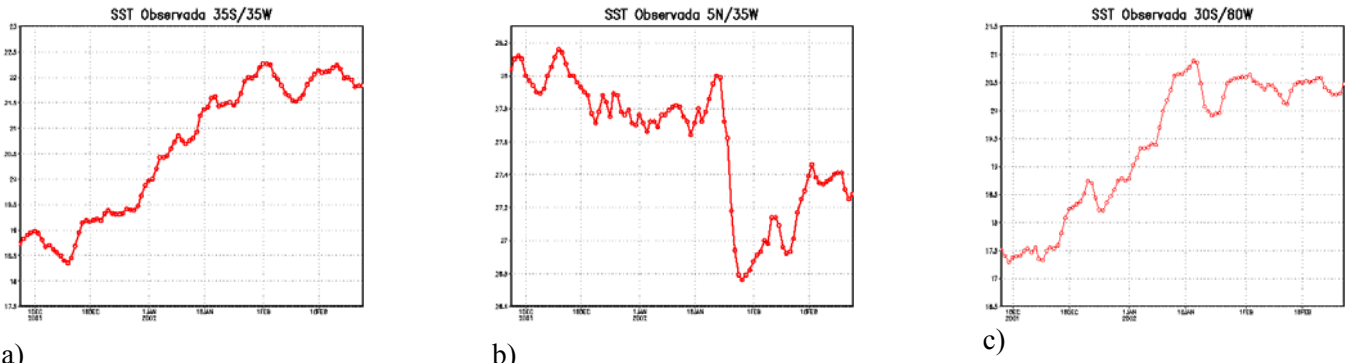
As SSTs previstas e observadas são bastante similares no ponto 35°S/35°W, o modelo tem inicialmente valores próximos a 18,5° C e atinge valores de 22,5° C no último passo de integração do modelo. A observação indica valores entre 18,7° C e 21,8° C.

No ponto localizado no Atlântico Equatorial, ocorre a mesma tendência de resfriamento na atualização do modelo e nos valores observados, porém no período entre 23 de janeiro de 2002 e 06 de fevereiro de 2002 ocorre um resfriamento mais acentuado do que o que foi atualizado no modelo.

Sobre o oceano Pacífico a atualização da SST no modelo e a observação são bastante similares com valores iniciais de 18° C e finais em torno de 21° C.

Quando a SST é mantida fixa, informações de aquecimento ou resfriamento dos oceanos não são consideradas pelo modelo. A curva em azul das figuras 1 a-c indica que a temperatura no último passo de integração do modelo difere substancialmente da observada.

A verificação da interpolação dos valores de SST durante a integração do modelo pode ser acompanhada pela figura 3. A curva em preto indica os valores mensais da SST prevista válida para o dia 15 de cada mês, enquanto a curva em verde mostra a interpolação diária da SST atualizada no modelo Eta durante a integração.



a) b) c)
 Figura 2: SST observada no período: a) para o ponto 35°S/35°W; b) para o ponto 5°N/35°W; c) válido para o ponto 30°S/80°W.

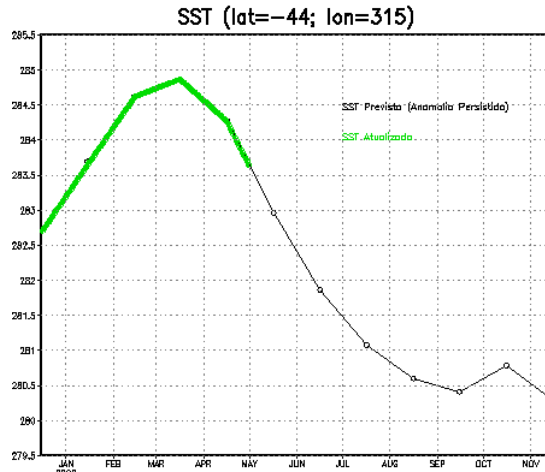


Figura 3: Atualização da SST interpolada (curva em verde) em comparação ao valor mensal previsto.

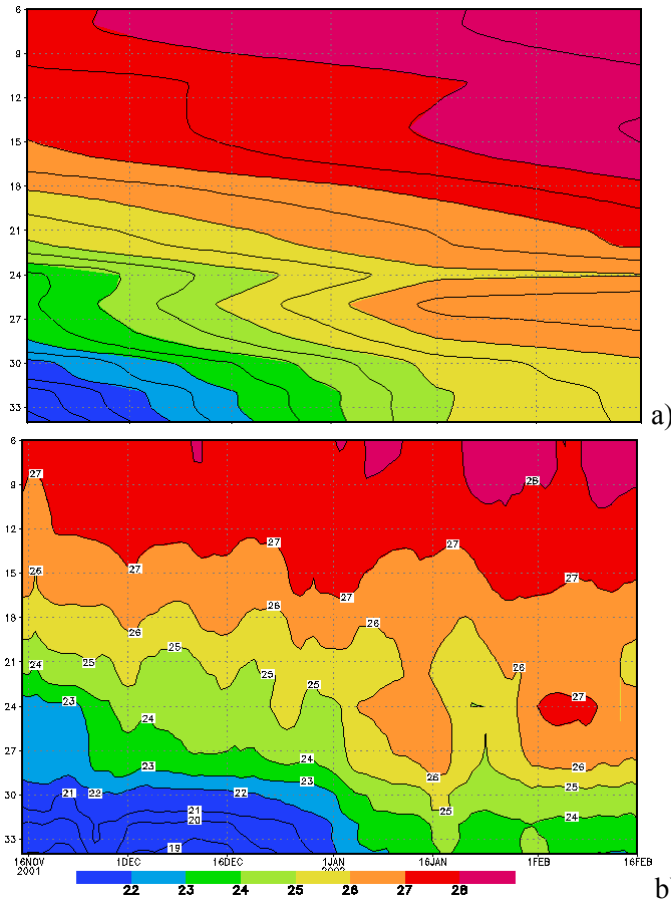


Figura 4: Evolução temporal da SST: a) temperatura prevista; b) temperatura observada.

A evolução da SST observada ao longo da costa brasileira, desde 34° S até 6° S, em relação ao prazo de integração pode ser vista na figura 4 b.

Observa-se, em geral, um aquecimento em toda a faixa litorânea com o decorrer do tempo. Nas latitudes mais altas, em torno de 30° S, as temperaturas em dezembro estão em torno de 22° C e não ultrapassam de 25° C em fevereiro. Para latitudes mais baixas o aquecimento é menor, com valores entre 26° e 28° C.

A evolução da SST prevista para o período de integração do modelo é vista na figura 4 a. Observa-se também uma tendência de aquecimento ao longo da costa leste brasileira com o avanço do prazo de previsão, porém os valores previstos apresentam algumas diferenças em relação aos observados.

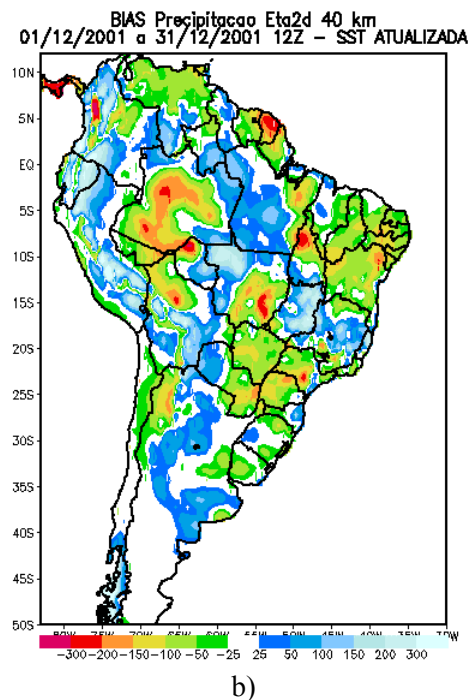
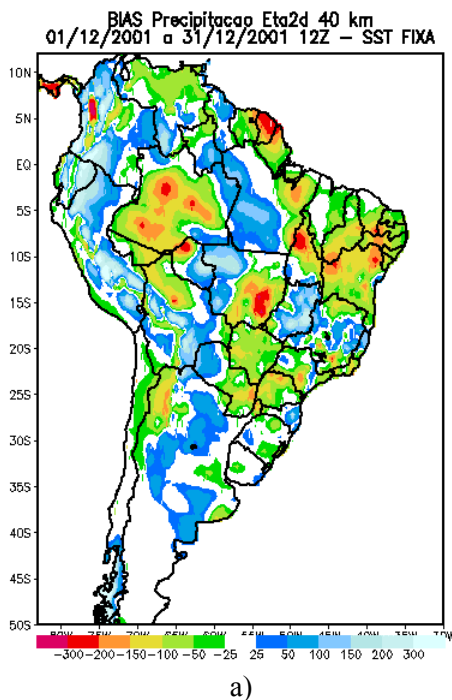
N a faixa entre 34° e 24° S os valores previstos são, em geral, mais altos do que os observados, indicando um aquecimento maior do que o ocorrido. A mesma tendência de mostrar um aquecimento maior do que o ocorrido é observada para o restante da costa, porém com diferenças menores do que em latitudes mais ao sul.

4- IMPACTO DA ATUALIZAÇÃO DA SST SOBRE AS PREVISÕES DO MODELO

O comportamento da SST observada durante o período de integração foi também verificado na SST atualizada pelo modelo. Uma avaliação das previsões do modelo, quando rodado com SST atualizada, em comparação à rodada com SST fixa, mostra o impacto da tendência de resfriamento ou aquecimento dos oceanos sobre as previsões do modelo.

O impacto da atualização da SST sobre o campo de precipitação pode ser observado calculando o BIAS de cada um dos meses da integração (figura 5). Este índice é obtido calculando a diferença entre a previsão de precipitação acumulada mensalmente e o total mensal observado.

O impacto foi mais significativo para a região Nordeste do Brasil. Para o mês de dezembro de 2001 nota-se que os principais núcleos de BIAS negativos sobre a região Nordeste foram desintensificados. Nas previsões válidas para janeiro de 2002, para a região Nordeste, as previsões obtidas com a atualização da SST indicam um BIAS negativo menor quando comparados aos resultados obtidos pelas previsões com SST fixa (figuras 6 c e d). Para o mês de fevereiro de 2002 (figuras 6 e e f), na região Nordeste, houve uma desintensificação dos núcleos de BIAS negativos, porém o modelo com atualização da SST superestima a previsão sobre os estados do Maranhão e Piauí. Ainda no mês de fevereiro diminuições da tendência negativa são observadas sobre o Brasil central; na região Sul, principalmente sobre o estado do Rio Grande do Sul, o núcleo de superestimativa é desintensificado. O mesmo ocorre na Venezuela e em parte da Argentina.



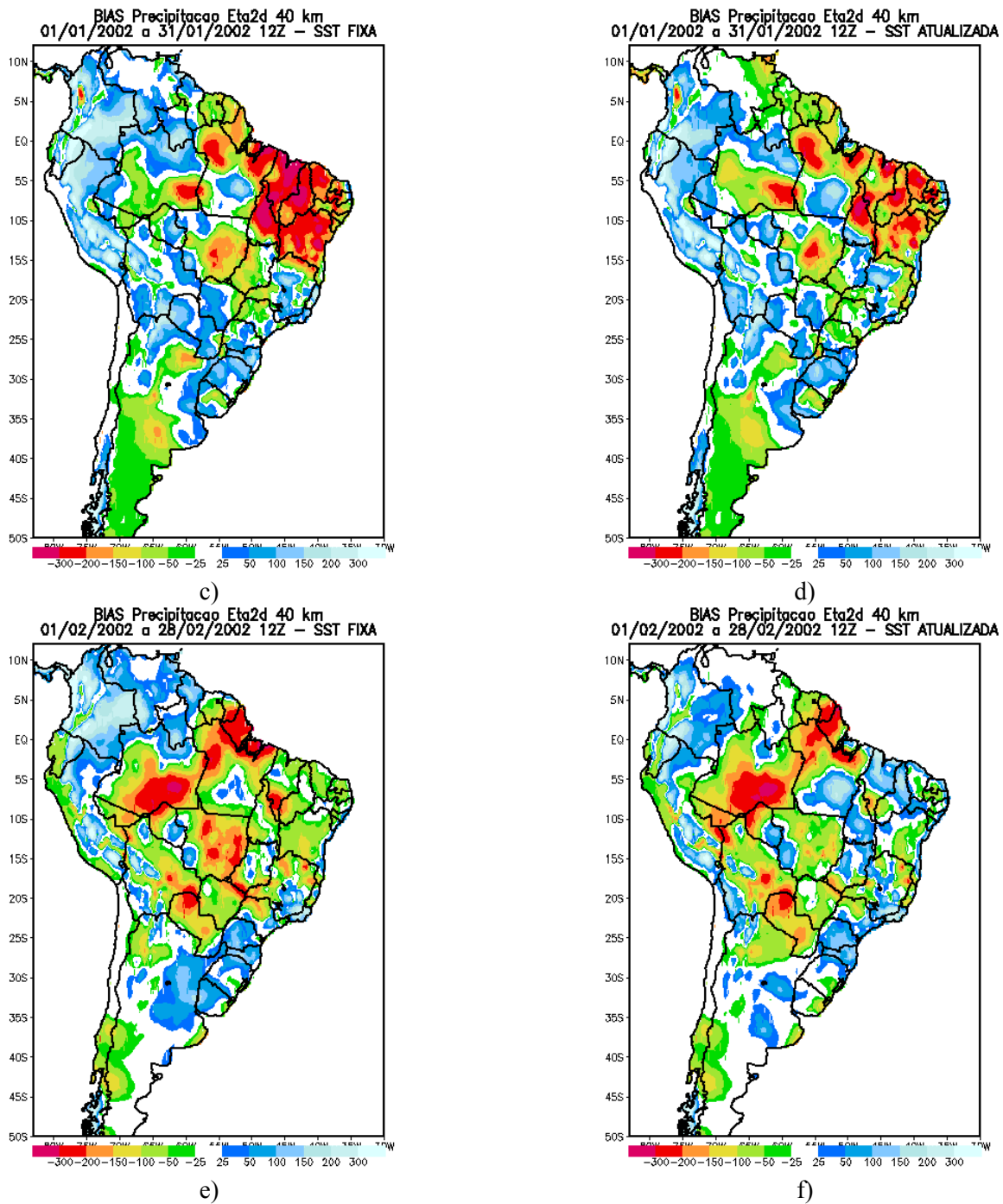


Figura 6: BIAS mensal: a) SST fixa para o mês de dezembro; b) SST atualizada para o mês de dezembro; c) SST fixa para o mês de janeiro; d) SST atualizada para o mês de janeiro; e) SST fixa para o mês de fevereiro; f) SST atualizada para o mês de fevereiro.

O BIAS médio para todo o período é mostrado na figura 7 a e b. Em média as principais diferenças observadas estão sobre a região Nordeste e o Brasil central, onde os núcleos de BIAS negativos são desintensificados na rodada com SST atualizada. O núcleo de BIAS positivo sobre a Argentina também foi desintensificado. Sobre o estado de Goiás o núcleo de BIAS positivo foi ligeiramente intensificado.

Para a avaliação do impacto das mudanças outras variáveis também foram avaliadas, tais como a circulação em altos níveis, temperatura e altura geopotencial em 850 hPa. Em todas estas variáveis o padrão dos dois experimentos é muito semelhante.

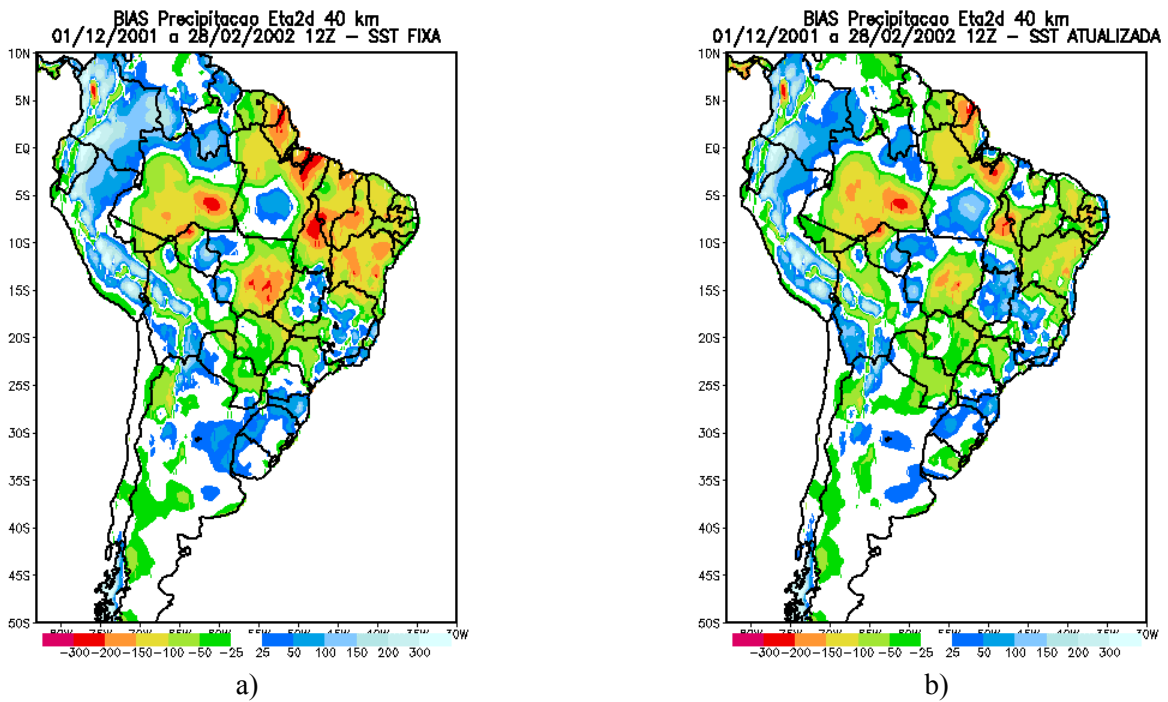


Figura 7: BIAS médio para todo o período: a) SST fixa; b) SST atualizada.

O campo médio para todo o período da circulação em altos níveis é mostrado na figura 8. A análise média (figura 8 b) indica a Alta da Bolívia com centro sobre o oeste do estado do Mato Grosso e um cavado sobre a costa norte da América do Sul. As previsões deslocam a posição da Alta da Bolívia para sudoeste e o cavado para dentro do continente com o eixo inclinado sobre a região Nordeste do Brasil.

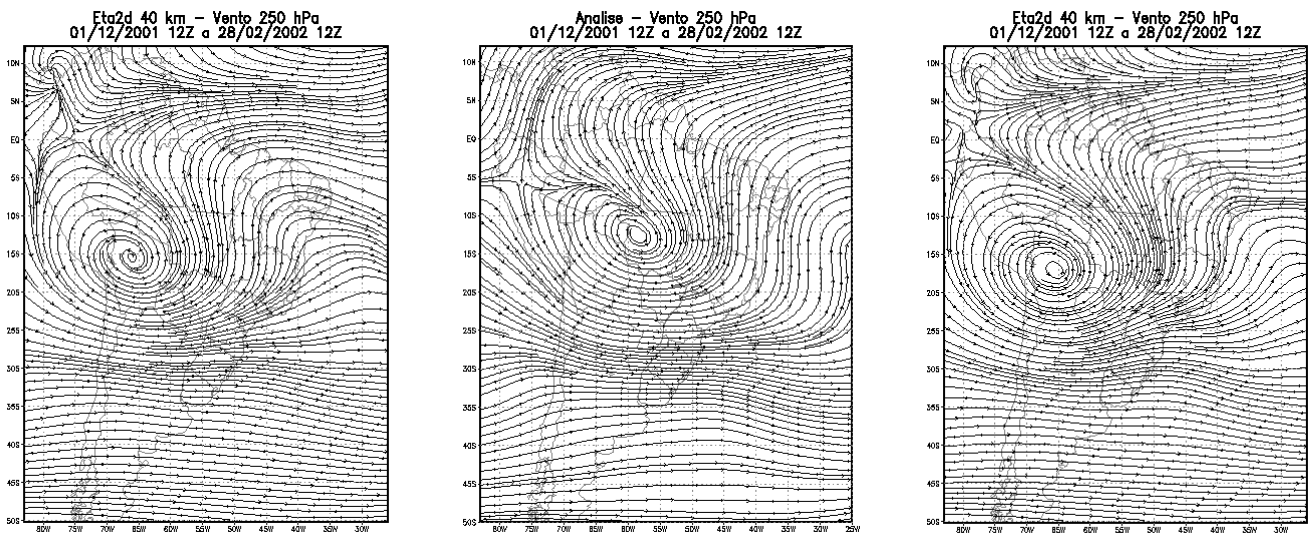
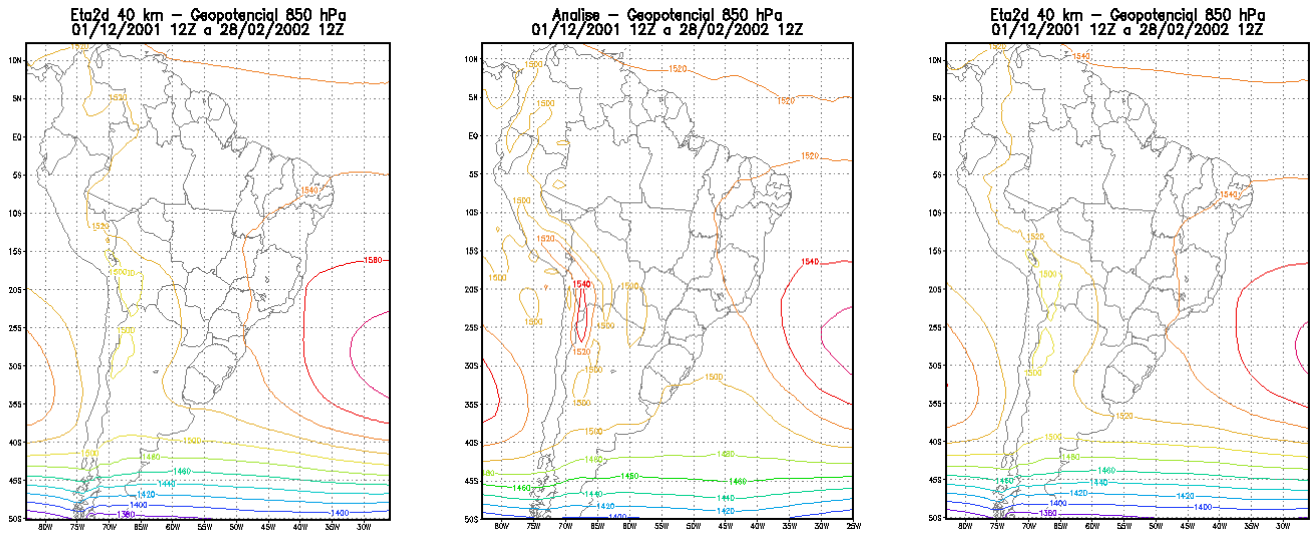


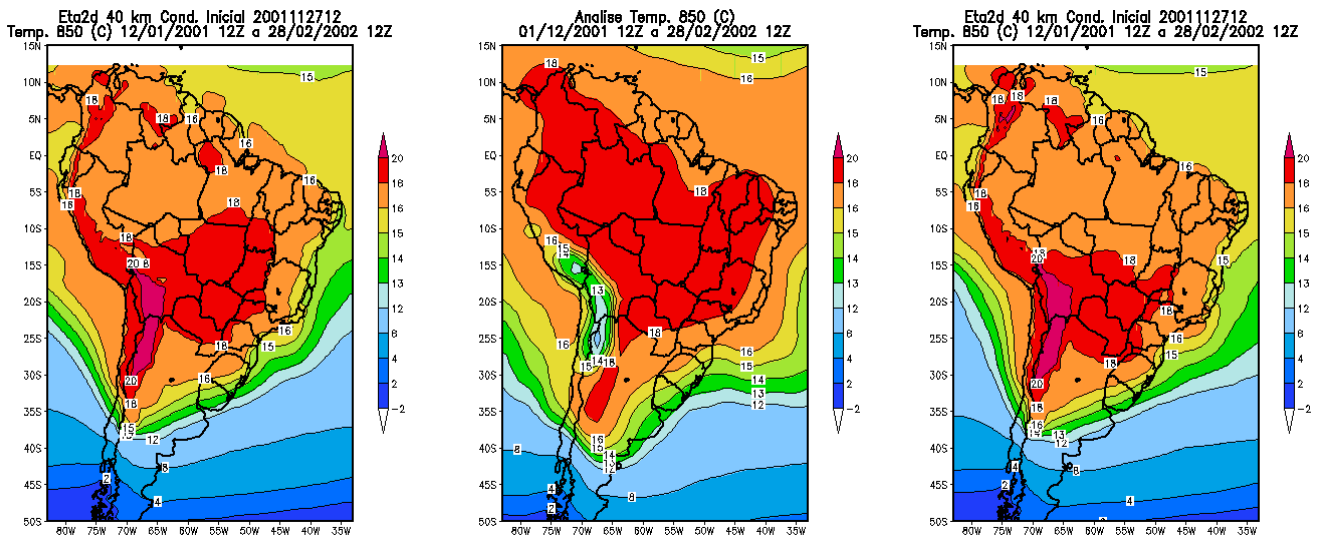
Figura 8: vento em 250 hPa médio para todo o período: a) previsão com SST fixa; b) Análise NCEP; c) previsão com SST atualizada.

No campo de altura geopotencial em 850 hPa as previsões mostram a mesma tendência de superestimar a Alta Subtropical do Atlântico (figura 9 a-c).



a) b) c)
 Figura 9: altura geopotencial em 850 hPa médio para todo o período: a) previsão com SST fixa; b) Análise NCEP; c) previsão com SST atualizada.

Para a temperatura em 850 hPa (figura 10 a-c), observa-se que em geral os valores previstos com a atualização da SST (figura 10 c) sobre a costa leste do Brasil, principalmente próximo ao estado da Bahia, são mais próximos aos observados (figura 10 b) do que os previstos com a SST fixa (figura 10 a).



a) b) c)
 Figura 10: temperatura em 850 hPa média para todo o período: a) previsão com SST fixa; b) Análise NCEP; c) previsão com SST atualizada.

5 -CONCLUSÃO

Para atualizar a temperatura da superfície do mar no experimento realizado, foi utilizado um arquivo de anomalia de SST persistida para o período de um ano. Este arquivo é composto de valores mensais válidos para o 15º dia de cada mês. Durante o período de integração dos experimentos, em geral, a tendência de aquecimento ou resfriamento dos oceanos foi verificada na atualização da SST pelo modelo.

A atualização da SST pelo modelo é feita pela interpolação linear diária a partir de um arquivo mensal. Conforme mostrado na figura 3, a subrotina implementada ao modelo para a atualização da SST, interpola corretamente os valores para cada dia dentro do prazo de integração do modelo.

O maior impacto da atualização da SST é observado sobre o campo de precipitação. Com a atualização da SST os valores previstos pelo modelo, em geral, estão mais próximos aos observados. Grandes diferenças são

observadas sobre a região Nordeste do Brasil. Em todos os meses de previsão o BIAS negativo é menor para as previsões com a atualização da SST.

Nota-se também que as diferenças entre as previsões geradas pelos dois experimentos são maiores com o decorrer do prazo de integração. O padrão de chuvas para janeiro e fevereiro de 2002 está muito mais próximo ao ocorrido quando a SST é atualizada. Isto parece estar diretamente relacionado com os valores de SST, pois a diferença observada entre a SST no início e no final da integração pode atingir até 3° C em algumas latitudes, de modo que quando esta informação é fornecida ao modelo melhores previsões são obtidas. Com o avanço da integração observa-se que as previsões com atualização da SST conduzem a melhores resultados quando comparados as previsões com SST fixa.

Com os resultados obtidos, uma versão do modelo Eta com atualização da SST têm sido operacionalmente rodado no CPTEC, uma vez ao mês, gerando previsões de 4 meses.

Novos testes serão feitos utilizando a SST climatológica.

Referências:

- Betts, A. K.; Miller, M. J., 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, and arctic air-mass data sets. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, 112, 693-709.
- Betts, A. K.; Miller, M. J., 1993: The Betts-Miller scheme. The Representation of cumulus convection in numerical models. **Amer. Meteor. Soc.**, 46, 107-121.
- Black, T. L., 1994: The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Wea. Forecasting**, 9, 265-278.
- Fels, S. B.; Schwarzkopf, M. D., 1975: The simplified exchange approximation. A new method for radiative transfer calculations. **J. Atmos. Sci.**, 32, 1475-1488.
- Lacis, A. A.; Hansen, J. E., 1974: A parameterization of the absorption of solar radiation in earth's atmosphere. **J. Atmos. Sci.**, 31, 118-133.
- Mellor, G. L.; Yamada, T., 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. **J. Atmos. Sci.**, 31, 1791-1806.
- Mellor, G. L.; Yamada, T., 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. **Rev. Geophys. Space Phys.**, 20, 851-875.
- Mesinger, F., 1984: A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. **Riv. Meteor. Aeronaut.**, 44, 195-202.
- Mesinger, F.; Janjic, Z. I.; Nickovic, S.; Gavrilov, D.; Deaven, D. G., 1988: The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. **Mon. Wea. Rev.**, 116, 1493-1518.