

INFLUÊNCIA DO ANINHAMENTO NA PERFORMANCE DO MODELO ETA

José R. Rozante e S.C. Chou

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

Cachoeira Paulista, SP, Brasil

e-mail:rozante@cptec.inpe.br

RESUMO

Este estudo consiste em configurar o modelo Eta em alta resolução (20 km na horizontal e 38 e 50 níveis na vertical), e aninhá-lo com condições de contorno provenientes do modelo Eta de menor resolução (40 km na horizontal e 38 níveis na vertical), rodado operacionalmente no CPTEC. As configurações de alta resolução foram rodadas utilizando como condição inicial a análise do NCEP e contornos laterais as previsões do modelo Eta operacional, e também a título de comparação, as previsões do modelo global do CPTEC. A performance desses experimentos foi avaliada utilizando dados observados para um episódio frio ocorrido em abril de 1999 sobre a Região Sul do Brasil, Uruguai e norte da Argentina. Os resultados mostram que os modelos aninhados com previsões do Eta foram capazes de produzir, com economia, previsões satisfatórias para as primeiras 24 horas de previsão, a partir desse horário os resultados podem ter sido afetados pelas condições de contorno provenientes do modelo Eta.

1 - INTRODUÇÃO

A performance de modelos regionais de área limitada geralmente está associada às condições iniciais e de contorno, que normalmente são fornecidas pelos modelos de circulação geral. Nesta situação, ocorre um impacto negativo devido as interpolações no interior e nas laterais do domínio, um outro aspecto que pode contribuir para a diminuição da performance desses modelos são as diferenças que ocorrem entre os processos físicos e parametrizações do modelo regional e os modelos globais. Afim de minimizar os problemas ocasionados pela inconsistência entre as físicas e parametrizações, opta-se pelo aninhamento do modelo Eta.

3 - MODELO ETA

Utilizou-se para este estudo o modelo regional Eta (Mesinger et al., 1988; Black, 1994) desenvolvido na Universidade de Belgrado. Esse modelo usa a grade E de Arakawa (Arakawa e Lamb, 1977) e coordenada vertical η (Mesinger, 1984). A integração no tempo utiliza a técnica de 'split-explicit' (Gadd, 1978). Os processos turbulentos são tratados através do esquema de Mellor-Yamada (1974, 1982). O esquema de parametrização de radiação de ondas longas (Fels e Schwarzkopf, 1975) e curtas (Lacis e Hansen, 1974) foi desenvolvido pelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. O modelo utiliza um esquema de Betts-Miller modificado para parametrizar a convecção (Janjic, 1994). O esquema de superfície é representado pelo esquema OSU (Chen et al., 1997).

4 - METODOLOGIA

Foram realizados 5 experimentos, utilizando como condições de contorno as previsões do modelo global do CPTEC (T062L28) e previsões do modelo Eta., apresentados na tabela 1:

Siglas	resolução horizontal (km)	resolução vertical (níveis)	condições de contorno previsões
• F40km_38Lo	40	38	modelo global CPTEC
X F20km_38L	20	38	modelo global CPTEC
O F20km_50L	20	50	modelo global CPTEC
F20km_38La	20	38	modelo Eta (• F40km_38Lo)
♦ F20km_50La	20	50	modelo Eta (• F40km_38Lo)

Tabela 1: configuração dos 5 diferentes experimentos.

A figura 1 mostra os domínios utilizados nos experimentos. O área maior (vermelho) indica o domínio da configuração rodada operacionalmente no CPTEC e tomado como experimento de controle, enquanto que o área menor (azul) é utilizado nas demais configurações sobre o domínio reduzido.

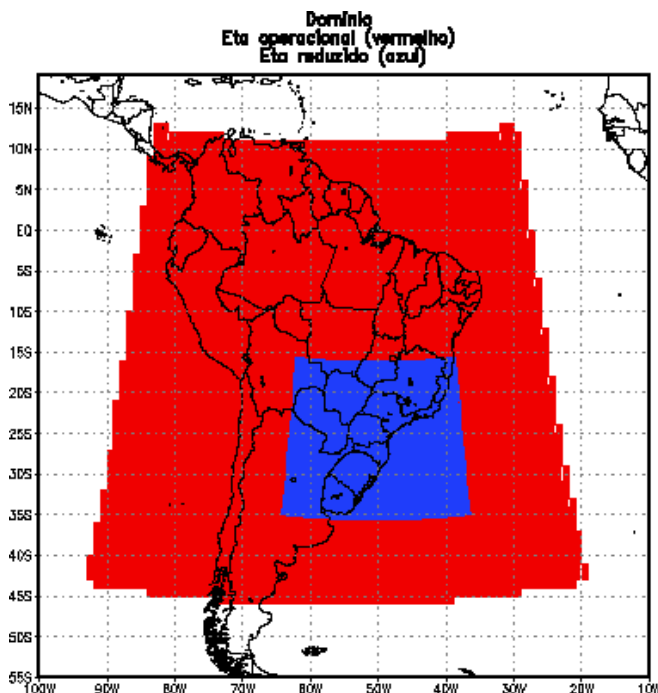


Figura 1: A área maior (vermelho) corresponde aproximadamente o domínio da rodada de controle (operacional); a área menor refere-se às outras configurações com domínio reduzido.

A performance de cada configuração do modelo foi avaliada utilizando dados observados de temperaturas e pressão ao nível médio do mar extraídos de mensagens SYNOP, METAR e de RADIOSSONDAGEM. Diferenças entre os pontos extraídos dos modelos e dados observados são efetuadas para os horários sinóticos (00Z 06 Z 12Z 18Z) e divididos em 3 classes : diferenças entre -1 e 1 são considerados como acertos, diferenças maiores que 1 são considerados como superestimativas, e diferenças menores que -1 são considerados como subestimativas. Para avaliar a performance na vertical, foram calculadas diferenças entre o perfil de temperatura extraído do modelo e dados de radiossondagem, juntamente com o erro quadrático médio das diferenças - RMS. Para avaliar as condições laterais utilizadas no modelo, comparações entre previsões do modelo Eta, análises do NCEP e dados observados foram efetuadas .

5 - DESCRIÇÃO DO CASO

O caso estudado foi o primeiro episódio frio, ocorrido na segunda quinzena de abril de 1999. Este caso foi de intensidade considerável visto que a advecção de ar frio provocou um queda acentuada de temperatura na região norte do Brasil. Na região sul do Brasil, as menores temperaturas foram registradas em Santa Catarina, onde a ocorrência de neve pôde ser constatada. Um sistema de altas pressões desloca-se desde o sul da Argentina, e chegou atingir a Bolívia no dia 18 de abril de 1999. Enquanto que no sul do Brasil atuava um sistema frontal que teve um rápido deslocamento para a região sudeste, posteriormente à formação de uma ciclogênese no litoral do Rio Grande do Sul e Uruguai. As figuras 2 a - c mostram a seqüência de mapas de satélites onde nebulosidade associada a um sistema frontal na região sul se desloca rapidamente para região sudeste. As figuras 3 a - c mostram uma queda acentuada de temperaturas em torno de 10 a 15 °C nas localidades da região central e sul do Brasil entre os dias 16 e 17 abril. As temperaturas mantiveram-se baixas no dia 18, com ligeiro aumento no dia 19.

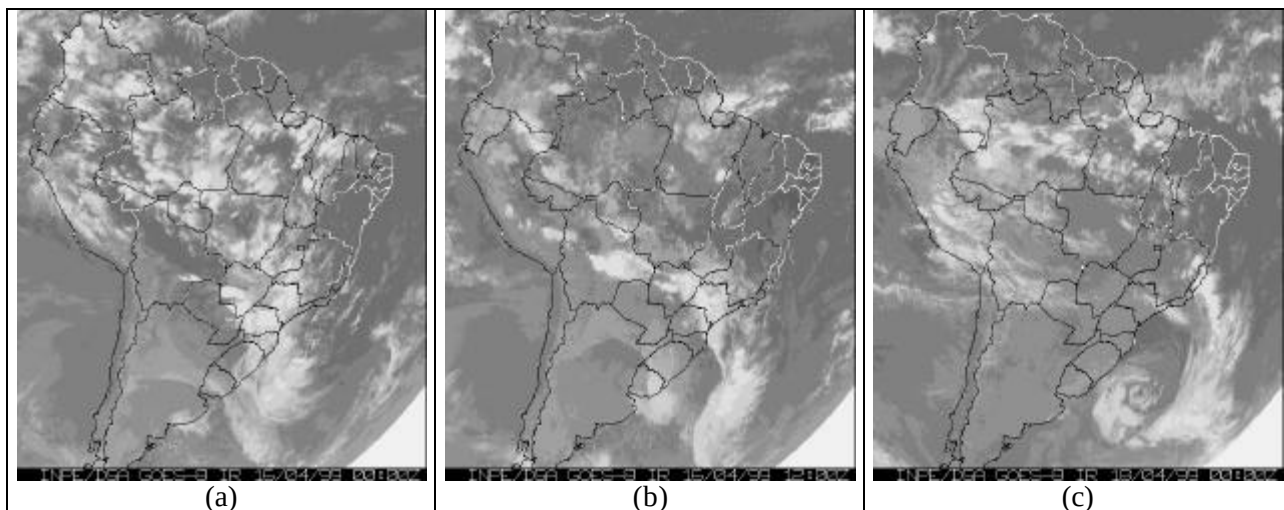


Figura 2: Evolução das imagens GOES para o período estudado:

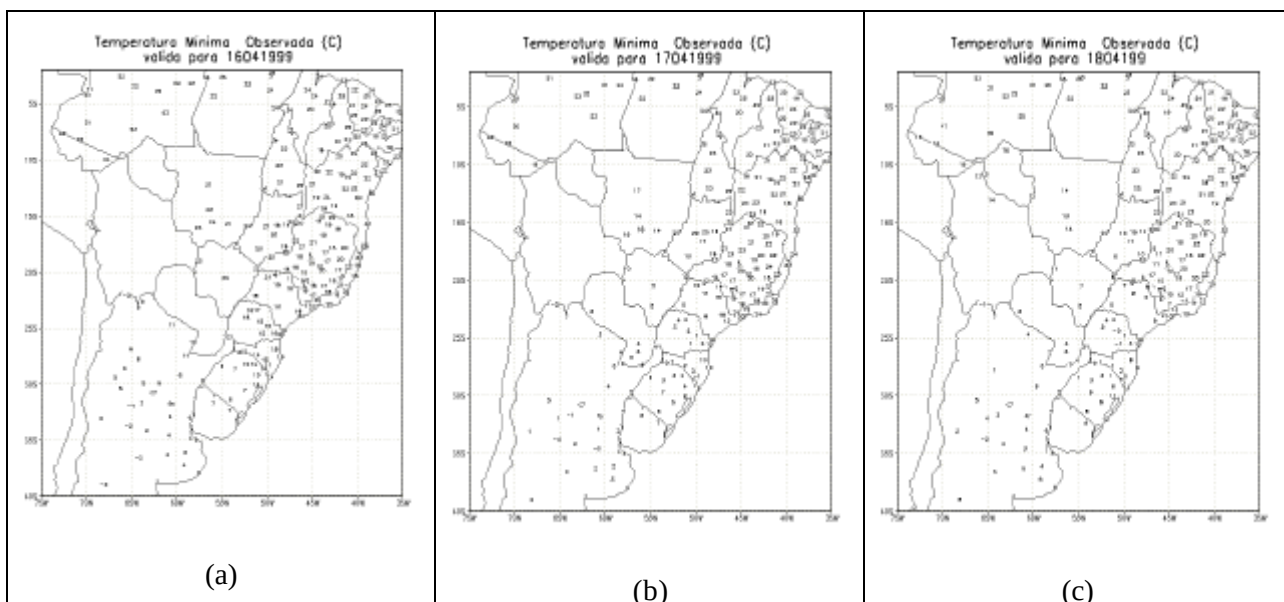


Figura 3: Temperaturas mínimas extraídas de SYNOP para o período estudado (°C).

6 - RESULTADOS

A figura 4 mostra a evolução temporal da percentagem de acertos da pressão ao nível médio do mar (PNMM), sobre todo o domínio reduzido, para os cinco diferentes experimentos. Pode-se observar nesta figura que nas primeiras 24 horas de integração todos os experimentos apresentam padrões semelhantes, sendo que os modelos aninhados obtiveram melhor performance em relação aos outros, atingindo aproximadamente 45% de acerto nas primeiras, exceto em 06Z. No restante da integração observa-se uma inversão nos resultados, as versões que utilizam como condições de contorno as previsões do modelo global apresentam melhor performance, enquanto que os aninhados e a versão operacional mostram um queda considerável em suas performances. Percebe-se também, uma forte dependência entre os modelos aninhados e o Eta operacional (40km_38Lo), durante todo o período de integração.

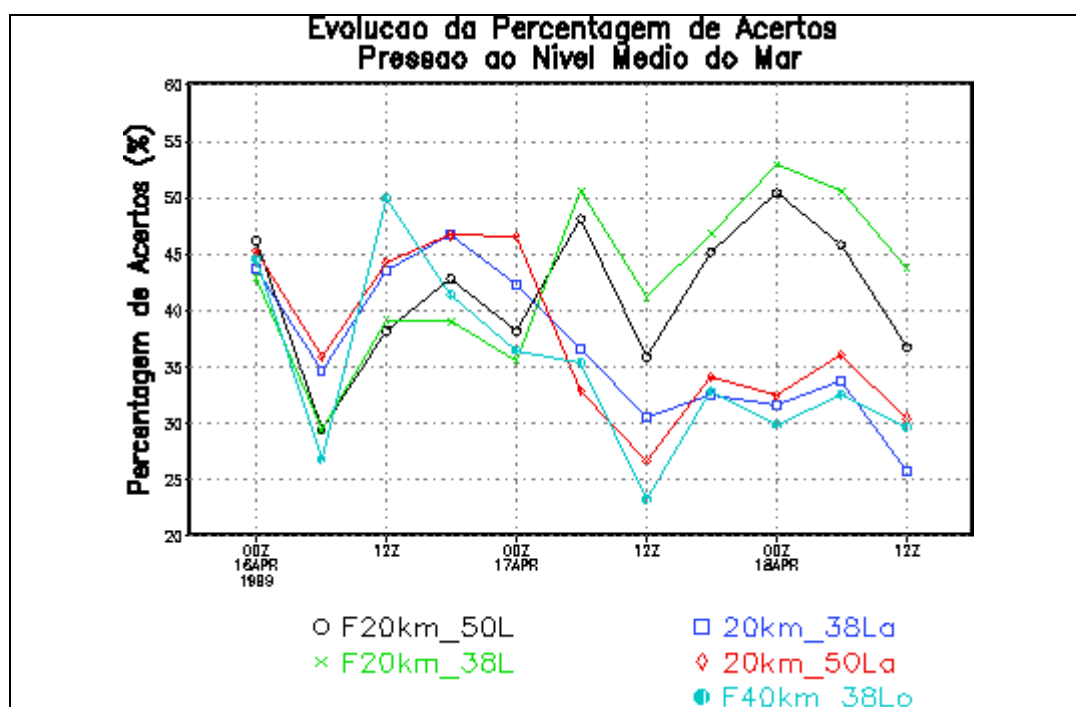


Figura 4: Percentagem de acertos (diferenças entre -1 e 1 hPa) para pressão ao nível médio do mar sobre o domínio reduzido.

Visando identificar as regiões de ocorrências de acertos, subestimativas e superestimativas, elaborou-se uma distribuição espacial desses índices sobre o domínio estudado, para os cinco experimentos. Com base na figura 4 (evolução da percentagem de acerto) e tomando o horário de 60 horas de previsão como exemplo obtemos os gráficos a seguir. Esses gráficos consistem em pontos com três cores, vermelho, azul e verde as quais indicam acertos, superestimativas e subestimativas, respectivamente. As figuras 5a e 5b mostram os resultados referentes aos modelos de alta resolução alimentados com o modelo global. Neste caso esses experimentos foram os que obtiveram os melhores resultados, com índices em torno de 44% para o F20km_38L e 37% para F20km_50L. Na figura 5b, referente ao modelo F20km_50L, observa-se uma forte tendência em subestimar os valores de pressão, principalmente na porção nordeste do domínio, enquanto que no sul do domínio os índices de acertos são razoáveis. Na configuração F20km_38L, a percentagem de acertos é melhorada, no entanto as tendências de subestimativas no nordeste ainda são mantidas. Os modelos aninhados (figuras 5c e 5d), neste caso, não apresentaram bons resultados quando comparados com os que utilizam condições de contorno do global. A distribuição espacial das configurações 20km_38La e 20km_50La mostram fortes tendências em superestimar os valores de pressão em quase todo o domínio, chegando a atingir índices em torno de 67%. Os índices de acertos têm uma ligeira melhoria para 20km_50La, cerca de 30%. A configuração de F40km_38Lo (figura 5e) indica também fortes tendências em superestimar os valores de pressão, principalmente sobre a faixa litorânea da porção sul do domínio, chegando a atingir aproximadamente 43% de superestimativas.

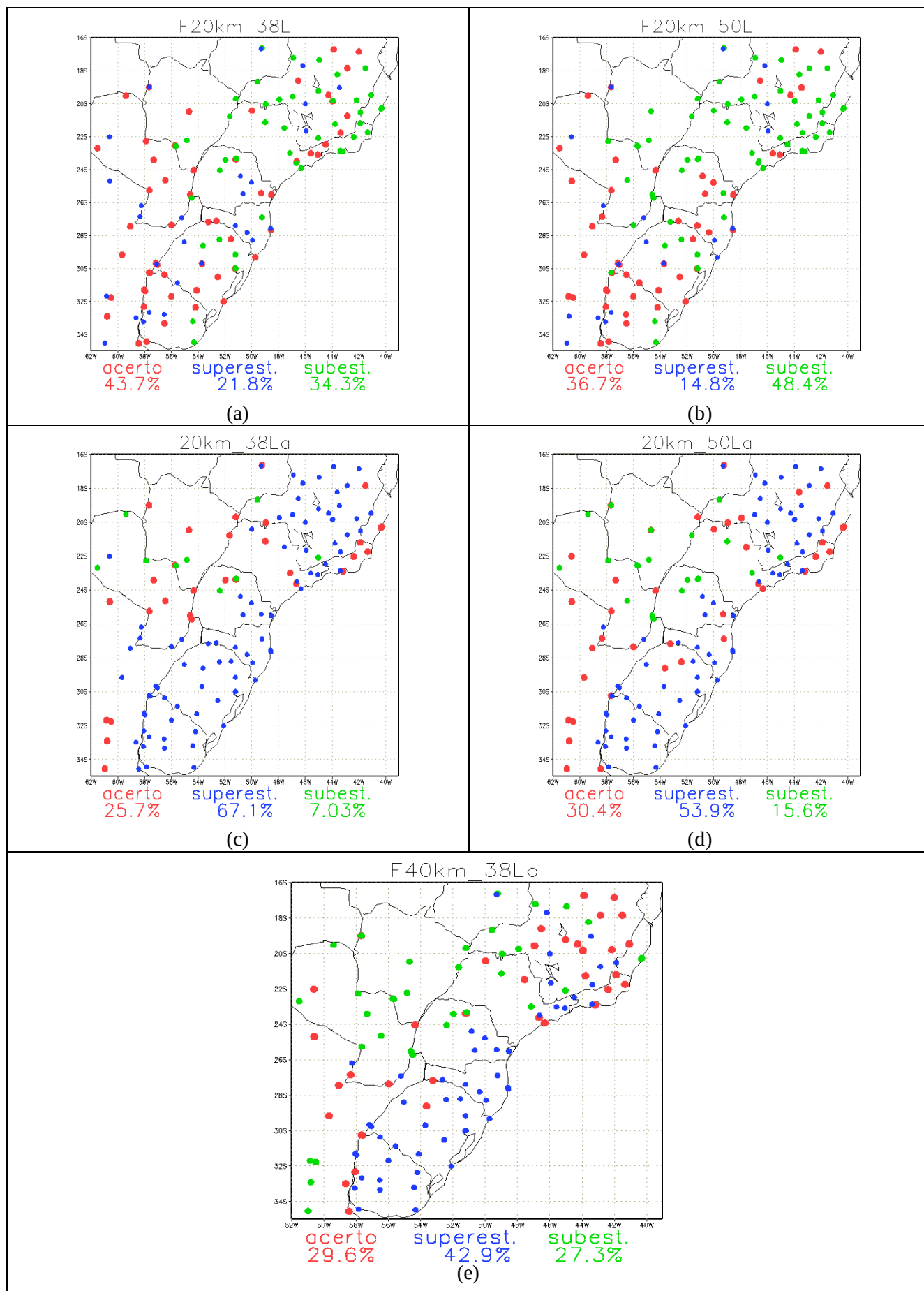


Figura 5: Distribuição espacial dos acertos, subestimativas e superestimativas para a pressão ao nível do mar em 60 horas de previsão.

A figura 6a mostra a evolução temporal dos erros de previsão da pressão ao nível médio do mar válido para Ezeiza, na Argentina. Neste gráfico não se observa diferenças muito significativas entre os modelos de alta resolução, exceto em 36 e 60 horas de previsão, principalmente em 60 horas onde os resultados divergem entre si. Pode-se observar também uma ligeira melhoria nos resultados fornecidos pelos modelos aninhados nas primeiras 42 horas de integração. O experimento que obteve melhor desempenho na maior parte do tempo de integração foi o 20km_50La, apresentando RMS em torno de 1.14 hPa. Nota-se também um comportamento bastante semelhante entre os modelos aninhados e o F40km_38Lo (que fornece as condições de fronteiras).

A figura 6b mostra a evolução temporal dos erros de previsão para a localidade de Campinas. Pode-se observar que os cinco experimentos indicam tendências em subestimar os valores de pressão durante todo o decorrer do período de integração, sendo que os valores são bastante próximos nas primeiras 30 horas de integração. As versões que utilizam as previsões do modelo global como condições de contorno obtiveram resultados com menor performance, sendo a F20km_50L que apresentou os maiores erros de previsão e por consequência maior RMS, cerca de 2.5 hPa. A melhor performance apresentada, principalmente após as primeiras 24 horas, foi a da versão 20km_38La com boa performance e baixo RMS, cerca de 1.3 hPa. Observa-se também que a versão 40km_38Lo apresentou uma performance razoável durante todo o período, onde o RMS ficou em torno de 1.91 hPa. Nota-se ainda nesta figura, padrões semelhantes entre os modelos aninhados, embora a versão com 50 níveis apresente erros de maior magnitude. O mesmo acontece com as versões rodadas com previsões do modelo global.

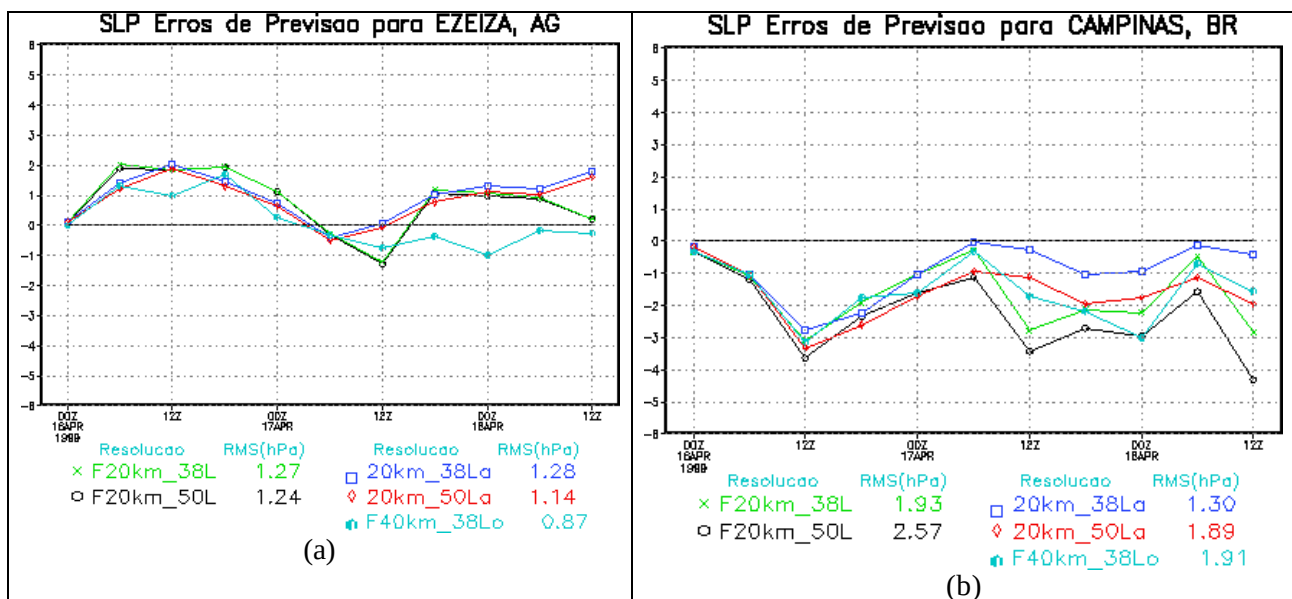


Figura 6: Evolução temporal dos erros de previsão da pressão ao nível médio do mar e RMS calculado para todo o período, (a) Ezeiza, (b) Campinas.

A avaliação dessas localidades e outras não apresentadas indicam a forte dependência entre os modelos aninhados e modelo Eta que fornece as condições de contorno, essa dependência é evidenciada quando se observa os padrões semelhantes apresentados na evolução dos erros de previsão. Nota-se também que em situações onde o modelo Eta operacional tem bom desempenho, as versão aninhadas conseguem melhorar significativamente a sua performance, principalmente a versão 20km_38La. Considerando as situações onde o modelo que fornece as bordas não apresenta um bom desempenho, as versões aninhadas por consequência irá sentir esse impacto negativo em seus campos, porém mesmo nestas situações as versões aninhadas apresentam uma certa melhoria em relação ao operacional.

A figura 7 mostra o perfil das diferenças de temperaturas válidas para 60 horas de previsão, para Ezeiza na Argentina. Pode-se notar que todos os experimentos apresentam tendências em subestimar os valores de temperaturas próximas à superfície. Observa-se também nestes gráficos a forte tendência em subestimar os valores de temperaturas nos modelo alimentados com as previsões do global, enquanto que nos aninhados a maior parte do perfil indica resultados satisfatórios e magnitudes dos erros relativamente pequenos e menores RMS, em torno de 1.5 hPa. O perfil das diferenças indica comportamentos semelhantes tanto entre os modelos rodados com as saídas do global, quanto aqueles que usam as previsões do Eta como condições de contorno. Além disso observa-se também comportamentos similares entres as configurações aninhadas e o modelo operacional.

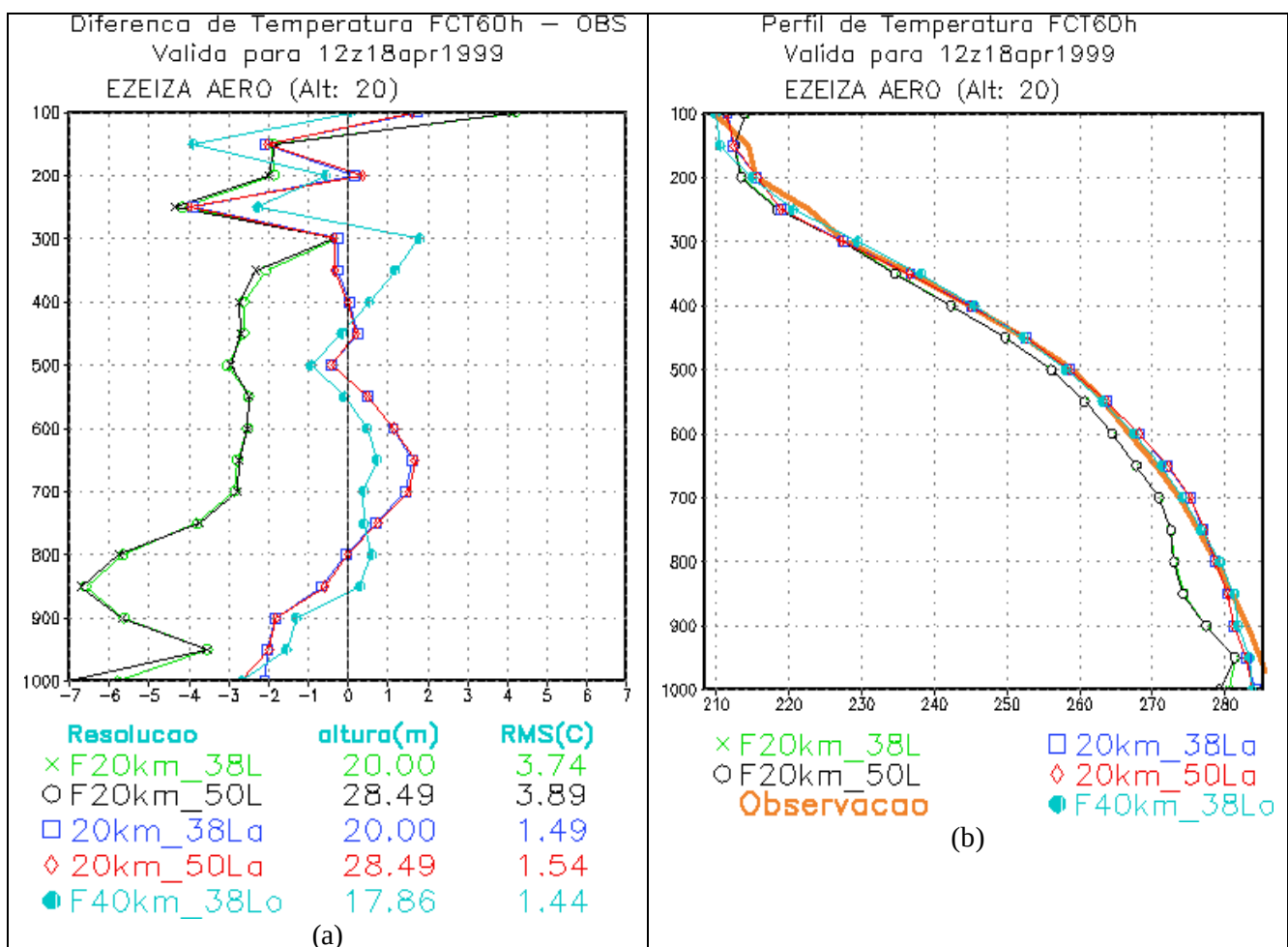


Figura 7: (a) Perfis verticais das diferenças entre previsão 48 horas dos modelos e radiossondagem. (b) Perfis verticais de temperatura para as 5 configurações dos modelos e radiossondagem, válidas para a cidade de Ezeiza - Argentina.

A figura 8a mostra o perfil de diferenças de temperaturas válidas para 60 horas de previsão, para Resistência no Uruguai. Nesta figura pode-se observar que em baixos níveis todas as configurações indicam temperaturas inferiores às observadas, enquanto que em altos níveis as previsões indicam temperaturas superiores às observadas. Os modelos de alta resolução alimentados com o modelo global indicam temperaturas inferiores às da radiossondagem em quase todos os níveis. O perfil de temperatura válida para o horário (figura 8b) mostra uma camada de inversão térmica entre os níveis de 800 a 850 (níveis onde as diferenças são mais acentuadas em todos os experimentos) não previsto por nenhum dos experimentos. Os perfis referentes aos modelos aninhados além de serem muito semelhantes ao Eta operacional apresentam as melhores performances, principalmente 20km_50La que obteve RMS de 1.24 hPa.

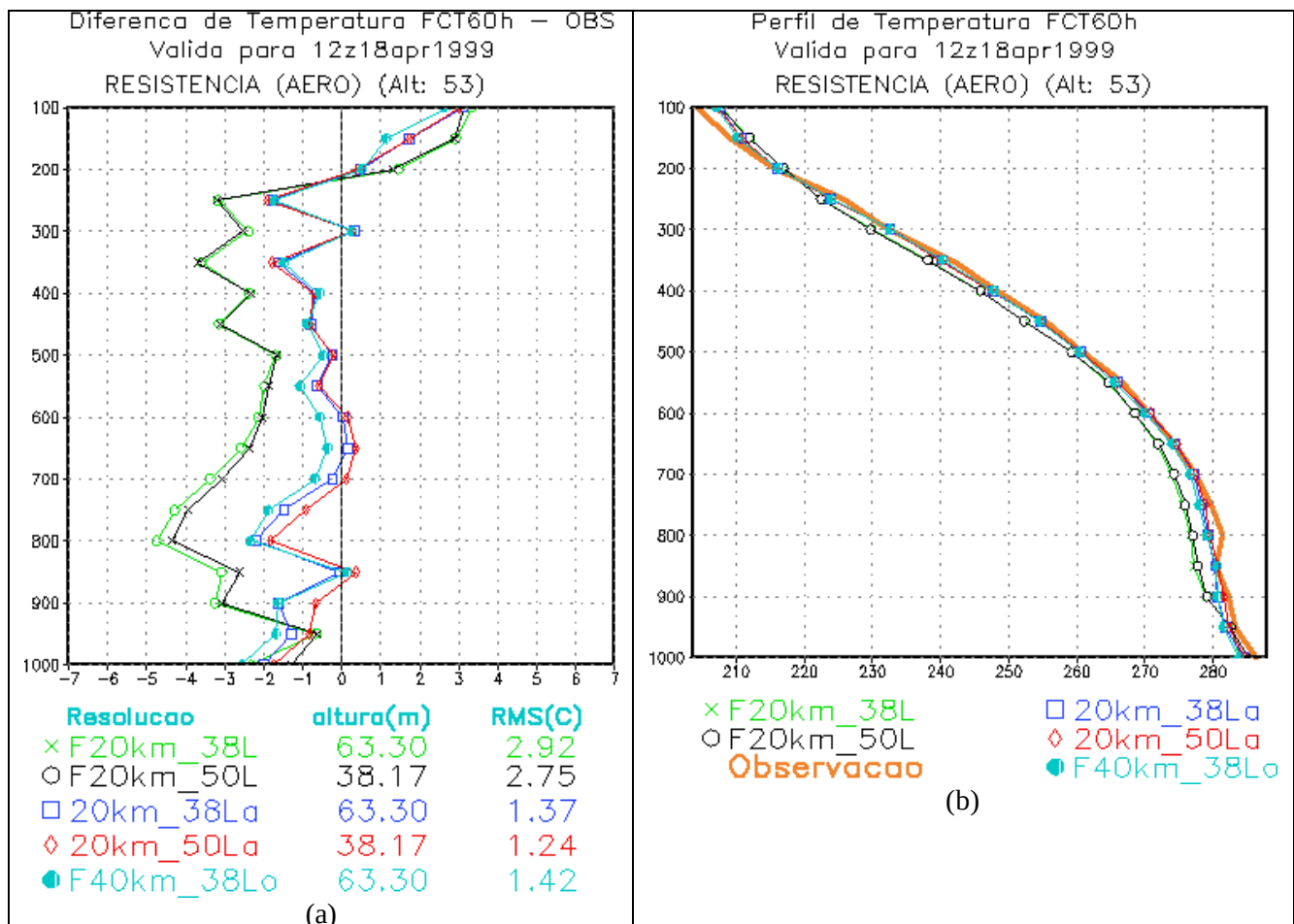


Figura 8: (a) Perfis verticais das diferenças entre previsão 48 horas dos modelos e radiossondagem. (b) Perfis verticais de temperatura para as 5 configurações dos modelos e radiossondagem, válidas para a cidade de Resistência - Uruguai.

A qualidade do tratamento das bordas em modelos de área limitada é muito importante para que se obtenha resultados satisfatórios nas previsões, e uma boa parte dos erros encontrados em modelos regionais geralmente estão associados com condições de contorno. Devido a este fato, fez-se neste estudo uma avaliação das condições de fronteira procurando com isso encontrar respostas para alguns tipos de erros encontrados nos resultados obtidos a partir do aninhamento. A figura 9a mostra a evolução temporal da PNMM para um ponto próximo a borda sul em Montevidéu. Pode-se observar que as pressões em Montevidéu estão em elevação até as primeiras 36 horas, e a partir desse horário tornam-se quase constante em torno de 1020 hPa. Esse comportamento também é observado nas análises do NCEP, porém com valores relativamente superiores, principalmente no período em que ocorre a elevação na pressão. Observa-se também que nas primeiras 6 horas todas as versões dos modelos estão em fase de ajustamento. Nota-se superestimativas por parte dos modelos, principalmente as versões aninhadas e a versão operacional. As configurações rodadas com as condições do modelo global apresentaram resultados bastante próximos aos das análises e observações. Já as versões aninhadas apresentaram comportamento muito semelhante ao modelo que lhe forneceu as condições de contorno, indicando a forte influência que a borda exerce sobre as previsões.

Na borda norte, mostrado na figura 9b, pode-se observar elevação na pressão durante o período estudado, superestimativas por parte dos modelos aninhados, no entanto a versão que fornece as condições indica valores de pressões inferiores, e próximos aos das análises e das observações. Nota-se também que os cinco experimentos conseguiram prever razoavelmente bem as fases das ondas, juntamente com suas tendências.

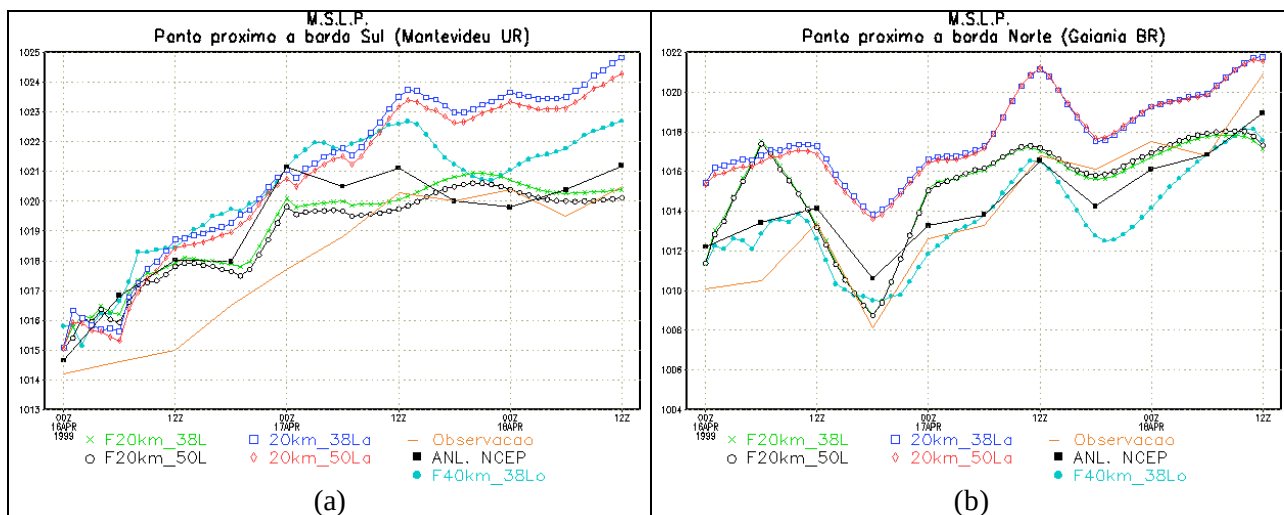


Figura 9: Evolução temporal da PNMM próximo a borda sul (Montevideu) (a), e borda norte (Goiânia) (b).

7 - CONCLUSÕES

A avaliação da pressão ao nível médio do mar indica que as versões de alta resolução aninhadas apresentaram resultados satisfatórios para as primeiras 24 horas de integração. No restante do período a performance caiu consideravelmente, esse comportamento também foi observado para o modelo Eta operacional. A queda na performance das versões aninhadas está diretamente associada a problemas com as condições de contorno na borda sul do domínio, fornecidas pela versão F40km_38Lo, uma vez que em avaliações mensais (não apresentadas), essa versão apresenta erros crescentes com o avanço do prazo de previsão próxima à região onde se retirou as condições de contorno. A avaliação das estações de Ezeiza e Campinas mostrou que nas localidades próximas à borda sul do domínio apresentam tendências em superestimar os valores de pressão, enquanto que no interior do domínio as características são de subestimar.

Em termos de perfis de temperatura, os resultados encontrados foram bastante satisfatórios para os modelos aninhados que apresentaram na maioria dos casos melhor performance e menores valores de RMS. No perfil de temperatura também foi observado uma forte dependência entre a versão aninhada e o modelo Eta operacional (F40km_38Lo).

8 - AGRADECIMENTOS : Este trabalho é apoiado parcialmente pela FAPESP.

9 -BIBLIOGRAFIA

- Arakawa, A., and Lamb, V. R., 1977: Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model. **Methods Comput. Phys.**, 17, 173-265.
- Black, T. L; 1994: The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Wea. Forecasting**, 9, 265-278.
- Betts, A. K., 1986: A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basis. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, 112, 1306-1335.
- Chen, F., Z. I. Janjic, K. Mitchell 1997: Impact of atmospheric surface - layer parameterization in the new land - surface scheme of NCEP. **Bound. - Layer Meteor.**, 85, 391 - 421.
- Fels, S. B., and Schwarzkopf, M. D., 1975: The simplified exchange approximation. A new method for radiative transfer calculations. **J. Atmos. Sci.**, 32, 1475-1488
- Gadd, A. J., 1978: A split explicit integration schema for numerical weather prediction. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, 104, 569-582

- Lacis, A. A., and 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., and Yamada, T., 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. **J. Atmos. Sci.**, 31, 1791-1806.
- ; —, 1982: Development of a turbulence closure models for geophysical fluid problems. **Rev. Geophys. Space Phys.**, 20, 851-875.
- Mesinger F., 1984: Ablocking for representation of mountains in atmospheric models. **Riv. Meteor. Aeronaut.**, 44, 195-202.
- , and Black, T. L., 1995: Impact of resolution and of the Eta coordinate on skill of the Eta model precipitation forecasts. **Numerical Methods in Atmospheric and Oceanic Modelling.**, 399-423.
- , Janjic, Z. I., and Nickovic, S., and 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