

TESTES DE SENSIBILIDADE DO NOVO MODELO GLOBAL MCGA/MPI – CPTEC/INPE USANDO DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES FÍSICAS

*Simone Shizue Tomita¹, Paulo Yoshio Kubota,
José Paulo Bonatti, Dirceu Luís Herdies*

RESUMO

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE tem desenvolvido um novo modelo global MCGA/MPI desde 2002, com a finalidade de aprimorar a qualidade da previsão de tempo e clima. Um novo sistema munido de funcionalidade inovadora e computacionalmente mais eficiente, permite facilidade de uso e melhorou a qualidade da representação dos processos físicos. Para comprovar o esforço aplicado nesse sistema, este trabalho apresenta testes de sensibilidade do modelo utilizando diferentes conjuntos de parametrizações físicas em diferentes resoluções. Os resultados são validados com o experimento de campo SALLJEX 2003 e mostra bons resultados na previsão de tempo, principalmente com as novas parametrizações físicas de convecção de Grell e Souza e de radiação Clirad.

ABSTRACT

The Center for Weather Forecast and Climate Studies – CPTEC/INPE has developed a new AGCM/MPI, since 2002, aiming the weather and climate forecast improvements. A fully new system based on modern programming concepts and computational efficiency allows a better representation of the physical processes as well as a gain on computational processing time. To show the improved performance of this new system a series of sensitivity tests were performed using distinct physical parameterizations and grid resolutions and compared to the SALLJEX 2003 field experiment. The new system has showed some improvements on the weather forecast mainly when the new physical parameterizations Grell and Souza for convection and Clirad for radiation are used.

Palavras-Chave: MCGA/MPI, Parametrizações Físicas, Jato de Baixos Níveis.

1. INTRODUÇÃO

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC tem como principal missão fornecer a previsão de tempo e clima para a sociedade, contudo também contribui para o desenvolvimento de modelos numéricos e produtos operacionais com o objetivo de melhorar a qualidade das previsões. Com o aprimoramento dos modelos numéricos, associados ao rápido desenvolvimento dos recursos computacionais tornou-se necessário investimento e modernização dos sistemas de previsão de tempo. Por esse motivo, foi desenvolvido um novo modelo global MCGA/MPI – CPTEC/INPE.

Atualmente, o modelo global roda operacionalmente com resolução de 60 km – T213L42, para prever 7 dias utilizando o esquema de convecção Kuo (Kuo, 1965) e radiação Rad1 (Lacis et al. 1974 e Davis, 1982), com os processos físicos descritos em Cavalcanti et al. (2002). O novo modelo global tem como objetivo implementar novas funcionalidades e melhorar o desempenho computacional. Baseado no MCGA CPTEC/COLA (Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies) o novo modelo inclui um conjunto de modificações inovadoras, dentre elas um novo esquema de

¹ Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Rod. Presidente Dutra Km 40 – 12630-000 - Cachoeira Paulista, SP – email: tomita@cptec.inpe.br

advecção, novas parametrizações físicas, re-escrita da dinâmica anterior e inclusão de um novo núcleo dinâmico. Este sistema foi totalmente modernizado, o código transcrito para Fortran 90, estruturado por módulos, paralelizado para memória distribuída MPI (*message passing interface*) e compartilhada OpenMP.

O objetivo deste artigo é mostrar parte deste trabalho desenvolvido e também o desempenho do novo modelo comparando com os dados do experimento de campo SALLJEX (Herdies et al. 2004) onde se avalia a simulação do Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste da Cordilheira dos Andes. As simulações consideram duas combinações de parametrizações físicas distintas e duas resoluções espaciais do modelo. A inclusão das parametrizações Grell (Grell et al. 2002) e Souza (Souza, 1999) para convecção e o esquema Clirad (Tarasova et al. 2006) para radiação numa configuração para grade reduzida, será uma das combinações investigadas na previsão de tempo. As resoluções utilizadas são de 100km – T126L28 e 50km – T254L64 e mostram o impacto do aumento da resolução para esse experimento. Como parâmetro de comparação, o sistema também foi configurado para as parametrizações físicas do modelo operacional do CPTEC.

2. O NOVO MCGA/MPI – CPTEC/INPE

O novo MCGA começou a ser desenvolvido no CPTEC em 2002 visando a modernização do sistema e a eficiência computacional. As novas funcionalidades do sistema permitem maior flexibilidade ao usuário na escolha da resolução do modelo e dos esquemas físicos tratados por ele. A principal vantagem computacional é a facilidade de inserir ou retirar esquemas de parametrização de processos físicos do modelo através da criação de módulos em Fortran 90. Depois do módulo inserido no código, a escolha da parametrização é feita através de *namelist*. A mudança de resolução do modelo, também é feita pelo mesmo mecanismo, eliminando assim a necessidade de nova compilação. Visando a portabilidade do sistema, o empenho também foi na direção de máquinas escalares, mesmo que o seu desenvolvimento principal seja feito na máquina vetorial NEC/SX6. Esse sistema já foi testado com sucesso em diversas máquinas escalares, inclusive em *clusters* de PC's. Esse esforço aponta novos caminhos para a pesquisa e desenvolvimento com o modelo MCGA/MPI do CPTEC, tendo em vista o crescimento das novas tecnologias de computadores com baixo custo.

O novo modelo congrega dois métodos de dinâmica: a espectral Euleriana que foi reescrita e tornou-se computacionalmente mais eficiente e a Semi-lagrangeana (Barros, 2006), onde pode se utilizar um Δt até 3 vezes maior que o da dinâmica Euleriana. Outra contribuição é a implementação da grade reduzida, efetivamente utilizada para alta resolução do modelo, onde o número de longitudes por latitude varia com a latitude (Barros, 2006). Isso proporciona redução de cálculos nos pontos próximos ao pólo sem degradar a previsibilidade do modelo. O novo modelo utiliza a física da versão anterior, porém otimizada para NEC-SX6. Entretanto, inclui novos esquemas de

convecção e radiação: a) esquema de convecção profunda (Grell et al. 2002) e de convecção rasa (Souza, 1999); b) esquema de radiação de ondas curtas CLIRAD-SW (Chou e Suarez, 1996, modificado por Tarasova e Fomin, 2000) que foi inserida por Tarasova et al. (2006). Atualmente o novo modelo global está na fase pré-operacional no CPTEC com resolução de 44 km – T299L64 para 10 dias de previsão. Ele roda com 32 processadores em aproximadamente 2 horas de processamento e o desempenho dessa versão do modelo pode ser visto em Kubota et al. (2006, anais deste congresso).

3. METODOLOGIA E DADOS UTILIZADOS

A combinação desses esquemas utiliza a análise do NCEP – National Centers for Environmental Prediction, como condição inicial e de contorno para as resoluções T126L28 e T254L64. A validação dos resultados é feita com as reanálises do experimento de campo SALLJEX (T126L28). Na geração destas reanálises, foi utilizado o sistema de assimilação de dados global do CPTEC – GPSAS (Herdies et al. 2002), baseado no Physical-space Statistical Analysis System – PSAS (Da Silva et al. 1995, Cohn et al. 1998), usando-se uma versão antiga do modelo – MCGA CPTEC/COLA, com o conjunto de parametrização para convecção e radiação (Kuo-Rad1). A simulação do novo modelo foi realizada para o período de 18 a 25 de janeiro de 2003 gerando as análises e previsões a cada 6 horas para todos os dias, investigando a ocorrência do JBN. Essa análise permite demonstrar a sensibilidade do novo modelo, conforme a combinação das parametrizações nos processos físicos, como também avaliar a eficiência nos resultados de cada uma delas.

4. RESULTADOS

4.1. Intensidade do Vento Meridional Sobre Santa Cruz na Bolívia

A componente meridional do vento das análises do SALLJEX usadas por Herdies et al. (2002) e as do NCEP, utilizadas como referência neste trabalho estão ilustradas na Figura 1 com frequência de 6 horas.

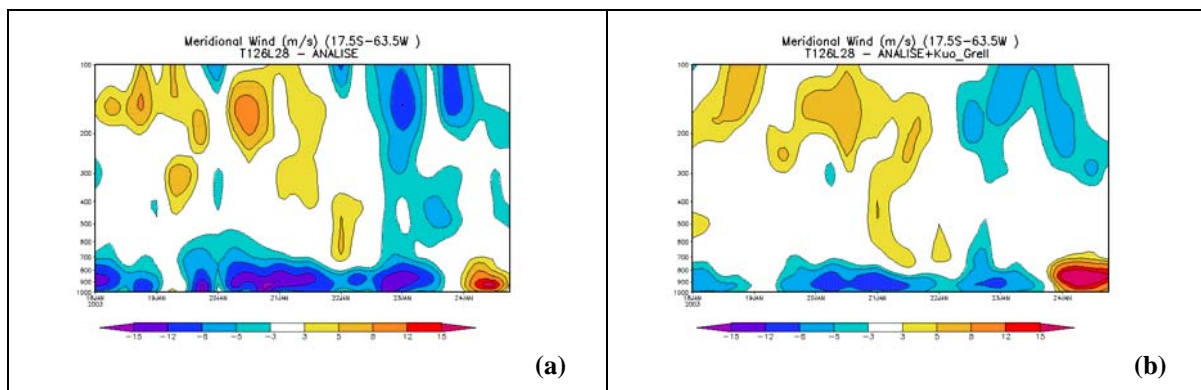


Figura 1. Série temporal da estrutura vertical do vento meridional referente as análises do SALLJEX (a) e do NCEP (b)

As análises do SALLJEX são as que mais se aproximam do estado real da atmosfera, observa-se que as análises do NCEP subestimam as intensidades dos jatos de baixos níveis, exceto para o dia 24 onde há superestimação da intensidade, devido a ocorrência de um jato de sul associado a entrada de um sistema frontal. Então, espera-se que a intensidade dos jatos para as previsões dos dias 18 a 25 referentes à condição inicial do dia 18, seja subestimada para os primeiros dias, pois utiliza a mesma condição inicial do NCEP, como apresentado na Figura 2.

Dos resultados obtidos a partir dos experimentos realizados para os dois conjuntos de parametrizações de convecção e radiação (Grell-Clirad e Kuo-Rad1), observa-se na Figura 2 um aumento na intensidade do vento meridional em torno de 900 mb na localidade de Santa Cruz na Bolívia, para ambos os experimentos, quando comparados com os resultados obtidos nas análises do SALLJEX. O perfil vertical do vento meridional, mostra que o conjunto (Grell-Clirad), Figuras 2b e 2d têm uma intensidade maior que o conjunto (Kuo-Rad1) Figuras 2a e 2c. Tomando-se como base, somente as parametrizações de convecção, pode-se dizer que a diferença na intensidade do vento em 900 mb pode estar associada aos processos físicos característicos de cada modelo.

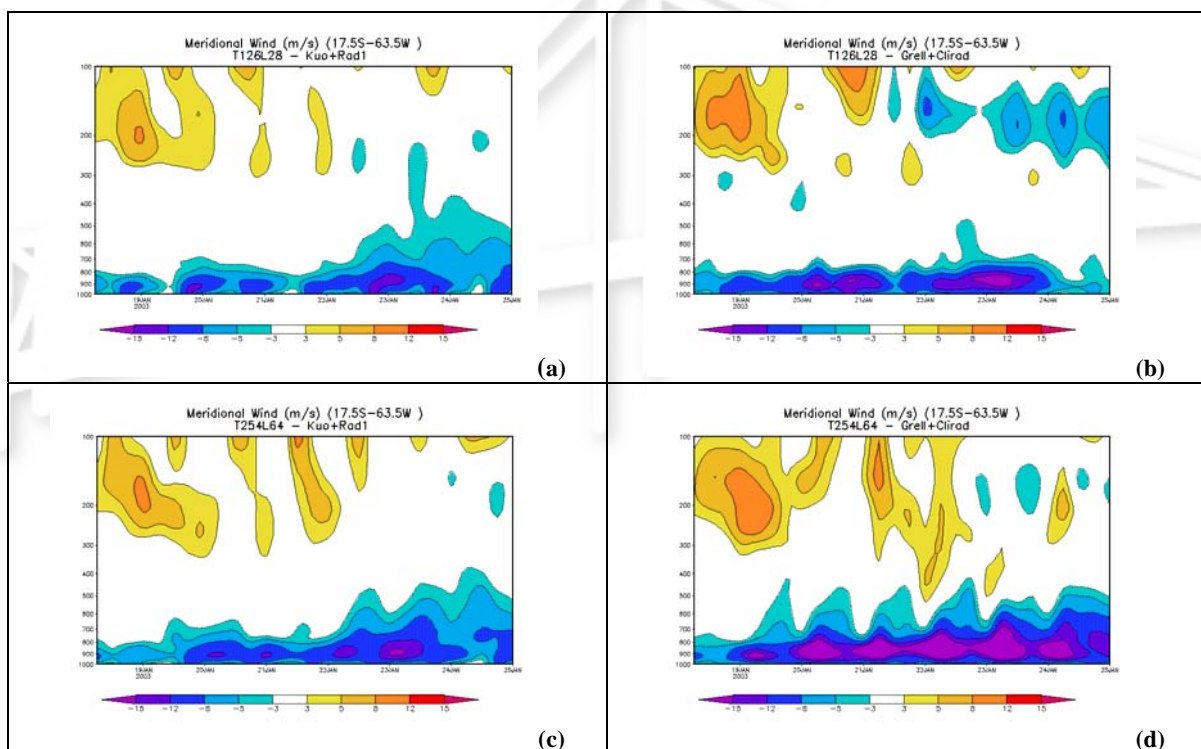


Figura 2 – Serie temporal da estrutura vertical do vento meridional na localidade de Santa Cruz – Bolívia. Previsão com 2 conjuntos de parametrizações (Grell-Clirad) e (Kuo-Rad1).

A parametrização de Grell, baseia-se no estado de “*quasi-equilibrium*”, aproximação de “*single cloud*” e nos fluxos “*updraft*”/”*downdraft*” (Grell, 1993). Os fluxos “*updraft*”/”*downdraft*”, podem ser a causa da maior intensidade do vento meridional na parametrização Grell, enquanto a parametrização de Kuo, baseia-se somente na convergência de umidade e no umedecimento devido a umidade relativa (Kuo, 1965).

Outra característica vista no perfil do vento meridional é o seu ciclo diário. Este ciclo possui uma maior intensidade no período noturno, associado à estratificação da camada limite, devido ao esfriamento radiativo da superfície, que durante o dia com o desenvolvimento da camada limite planetária e o aumento da turbulência ocorre uma desintensificação do vento meridional. Observa-se também uma melhora no detalhamento deste ciclo, quando se utiliza a resolução de 50 km e 64 camadas na vertical nos dois conjuntos de parametrizações. O Conjunto Grell-Clirad apresenta um melhor detalhamento do ciclo diurno, isto pode estar associado à parametrização de onda curta Clirad (Chou and Suarez, 1999), que segundo (Tarasova et al. 2006) o esquema Clirad simula de forma mais realista o fluxo de radiação de onda curta na superfície.

4.2. Avaliação das previsões com sondagens atmosféricas

As comparações das previsões do perfil do vento meridional com as análises e a sondagem referente ao dia 21 estão ilustradas na Figura 3. Observa-se que para a previsão de 72 horas o conjunto Grell-Clirad superestima a intensidade do jato em relação a sondagem atmosférica (RAOB), sendo que, as análises CONTROL (SALLJEX), NCEP e o conjunto Kuo-Rad1 subestimam a intensidade do jato.

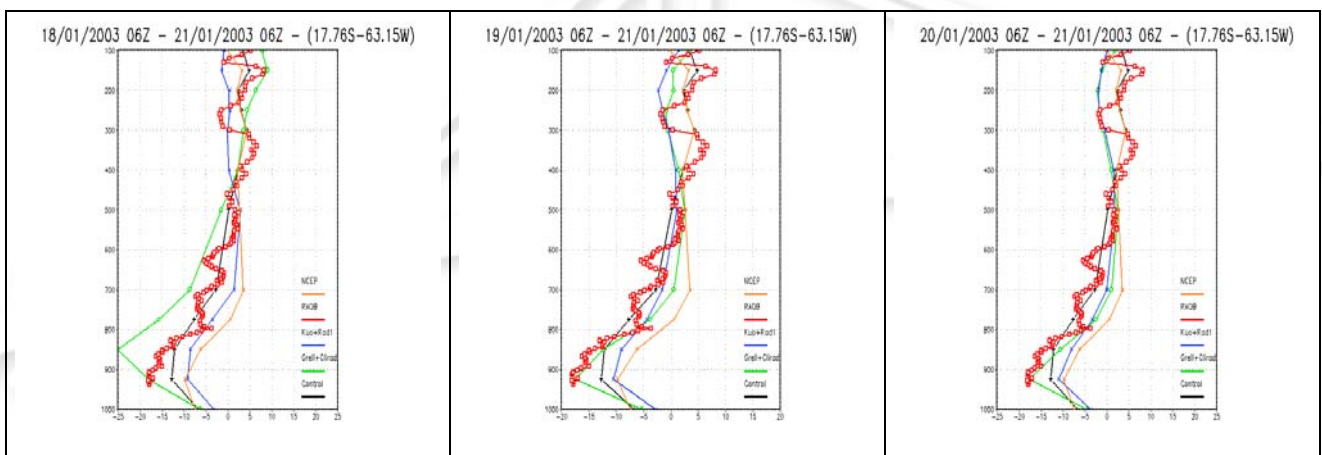


Figura 3 – Análises, Previsões e Sondagem do perfil vertical do vento meridional para o dia 21/01/2003.

Para as previsões de 24 e 48 horas o conjunto Grell-Clirad prevê qualitativamente bem a intensidade do jato, e os outros perfis continuam subestimando a intensidade. Portanto, os resultados analisados sugerem que a configuração do modelo Grell-Clirad mostra os melhores desempenhos.

COMENTÁRIOS FINAIS

O conjunto de comparações efetuadas para esse experimento mostra a influência das diferentes parametrizações na intensidade do vento em baixos níveis. Em relação à resolução, a intensidade dos jatos simulados com resolução de 50 km e 64 níveis é mais elevada em relação ao de 100 km e 28 níveis, gerando maior erro em relação às re-análises do SALLJEX. A maior

densidade de níveis sigma próximo à superfície e o processo de interpolação no pós-processamento podem ter propiciado a superestimativa na intensidade do jato. Apesar do conjunto Grell-Clirad superestimar a intensidade do jato após 72 horas, as previsões para 24 e 48 horas representam melhor qualitativamente a sondagem realizada para o dia 21/01/2003.

Uma das características mais importantes do novo modelo global é de facilitar o acoplamento de novas parametrizações e novos esquemas físicos, juntamente com bom desempenho computacional. Estudos de casos de clima e tempo estão sendo realizados para melhorar os ajustes do novo modelo com o conjunto Grell-Clirad, entretanto essa configuração demonstra ganhos na qualidade da previsão de tempo. O MCGA/MPI está em constante desenvolvimento no CPTEC e futuramente seu código será disponibilizado à comunidade científica e acadêmica.

REFERÊNCIAS

- Tarasova, T.A., H.M.J. Barbosa, S.N. Figueroa, Incorporation of new solar radiation scheme into CPTEC GCM. Sao José dos Campos: INPE/CPTEC, 44 p., 2006. (INPE-14052-NTE/371)
- Davies, R., 1982: Documentation of the solar radiation parameterization in the GLAS climate model. *NASA Tech. Memo.* 83961, 57 pp.
- Lacis A. and J. E. Hansen, 1974: A parameterization of the absorption of solar radiation in the Earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 31, 118-133.
- Grell, Georg A. Prognostic Evaluation of Assumptions Used by Cumulus Parameterizations *Monthly Weather Review* 1993 121: 764-787
- Kuo, H. L., 1965: On the formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection. *J. Atmos. Sci.*, 22, 40-63.
- Anthes, R. A. 1977: A cumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 270-286.
- Chou, M.-D., and M.J. Suarez, 1996: A Solar Radiation Parameterization (CLIRAD-SW). NASA Technical Memorandum no. 104606, v. 15, 48 pp.
- Herdies, D. L.; Silva Dias, P. L.; Meira, G. C.; Mendonça, M. Assimilação de Dados Durante o Experimento Salljex Utilizando o Modelo Global do CPTEC/INPE. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza-CE
- Herdies, D.L., S.H. Ferreira, J.P. Bonatti, R. Cintra e A. da Silva, 2002: O Sistema de Assimilação de Dados Atmosféricos Global do CPTEC/INPE. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu- PR.
- Figueroa, S.N.; Tarasova, T.; Barbosa, J.H.M.; Bonatti, J.P and Silva Dias, P.L. The impact of cumulus and radiation parameterization schemes on Southern Hemisphere summer climate simulate by CPTEC Atmospheric General Circulation Model. *8th International conference on Southern Hemisphere meteorology and oceanography*, American Meteorology Society, 24-28 April Foz do Iguaçu, Parana, Brazil, 2006
- Barros, S. Comunicação pessoal ou email. <http://www.cptec.inpe.br/pad>.