

EXPERIMENTOS COM MUDANÇAS NA PARAMETRIZAÇÃO DE CONVECÇÃO NOS MODELOS DE CIRCULAÇÃO GLOBAL ATMOSFÉRICO CPTEC/COLA E REGIONAL ETA E COM MUDANÇA DE CO₂ NO MCGA.

¹Iracema F.A. Cavalcanti, ¹Marcos Mendonça, ¹Silvio Nilo, ¹Pablo R. Fernandez,
¹Dirceu Herdies, ¹Eni Oliveira

Abstract

Numerical experiments using different convection schemes applied to the AGCM CPTEC/COLA and the Regional Eta model are discussed in a case of MCC that occurred over northern Argentina during SALLJEX (January 2003). The AGCM T62L28 is integrated with Kuo, Modified Relaxed Arakawa-Schubert and Grell. The Eta Model 40 km, L38 is tested with Betts-Miller-Janjic and Kain-Fritsch schemes. The observed precipitation and atmospheric fields from CPTEC reanalyses of the SALLJEX period including the SALLJEX data, are used for comparison. The results show that better results could be found if a multi-model ensemble would be performed. With respect to the experiment using different CO₂ concentration, there is a suggestion that updating the concentration could reduce the systematic errors noticed in the operational version.

Resumo

São discutidos resultados de experimentos com o MCGA CPTEC/COLA e com o Modelo Regional Eta, com diferentes esquemas de convecção em um caso de ocorrência de CCM no norte da Argentina. O MCGA é integrado com os esquemas de convecção Kuo, Relaxed Arakawa-Schubert modificado e Grell, na resolução T62L28. O Modelo regional Eta é testado com os esquemas de convecção Betts-Miller-Janjic e Kain-Fritsch na resolução de 40km, L38. Usou-se para comparação dos resultados, dados observados de precipitação e de campos atmosféricos da reanálise do CPTEC feita para o período do SALLJEX, com o esquema PSAS, incluindo dados do SALLJEX. Pelos resultados obtidos verifica-se que possivelmente um método de multi-model ensemble teria fornecido resultados melhores que cada modelo individualmente, nos dois modelos, global e regional. Quanto ao experimento com diferentes concentrações de CO₂, os resultados obtidos sugerem que aumentando a concentração para valores mais próximos dos atuais, pode haver uma redução nos erros sistemáticos do modelo, em algumas regiões.

INTRODUÇÃO

O Modelo de Circulação Global da Atmosfera CPTEC/COLA tem sido usado operacionalmente no CPTEC, para previsão de tempo e sazonal, desde 1995. Uma análise do comportamento climatológico do modelo foi documentada em Cavalcanti et al (2002), onde foram discutidos os erros sistemáticos e as prováveis fontes desses erros. Foi sugerido que os erros nos campos de precipitação e do balanço de energia poderiam estar associados ao esquema de convecção e de radiação utilizados. Atualmente a previsão de tempo no CPTEC é realizada com uma resolução maior do que a originalmente usada, mas ainda com os mesmos esquemas de parametrização dos processos físicos. O modelo Regional Eta também apresenta alguns erros sistemáticos (Tippet e Silva, 1999; Chou, S.C. e Justi da Silva, 1999). Com o fim de proporcionar um desenvolvimento na parte dos processos físicos, vários testes começaram a ser realizados no CPTEC, para investigação do comportamento dos modelos com relação a mudanças nos esquemas. Estão sendo realizados testes com os esquemas de convecção, radiação e processos de superfície, como a introdução de uma vegetação mais atualizada e um campo de umidade do solo mais realista. Os diversos testes incluem experimentos com casos específicos, de previsão de tempo e experimentos com integrações mais longas, no estilo de simulações climáticas e sazonais. Neste trabalho são apresentados alguns resultados obtidos de alguns experimentos preliminares, de um caso específico que ocorreu durante o experimento SALLJEX. Este caso foi também usado em um estudo de intercomparação de modelos, quando foi discutida a não habilidade dos modelos em prever bem o CCM. O objetivo deste estudo é o de analisar os resultados dos dois modelos (AGCM e Eta), com outros esquemas de convecção para discutir se o caso teria sido melhor previsto se fossem usados outros esquemas.

Outra atualização que necessita ser realizada é com relação à quantidade de CO₂ na atmosfera, pois o MCGA contém um valor constante de 345 ppm, que é usado nas integrações climáticas e sazonais. É bem conhecida a variação da concentração deste gás ao longo dos anos, desde o período da Revolução Industrial, portanto é necessária uma consideração da variação desses valores no modelo. Como um teste preliminar foi substituído o valor de 345 por 365, para analisar o seu impacto, cujos resultados são discutidos neste trabalho, e análises com os valores variando ao longo dos anos estão em andamento.

DADOS E MÉTODOS

Os experimentos discutidos neste estudo foram realizados para um caso de desenvolvimento de Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), que ocorreu durante o período do experimento do SALLJEX, na região norte da Argentina, associado ao Jato em Baixos Níveis (LLJ), no dia 18 de janeiro de 2003. Os resultados dos modelos são referentes a vários experimentos numéricos, usando, para o MCGA os esquemas de convecção de Kuo (1974), Arakawa e Schubert Relaxado (Moorthi and Suarez 1992) com a introdução de algumas modificações (RAS_MOD) e o esquema de GRELL ensemble (Grell e Devenyi 2002). A versão atual operacional do MCGA utiliza o esquema Kuo. As modificações no esquema RAS consistiram em um novo cálculo para determinação do topo e base das nuvens, mudanças em parâmetros radiativos, e mudanças nos parâmetros de eficiências das nuvens. O esquema Grell inclui um ensemble de diferentes fechamentos no controle dinâmico. Estes fechamentos são baseados em: a) um tipo de estabilidade de equilíbrio (quase-equilíbrio) (fechamento de Grell); b) remoção da instabilidade pela convecção (fechamento de Fritsh-Chapel); c) convergência de umidade (fechamento de Kuo) e d) velocidade vertical (fechamento Omega). Assim, no modo “ensemble” cada tipo de fechamento contribui para produção de precipitação. Este esquema, normalmente, é utilizado em modelos de mesoescala, por isso, foi necessário ajustar alguns parâmetros do esquema para que ele fosse implementado no modelo global do CPTEC com baixa resolução (T062L28).

Para o modelo regional Eta, foram utilizados os esquemas de convecção de Betts-Miller-Janjic, que é usado atualmente na versão operacional (Betts-Miller, 1986; Janjic, 1994) e o esquema de Kain –Fritch (1993). Os dados observados de precipitação são de estações convencionais e automáticas (SYNOP, PCDS, centros regionais). Para os campos atmosféricos foram utilizados os dados reanalisados com o esquema de assimilação PSAS (Cavalcanti e Herdies, 2004), incluindo os dados do experimento SALLJEX.

Outro experimento com o MCGA foi realizado mudando a concentração de CO₂ no modelo, de um valor de 345 ppm para 365 ppm. O modelo operacional usado no CPTEC para previsão de tempo e sazonal tem um valor fixo de CO₂, que é 345 na versão atual do modelo, embora esse valor já tenha aumentado para 365 na atmosfera real. Neste item são mostradas as diferenças que se obtém para os resultados do mês de janeiro. No experimento foi utilizado como condição de contorno forçante, um conjunto de Temperaturas da Superfície do Mar climatológicas mensais observadas.

EXPERIMENTOS COM 3 ESQUEMAS DIFERENTES DE CONVECÇÃO NO MCGA

A Fig. 1 a mostra o escoamento do vento em 850 hPa e a umidade, dos dados reanalisados, para o dia 18 de janeiro de 2003. Nota-se um forte escoamento proveniente de norte, sobre a Amazônia e se direcionando para o sul, do lado leste dos Andes. Sobre a Bolívia o campo é bem organizado, na região de ocorrência do Jato em Baixos Níveis (LLJ). Há altos valores de umidade em grande parte da América do Sul tropical, e também é possível identificar a ocorrência de dois sistemas frontais, um na costa do Rio Grande do Sul e outro na costa do Espírito Santo.

Os resultados das integrações com condição inicial do dia 17 para a previsão do dia 18 são apresentados na Fig. 1, usando o esquema Kuo, atualmente utilizado no MCGA operacional, o RAS modificado e o Grell.

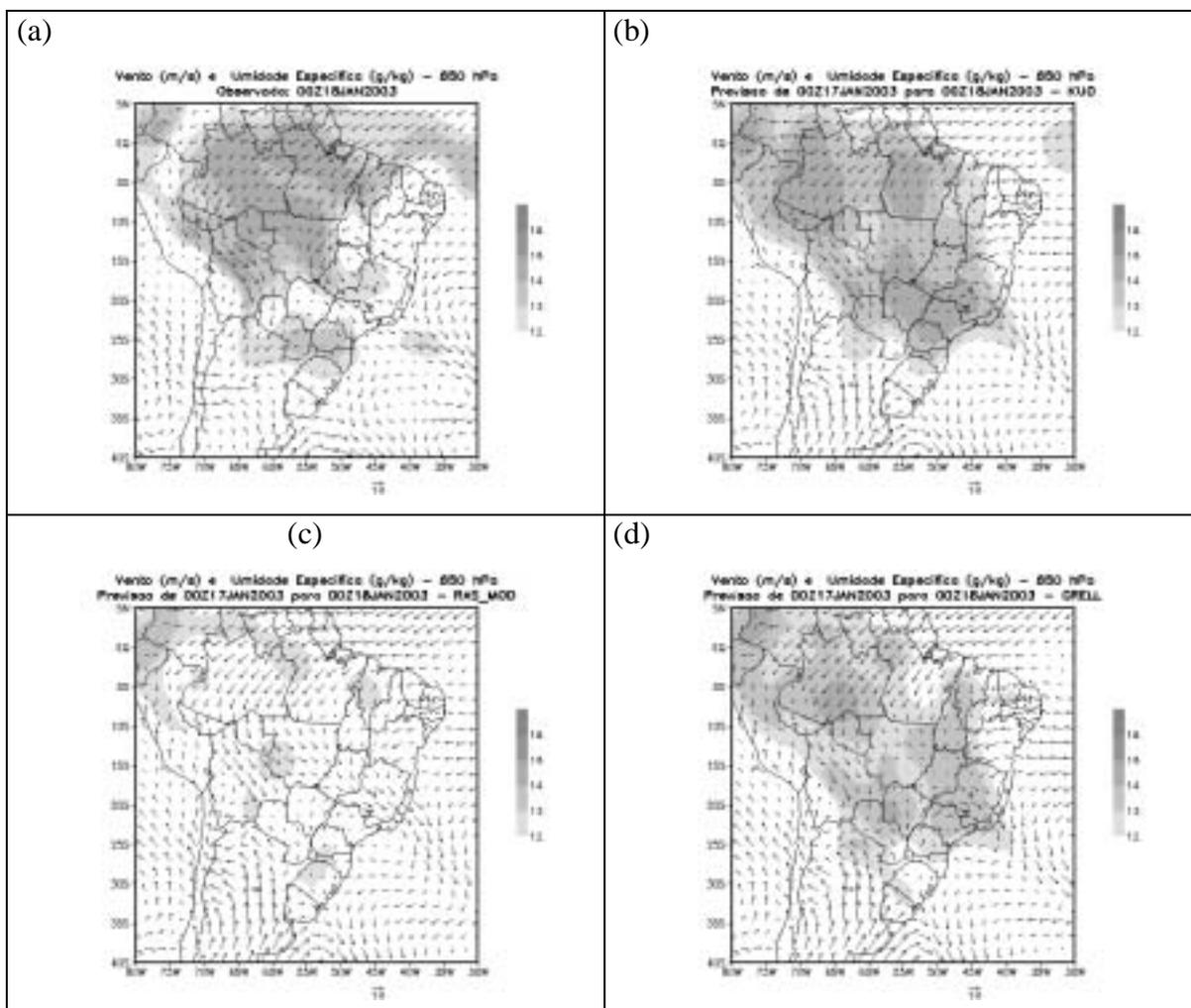


Fig. 1- Campos de vento em 850 hPa, considerando (a) reanálise do CPTEC (incluindo os dados do SALLJEX) e os resultados dos diversos esquemas de convecção ((b) Kuo, (c) RAS modificado e (d) Grell).

Embora os campos de vento sobre a Amazônia e Bolívia estejam bem representados nas integrações com os 3 esquemas, o campo de umidade é melhor representado nos resultados com o esquema Kuo, na região Amazônica, enquanto na região SE e CO a umidade é superestimada. O esquema GRELL reduz a umidade em todo o continente, comparado ao Kuo, melhorando na parte centro-leste do Brasil, mas fornecendo menos umidade sobre a Amazônia. O escoamento de norte sobre a Bolívia, é bem previsto nas 3 integrações, porém em RAS_MOD o escoamento não se estende até o norte do Paraguai, como em Kuo e GRELL e reanálise CPTEC. Na reanálise nota-se que há dois ramos com ventos mais fortes de norte, vindos da Amazônia, um sobre a Bolívia, dirigido para o sul e outro sobre o Mato Grosso, dirigido para a região onde se encontra um dos sistemas frontais. Este ramo não é bem representado nos 3 resultados, e pode influir na precipitação sobre a região Sudeste. Nos 3 resultados o vento de sul em baixos níveis, sobre a Argentina superestima o vento da reanálise. Isso também pode influir na representação da precipitação sobre a região.

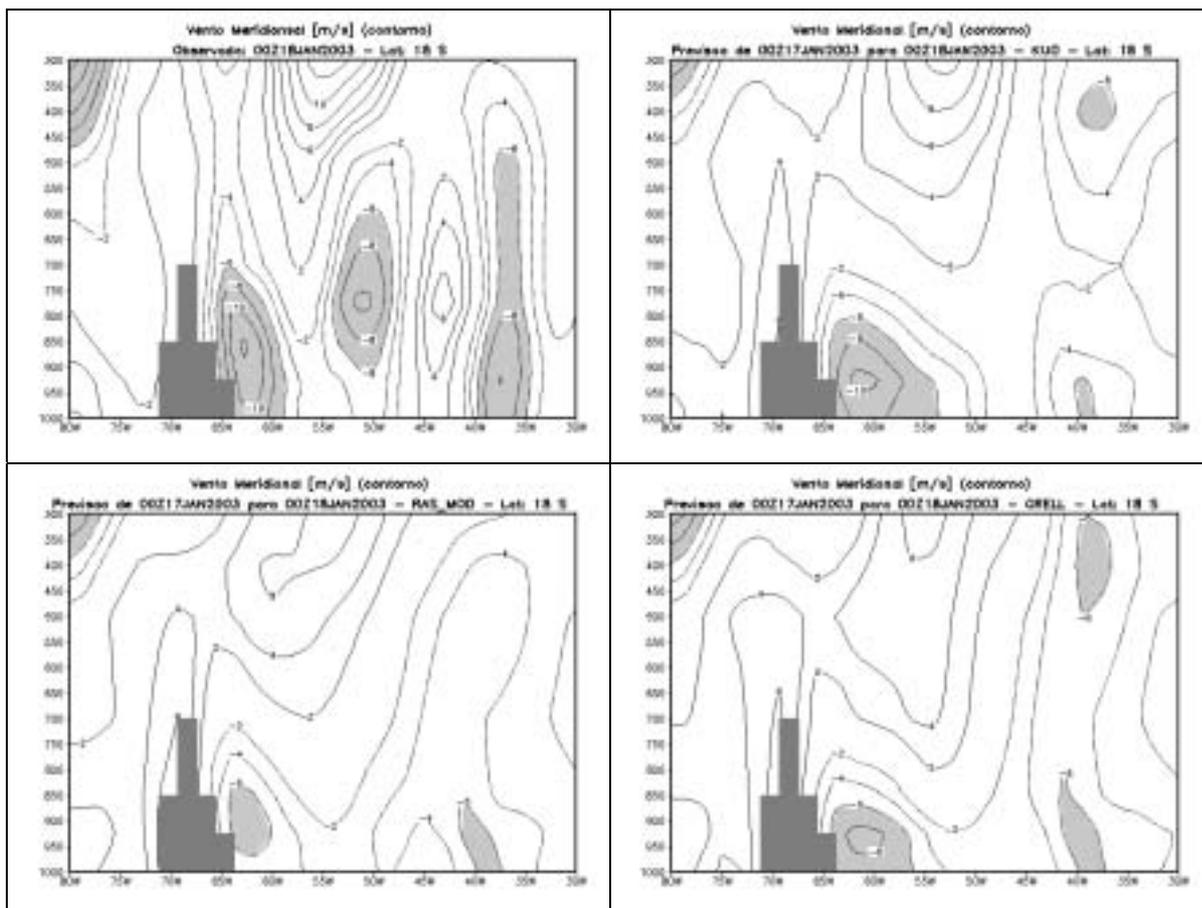


Fig. 2- Estrutura vertical do vento meridional, considerando a reanálise do CPTEC (incluindo os dados do SALLJEX) e os resultados dos diversos esquemas de convecção (Kuo, RAS modificado e Grell)

Na estrutura vertical do vento meridional da reanálise (Fig.2a), é identificada a presença do jato em baixos níveis a leste dos Andes (LLJ), com um centro apresentando velocidade meridional máxima de 12m/s. Além deste jato, existe mais uma região entre 35W-40W, com um núcleo de ventos fortes em baixos níveis, que fica sobre a costa. O resultado com o esquema de KUO é o que representa melhor o LLJ, porém com menor intensidade e com o máximo em menores altitudes que a reanálise. Os resultados com GRELL simulam também um núcleo associado ao LLJ, porém com intensidade menor. Intensidade menor ainda é representada com o RAS-MOD. Nota-se que os 3 resultados representam o segundo núcleo, na posição correta, porém com menor intensidade.

No campo de pressão da reanálise, é observado um centro de pressão baixa associada à Baixa do Chaco, com pressões mínimas de 1004 hPa. O único dos 3 resultados que consegue representar a intensidade do centro da Baixa pressão é o resultado com GRELL. O pior resultado é visto com o esquema de RAS_MOD.

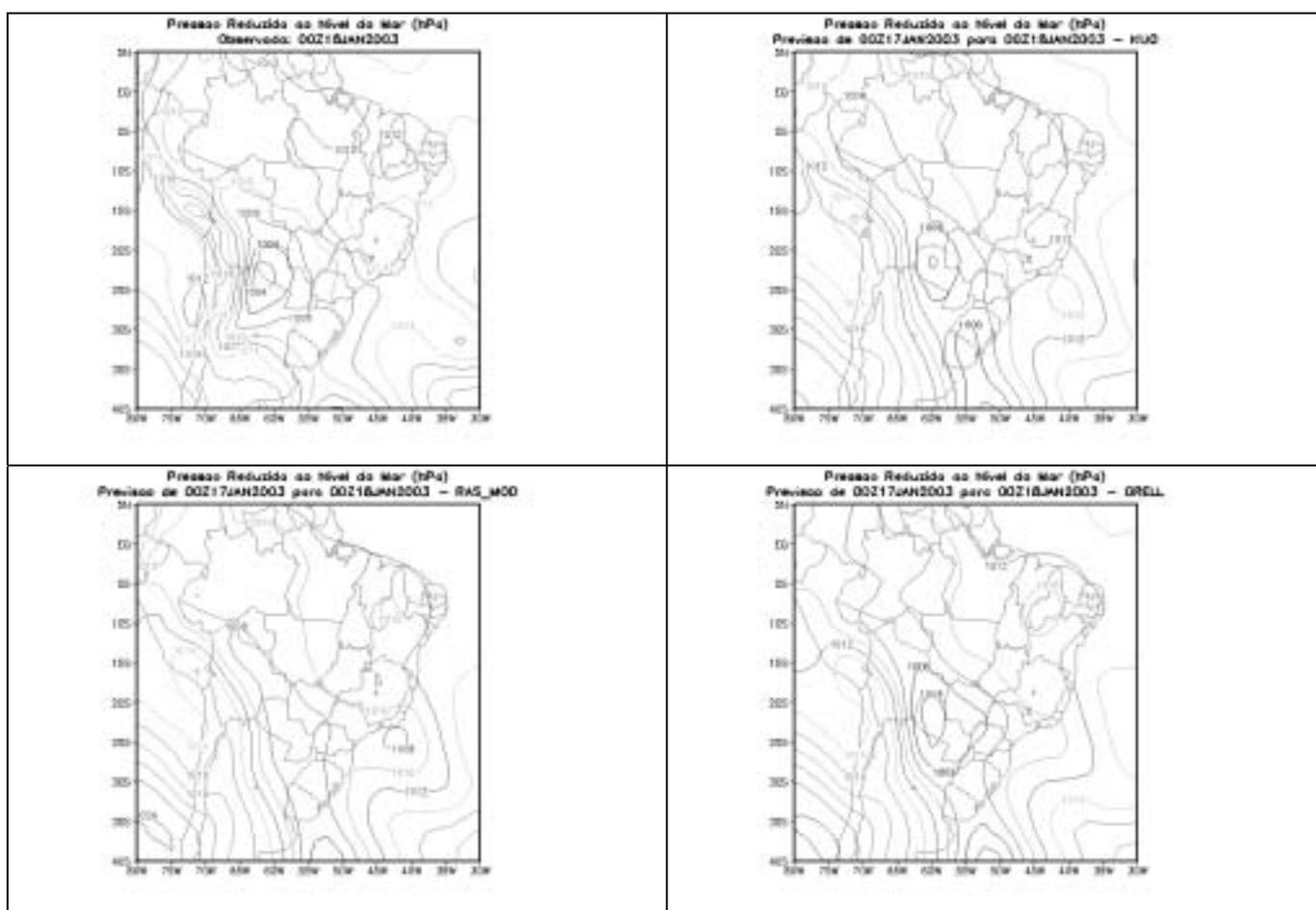


Fig.3- Pressão ao Nível do Mar, considerando a reanálise do CPTEC (incluindo os dados do SALLJEX) e os resultados dos diversos esquemas de convecção (Kuo, RAS modificado e Grell)

Na Fig.4 são mostrados os campos de precipitação observada e os resultados do modelo. No campo observado nota-se a forma circular da configuração da precipitação associada ao CCM, com um máximo de 20 mm, na região norte da Argentina. Outro máximo é observado sobre Minas Gerais e norte de São Paulo, associado à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Esses dois máximos podem ser associados com os dois máximos observados na componente de norte do vento. Os resultados com KUO, tendem a separar as duas regiões de máxima precipitação, configurando razoavelmente bem a posição da ZCAS, porém mais intensa na região Amazônica e menos intensa próximo à costa, comportamento contrário ao climatológico, que fornece superestimativa na região sul da ZCAS e subestimativa na região Amazônica, como visto em Cavalcanti et al (2002).

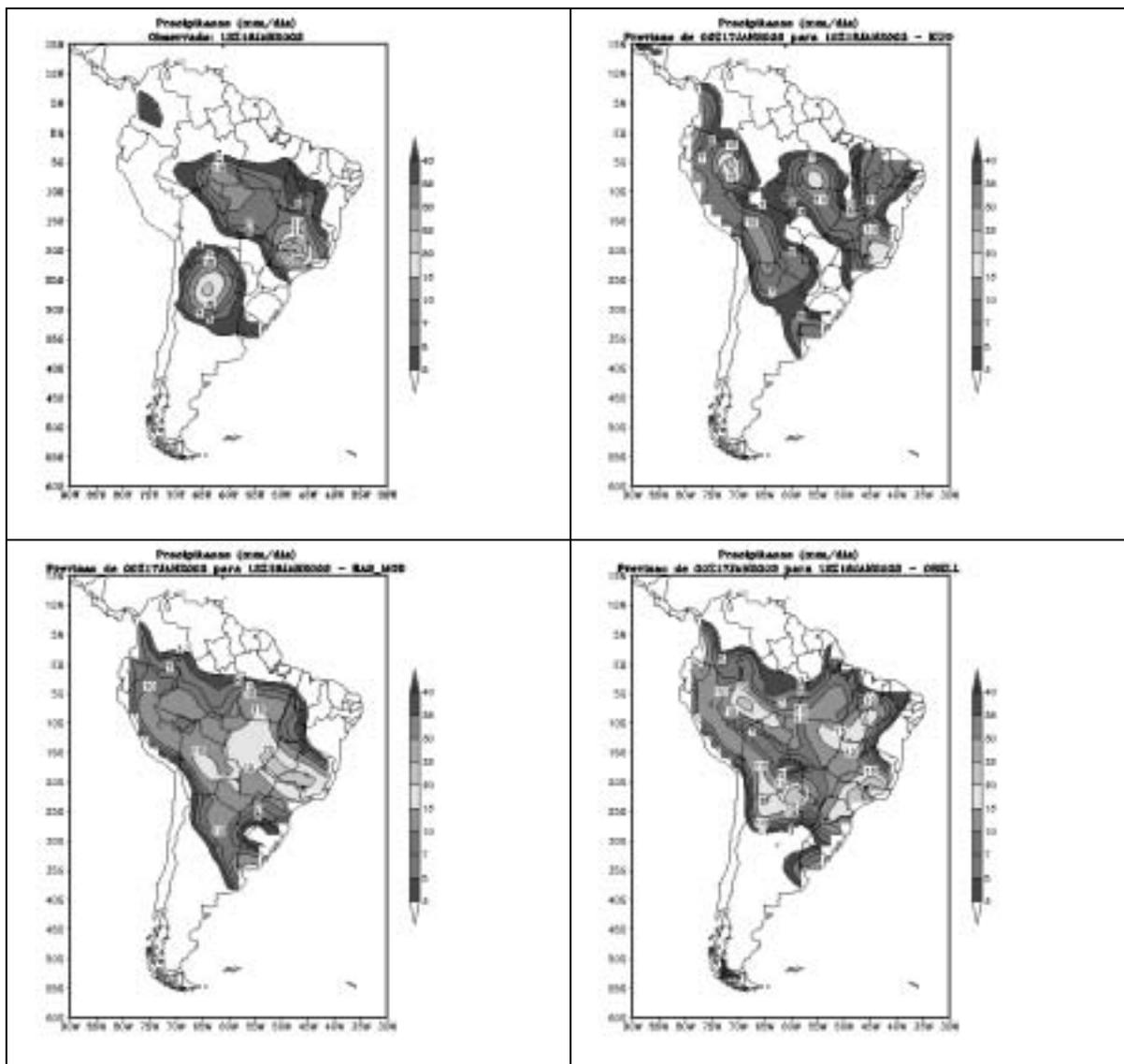


Fig.4- Precipitação considerando (a) dados SYNOP, estações automáticas e núcleos estaduais e os resultados de diversos esquemas de convecção ((b) Kuo, (c) RAS modificado e (d) Grell).

Na região do CCM além da precipitação ser subestimada nos resultados de KUO, não há uma organização da precipitação associada ao sistema. No resultado de RAS-MOD, a precipitação é superestimada na maior parte do continente, porém apresenta máximos valores na região da ZCAS e em parte da área de máximos valores registrados nas observações. O resultado GRELL também superestima a precipitação na maior parte do continente, porém apresenta dois máximos em áreas próximas aos dois máximos do campo observado, associados à ZCAS e ao CCM. Entretanto a ZCAS não se apresenta organizada nesses resultados e o centro máximo que poderia ser associado ao CCM está ao norte da posição observada. Além disso há outros dois máximos nas latitudes tropicais que não ocorrem nas observações.

Em altos níveis (Fig.5), os 3 resultados representam a Alta da Bolívia e um cavado na costa sudeste, como na reanálise, porém a configuração e posição do centro da Alta são melhor representadas pelo resultado de GRELL, e a amplitude do cavado é melhor representada em KUO e RAS_MOD. Ressalta-se que os resultados desses dois últimos esquemas forneceram uma configuração de precipitação mais organizada associada à ZCAS, indicando a importância da amplitude do cavado próximo à costa sudeste do Brasil.

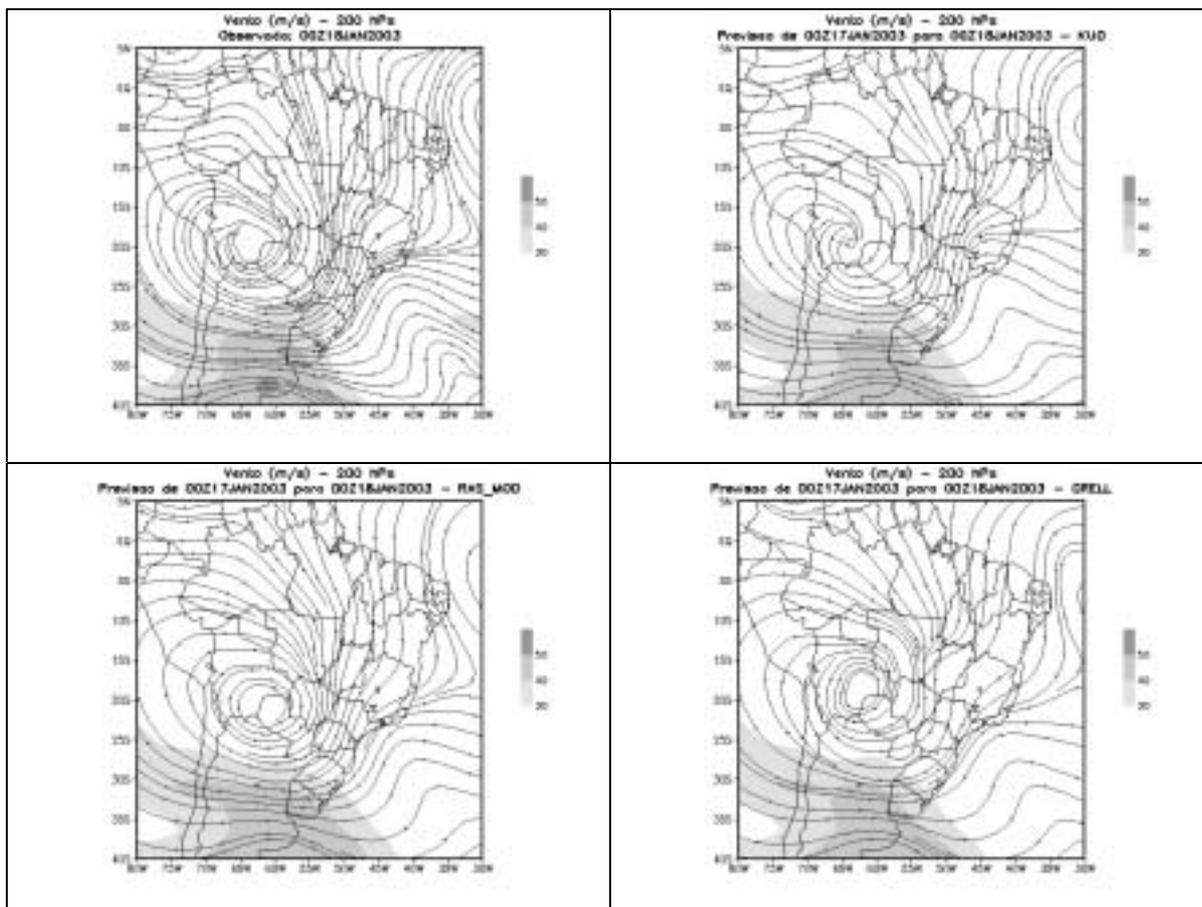


Fig.5- Escoamento em 200 hPa, considerando (a) dados de reanálise do CPTEC (incluindo os dados do SALLJEX) e os resultados de diversos esquemas de convecção ((b) Kuo, (c) RAS modificado e (d) Grell).

A comparação da estrutura vertical do vento meridional e da umidade específica dos 3 resultados, com os dados obtidos nas radiosondagens do experimento SALLJEX, são apresentados na Fig.6, para a estação de Santa Cruz. Neste local o vento de norte máximo alcança 14 m/s, na camada de 920 a 850 hPa, sendo que KUO e RAS_MOD apresentam um vento meridional de norte mais forte, em 850 hPa, e GRELL se iguala ao observado nesse nível de 850 hPa. Nessa estação o LLJ fica bem definido. A estrutura de umidade observada fornece um máximo em 900 hPa, que é o nível do máximo obtido em RAS-MOD, porém menos úmido. As estruturas de KUO e GRELL são similares, com valores máximos semelhantes ao observado, porém em um nível mais elevado, em 850 hPa.

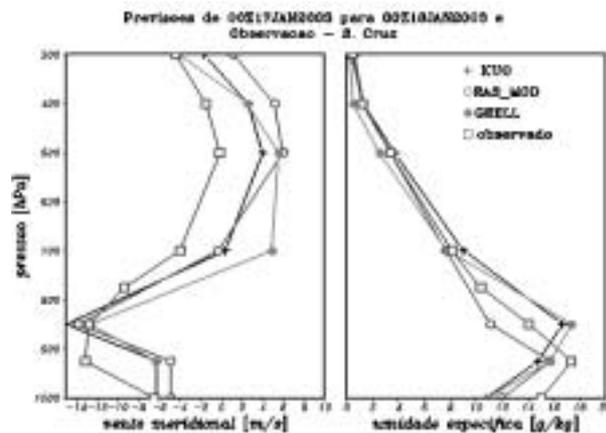


Fig.6- Estrutura vertical do vento meridional e umidade específica para os 3 experimentos numéricos e a observada no experimento SALLJEX, Santa Cruz.

EXPERIMENTOS COM O MODELO REGIONAL ETA

O mesmo caso de ocorrência de CCM sobre o norte da Argentina, no período do SALLJEX foi analisado com dois esquemas de convecção do Modelo Regional Eta: Betts-Miller-Janjic (BM) e Kain Fritsch (KF). A versão atual operacional do Eta utiliza o primeiro esquema. A condição de contorno lateral foi fornecida pelo MCGA CPTEC/COLA, na versão T62L28, com o esquema de convecção de Kuo, e as condições iniciais foram as mesmas usadas nas integrações do MCGA. Nas análises de precipitação vamos considerar para comparação apenas os resultados sobre o continente (Fig.7). Nota-se que o esquema de BM conseguiu separar a precipitação associada ao CCM, embora com valores bem menores de precipitação, enquanto KF forneceu intensidades similares ao observado, na região de desenvolvimento, porém apresentou uma superestimativa de precipitação associada a um sistema frontal que estava atuando ao sul do Brasil. O máximo

observado na região sul da ZCAS é melhor definido no resultado KF, mas o resultado BM se aproxima mais do observado sobre a extensão noroeste, sobre o Matogrosso.

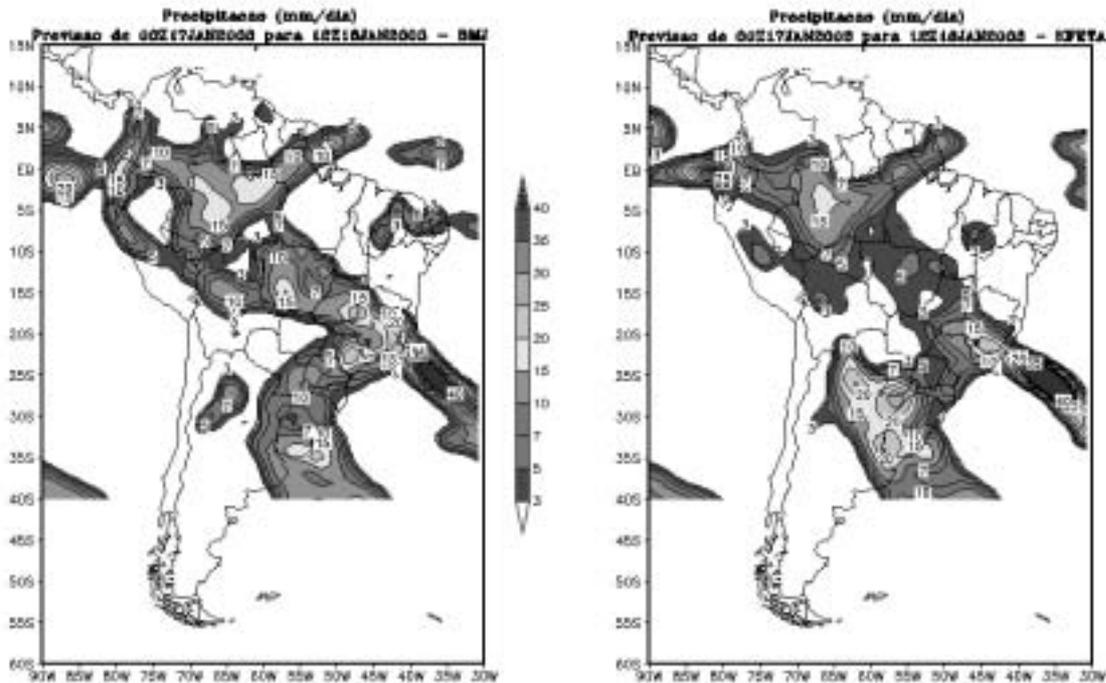


Fig.7- Precipitação prevista pelo Modelo Eta, nos resultados usando diferentes esquemas de convecção (a) Betts-Miller, (b) Kain-Fritsch.

Nos dois resultados podemos ver as principais características do escoamento em baixos níveis, semelhantes ao campo de reanálise: Os dois ramos de ventos de norte, um sobre a Bolívia, Paraguai e norte da Argentina (LLJ) e outro dirigido para a região da ZCAS (Fig. 8 a,b). Nota-se que esses resultados representam melhor essas características do que os resultados com o MCGA. Entretanto, na latitude de 18S, a estrutura vertical do vento meridional representa o núcleo do LLJ com intensidade menor, nos dois esquemas, do que o observado, e do que o resultado do MCGA com Kuo. Nesta integração com o Eta, o resultado KF fornece um pequeno núcleo de 10m/s, que não é previsto com BM (Fig. 9 a,b).

A região com o segundo máximo de ventos de norte, entre 35W e 40W também é representada pelos dois resultados, e também mais fracos que a reanálise. A previsão do centro de pressão baixa nos resultados de KF (1004 hPa) é comparável ao campo observacional da reanálise, e melhor do que BM (Fig.10 a,b). O escoamento em altos níveis apresenta as mesmas características observadas: Alta da Bolívia e cavado no oceano próximo à costa sudeste do Brasil. As posições do centro da alta e do eixo do cavado são mais semelhantes ao campo reanalisado nos resultados de BM. No caso KF o centro da Alta está ligeiramente deslocado para oeste.

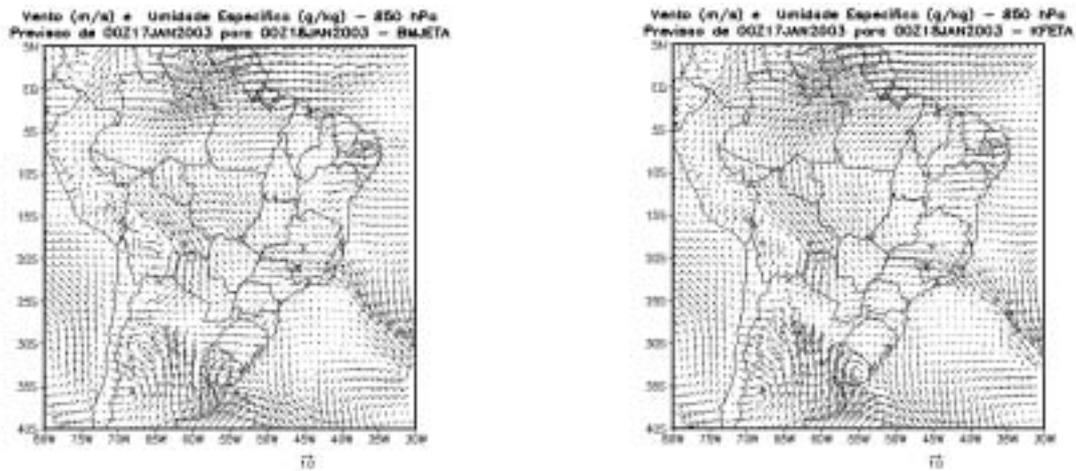


Fig. 8- Escoamento em 850 hPa (a) BM; (b) KF.

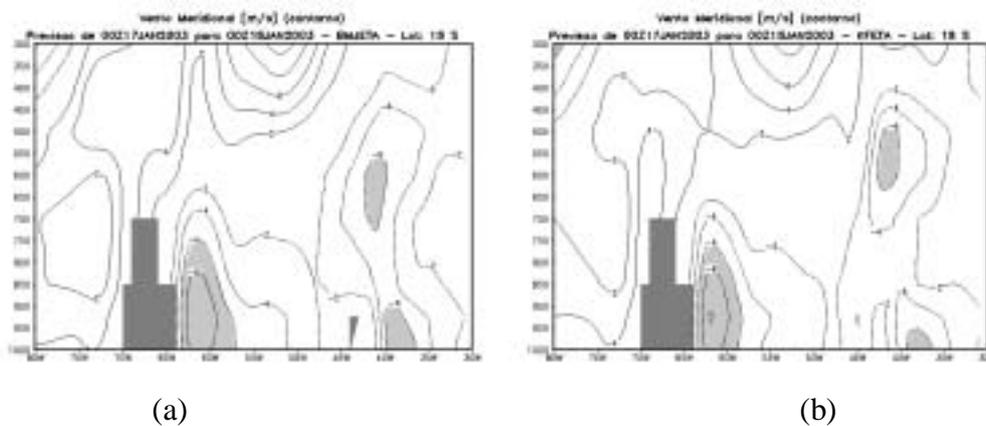


Fig. 9-Estrutura vertical do vento meridional. (a) BM; (b) KF.

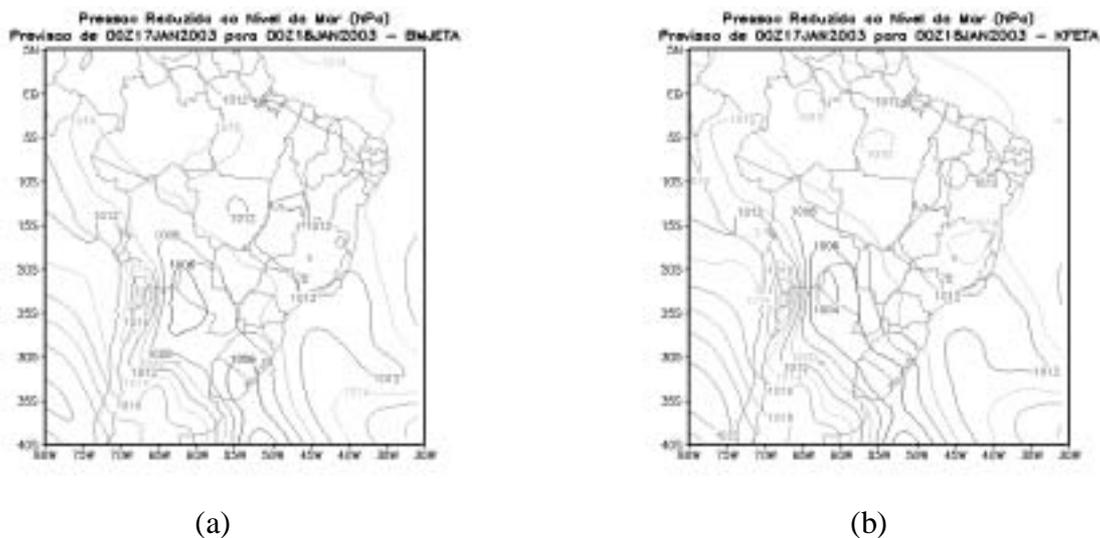
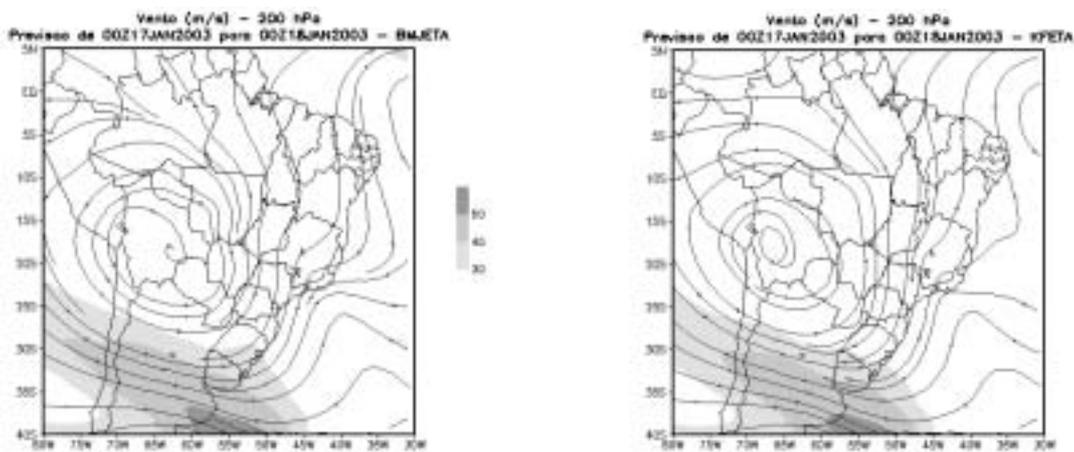


Fig.10- Pressão ao nível do mar (a) BM; (b) KF.



(a)

(b)

Fig.11- Escoamento do vento em 200 hPa. (a) BM; (b) KF.

EXPERIMENTOS COM MODIFICAÇÕES DO CO₂

O aumento do CO₂ na simulação de janeiro, com TSM climatológica gerou algumas variações nas variáveis atmosféricas e na precipitação. Há menos precipitação na região sul da ZCAS, e mais ao norte desta, em uma pequena área do Atlântico, e também uma redução na precipitação da região sul da ZCPS (Fig.12 a). Esta redução nas zonas de convergência do Hemisfério Sul devem diminuir os erros sistemáticos do modelo, pois na versão atual, há uma superestimativa da precipitação nas áreas sul dessas zonas de convergência. Há também diferenças consideráveis no geopotencial em altos níveis, nos dois hemisférios. A presença de anomalias negativas no sul da América do Sul, indica um cavado mais pronunciado nessa região, na concentração de CO₂ maior (365), (Fig.12b). Variações sobre o Oceano Pacífico e Atlântico indicam mudanças na intensidade das ondas estacionárias. Mudanças também podem ser vistas na região da Oscilação do Atlântico Norte, e sobre o Pacífico Norte. A pressão no nível do mar fica mais forte na região das altas subtropicais do H.S e mais baixa nas altas subtropicais do Atlântico Norte (Fig.13 a). Há também uma diminuição da umidade próxima à superfície em parte da região sudeste e um aumento sobre a região sul (Fig.13 b)

No escoamento em altos níveis nota-se uma mudança na inclinação do cavado do Atlântico, e na configuração da Alta da Bolívia (Fig.14 a,b), o que pode estar associada com as mudanças na precipitação da ZCAS. O cavado do Pacífico também sofre uma mudança que pode ter relação com a mudança na precipitação da ZCPS. Em baixos níveis, sobre a América do Sul há uma diferença no escoamento que se dirige ao sudeste, que é mais pronunciado na versão 345 (Fig.15 a,b). Isso pode auxiliar também na redução dos erros sistemáticos de precipitação na região sul da ZCAS. Sobre o

Pacífico Sul a configuração de duas circulações anticiclônicas é mais consistente com a existência de duas regiões de alta pressão circundando a ZCPS.

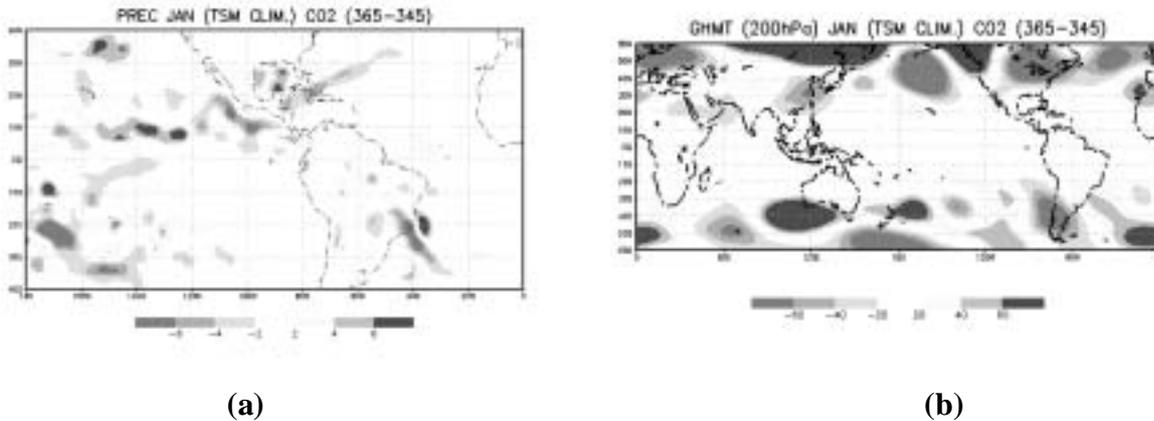


Fig. 12 –Diferença entre os resultados com concentração de 365ppm e 345ppm. (a) Precipitação, (b) geopotencial em 200 hPa.

13

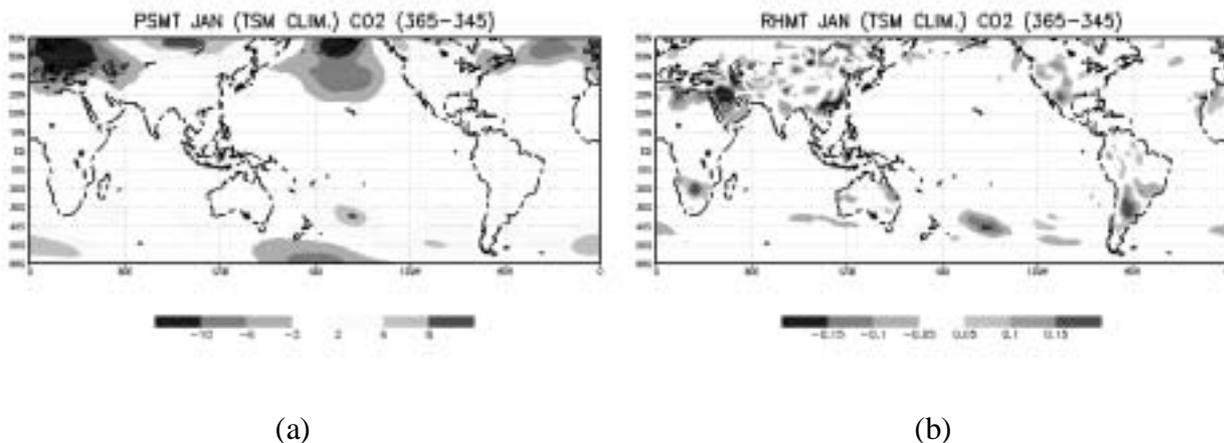


Fig.13- Diferença entre os resultados com concentração de 365ppm e 345ppm. (a) Pressão, (b) umidade específica próxima à superfície.

CONCLUSÃO

Neste estudo foram apresentados vários experimentos com o MCGA CPTEC/COLA, para testar diferentes esquemas de convecção em um caso de ocorrência de CCM no norte da Argentina, e também um experimento climático, com mudança da concentração de CO2 na atmosfera. No caso

específico, foram feitas integrações do MCGA T62L28 para previsão com 24 horas de antecedência, usando os esquemas de convecção Kuo, Relaxed Arakawa-Schubert modificado e Grell, e também com o Modelo regional Eta, 40km L38, com os esquemas de convecção Betts-Miller –Janjic e Kain Fritsh. Os resultados atmosféricos foram comparados com a reanálise efetuada com o esquema de assimilação de dados PSAS, e a precipitação, com dados observados. Pelos resultados obtidos verifica-se que possivelmente um método de multi-model ensemble teria fornecido resultados melhores que cada modelo individualmente. Deve-se ressaltar que o esquema Grell ensemble está ainda sendo ajustado, e pode também fornecer melhores resultados quando forem considerados pesos diferentes para cada fechamento.

Quanto ao experimento com diferentes concentrações de CO₂, os resultados obtidos sugerem que aumentando a concentração para valores mais próximos dos atuais, pode haver uma redução nos erros sistemáticos do modelo, em algumas regiões, porém outras integrações, seguindo o método de ensemble devem ser realizadas, para eliminar a dispersão entre diferentes integrações partindo de diferentes condições iniciais, que podem interferir na interpretação dos resultados.

Agradecimentos: Ao CNPq, FAPESP e CRN055-PROSUR/IAI pelo apoio à pesquisa.

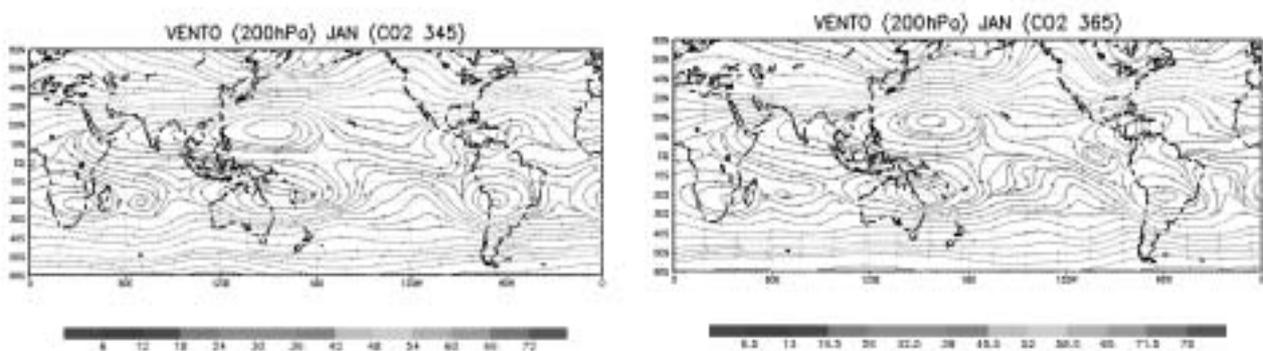


Fig.14- Escoamento em 200 hPa considerando concentração de (a) 345 ppm; (b) 365 ppm.

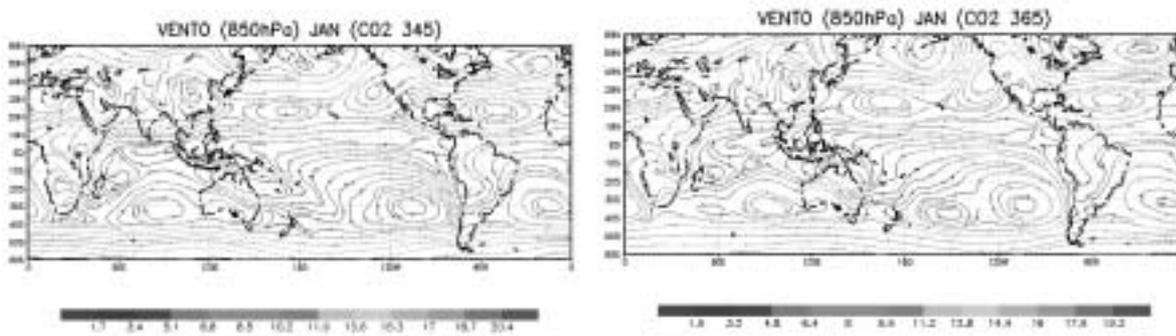


Fig.15- Escoamento em 850 hPa considerando concentração de (a) 345 ppm; (b) 365 ppm.

REFERÊNCIAS

- Betts, A.K., and M.J. Miller, 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.
- Cavalcanti, IFA, J.A.Marengo, P.Satyamurty, C.A Nobre, I. Trosnikov, J.P Bonatti, A O. Manzi, T. Tarasova, L.P. Pezzi, C. D'Almeida, G. Sampaio, C.C. Castro, M. B. Sanches, H.Camargo, 2002. Global climatological features in a simulation using CPTEC/COLA AGCM. *J.Climate*, 15, 2965-2988.
- Cavalcanti, IFA; D.Herdies, 2004. Data assimilation study using SALLJEX data. *CLIVAR Exchanges*, n. 29, 2004.
- Chou, S.C.; M.A.Justi da Silva, 1999. Objective evaluation of Eta model precipitation forecasts over South América. *Climanálise*.
- Grell, G.A.; D. Devenyi, 2002. A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. *Geophysical Research Letters*, v. 29, 1-38.
- Janjic, Z.I., 1994: The step-mountain Eta coordinate model: Further development of the convection viscous sublayer, and turbulence closure schemes, *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 927-945.
- Kain, JS; JM Fritsch, 1993. Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch scheme. The representation of cumulus convection in numerical models. *Meteor. Monogr.*, 24. *Ameri. Met. Soc.* 165-170.
- Kuo, H.L., 1974: Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large scale flow. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1232-1240.
- Moorthi, S., and M.J. Suarez, 1992: Relaxed Arakawa-Schubert: A parameterization of moist convection for general circulation models. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 978-1002.
- Tippet, M; A.Silva, 1999. Model error estimation for the CPTEC Eta Model. *Climanálise*.