

TESTES DE SENSIBILIDADE COM O MODELO CPTEC/COLA USANDO-SE DOIS ESQUEMAS DIFERENTES DE CONVECCAO

Luciano Ponzi Pezzi

lpp@soc.soton.ac.uk

*School of Ocean and Earth Sciences (SOES)
Southampton Oceanography Centre (SOC)
European Way, Southampton - United Kingdom - SO13 3HZ*

Iracema F. A. Cavalcanti

*Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
Rodovia Presidente Dutra, km 40 - Cachoeira Paulista - SP
Brasil - 12630-00*

ABSTRACT

The sensitivity of cumulus convection parameterization is investigated using the CPTEC/COLA Atmospheric General Circulation Model (AGCM) with T62L28 resolution. This model has been used at CPTEC/INPE with Kuo convective scheme for weather and seasonal climate forecasts. In this study, two sets of integration are performed using climatological Sea Surface Temperature (SST) of the Southern Hemisphere summer season (December, January and February) as boundary condition. Five integration with different initial conditions are applied for each ensemble. The study was divided in two groups; one using Relaxed Arakawa-Schubert convection scheme (RAS) and the other one using the Kuo convection scheme (KUO). The atmospheric circulation model results are compared with NCEP/NCAR re-analyzed data and model precipitation with Xie and Arkin precipitation data. The results are analyzed mainly over South America to show which convection scheme best fits the model output when compared to observed data. The main objective of this study is to evaluate the model skill concerning the convection scheme in order to improve the seasonal predictions produced at CPTEC/INPE.

1. INTRODUÇÃO

Previsões climáticas sazonais são realizadas operacionalmente para América do Sul no CPTEC e variam no período de 3 a 6 meses de antecedência dependendo da estação do ano e da região sul-americana (brasileira em particular) que se queira prever. Operacionalmente tem se usado o Modelo de Circulação Geral Atmosférico (MCGA) CPTEC/COLA, na resolução T62L28, que representa aproximadamente 125 km x 125 km horizontais e com a atmosfera sendo dividida em 28 níveis na vertical. Detalhes sobre o modelo podem ser encontrados em Kinter et al (1997).

Vários estudos tem sido feitos no intuito de se conhecer mais as características climáticas de determinadas regiões bem como as potencialidades das ferramentas usadas para previsão sazonal climática. Com o intuito de verificar o impacto das condições de contorno de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), Pezzi e Cavalcanti (2000) usaram diferentes condições de contorno para integrar o MCGA CPTEC/COLA, para analisar o comportamento da precipitação sobre a América do Sul e a sensibilidade do modelo à diferentes condições de TSM. Impuseram condições de ENSO no Pacífico e simultaneamente condições de Dipolo de TSM no Atlântico (Moura e Shukla, 1981; Nobre e Shukla, 1996). Nesses experimentos a precipitação nas regiões nordeste do Brasil e Amazônica foram influenciadas pelas condições de dipolo em anos de El Niño. Em anos de La Niña, além dessas regiões, outras áreas da América do Sul foram também influenciadas.

As características sazonais da precipitação climatológica em uma simulação de 11 anos com o MCGA CPTEC/COLA na resolução T42L18 foram apresentadas em Cavalcanti (1998) e algumas características globais climatológicas de resultados de outra simulação de 10 anos com o mesmo modelo, na resolução T62L28 foram discutidas em Cavalcanti et al. (2000). Nessas análises é mencionada a ocorrência de erros nas bandas de convergência do Hemisfério Sul, com superestimativa de precipitação na parte subtropical das bandas e subestimativa na parte tropical das mesmas. Esse erro é bem evidente na

Zona de Convergência do Atlântico Sul.

Os erros nas bandas de convergência podem ser dependentes do esquema de convecção adotado, o qual, nas simulações anteriores foi o de Kuo (1974). O MCGA CPTEC/COLA tem agora duas versões para o esquema de convecção, o de Kuo e o de Relaxed Arakawa-Schubert (RAS). O objetivo deste trabalho é comparar os resultados do modelo utilizando esses dois esquemas de convecção, analisando principalmente os campos de precipitação para a América do Sul no verão. O estudo do esquema de parametrização da convecção profunda (cumulus) é similar àqueles feito por Kinter et al. (1997) e De Witt (1996). Entretanto, aqui são analisados somente dois esquemas diferentes usando-se o MCGA CPTEC/COLA. Avalia-se a possível melhora nas simulações climáticas realizadas pelo modelo em função do esquema de convecção adotado.

2. MÉTODOS

Nesse estudo usou-se o MCGA do CPTEC/COLA (Kinter et al 1997). Esse é um modelo dinâmico global espectral e foi usado com resolução T62L28. Os experimentos foram divididos em dois grupos. Em um deles usou-se o esquema de convecção Kuo (1974), que é operacionalmente usado pelo CPTEC em suas rotinas de previsão de tempo e clima. Esse esquema é denominado aqui de KUO. No outro grupo de experimentos empregou-se o esquema modificado de Arakawa-Shubert por Moorthi e Suarez (1992) e aqui é denominado de RAS.

Para cada esquema de convecção, realizou-se dois conjuntos de integrações com cinco membros cada um, para o período de novembro de 1998 a fevereiro de 1999. Os dias 14, 15, 16, 17 e 18 de novembro de 1998, foram usados como condição inicial (CI) atmosférica, para inicializar cada um dos 5 membros de integração em cada conjunto. Em cada integração usou-se a TSM climatológica, para simular a resposta climatológica do modelo.

Os resultados da circulação atmosférica simulada pelo modelo foram comparados com os dados re-analisados do NCEP/NCAR. A precipitação simulada foi comparada com os dados CMAP. Esses dados são uma composição observações de precipitação com estimativas derivadas de satélite (Xie e Arkin,). Os resultados de precipitação são analisados sobre a América do Sul e geopotencial e vento zonal ao redor do Hemisfério Sul no intuito de se inferir com qual dos dois esquemas o modelo apresenta seu melhor desempenho nas simulações climáticas e fornecer subsídios no sentido de melhorar as previsões climáticas realizadas pelo CPTEC/INPE.

3. RESULTADOS

São apresentados os resultados com a comparação dos dois esquemas de convecção usados no MCGA nos próximos dois sub-itens. O sub-item 3.1 mostra os erros sistemáticos do modelo em relação as análises do NCEP/NCAR. A seção 3.2 analisa a precipitação simulada e os erros sistemáticos em relação as observações.

3.1 - Altura Geopotencial e Componente Meridional do Vento

Para se verificar e comparar os erros sistemáticos produzidos pelas simulações, além da diferença entre os resultados do modelo e as observações, foi calculado o erro quadrático médio (RMSE) segundo a seguinte equação,

$$RMSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \sqrt{(M_i - A_i)^2}$$

onde N é número de meses e é igual 15, pois foram realizadas para cada caso 5 integrações por 3 meses cada uma. O M_i representa os campos simulados pelo AGCM e A_i as respectivas análises (ou observações). Dessa forma também está sendo incluído o erro devido à dispersão entre os membros.

O RMSE para a altura geopotencial em 200 hPa é apresentado na Fig1. De um modo geral as simulações do modelo apresentaram erros em ambos esquemas de convecção, porém o esquema RAS de

convecção apresentou valores menores comparando-se com o KUO. Os maiores erros são encontrados próximos a região onde localiza-se a Corrente de Jato Polar. No esquema KUO (**Fig 1a**) os maiores erros aparecem sobre o Oceano Pacífico Sul, próximo a região do continente australiano. No esquema RAS (**Fig 1b**) esses erros são menores em magnitude e também aparecem em 3 regiões bem distintas, ao sul da América do Sul e o continente Antártico (sobre o estreito de Drake) ao sul do Oceano Índico e aproximadamente na mesma região onde o esquema KUO apresentou seus maiores erros, no Pacífico Sul próximo a Austrália. A diferença desses dois campos (RAS-KUO) visto na **Fig 1c**, mostra que o esquema RAS apresenta os maiores erros na região subtropical enquanto o esquema KUO apresenta maiores erros nas demais regiões, incluindo a região polar.

A **Fig 2a-c** apresenta o corte vertical da média zonal da componente zonal do vento (componente **u**). Em ambos esquemas de convecção os maiores erros aparecem em altos níveis com os maiores núcleos de erro próximos ao posicionamento das Correntes de Jato em ambos hemisférios. Porém, no hemisfério de inverno (Hemisfério Norte) esses erros são maiores em extensão espacial, apresentando dois núcleos de erros máximos nos altos níveis, nos dois esquemas, porém menores no esquema RAS do que no esquema KUO. Analisando-se o Hemisfério Sul, percebe-se que os menores erros foram do esquema KUO tanto em baixos quanto em altos níveis. A região entre as latitudes 15°N e 45°S, na baixa e média troposfera, apresentaram os menores valores de erro, menor do que 3 m/s. A diferença dos campos de RMSE dos dois esquemas de convecção (**Fig. 2c**) mostra que o esquema KUO deu melhores resultados para o vento zonal no Hemisfério Sul, e o esquema RAS apresentou menores erros do que KUO no Hemisfério Norte, em altos níveis.

3.2 - Precipitação sobre a América do Sul

Os campos de precipitação para o período de verão da América do Sul (dezembro, janeiro e fevereiro) são apresentados na Fig.3. Uma das características marcantes do período de verão sobre a América do Sul é a existência de uma banda NW-SE de nuvens convectivas que é associada à ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) a qual contribui substancialmente em quantidade de precipitação para essa região.. De um modo geral os modelos atmosféricos tem uma grande dificuldade em simular corretamente a posição e a intensidade da ZCAS.

No caso em que foi utilizado o esquema KUO, o modelo superestimou a precipitação na parte sul da ZCAS e subestimou em algumas áreas da parte oeste. Utilizando o esquema RAS, o modelo responde com mais precipitação sobre a parte tropical da ZCAS, porém com excessivos valores, e subestima em uma faixa ao longo da costa norte do Brasil. O excesso de convecção sobre a parte central da Amazônia pode estar gerando excesso de movimento subsidente compensatório ao norte. Entretanto a parte subtropical da ZCAS é melhor representada usando este esquema. O contraste entre os dois esquemas fica bem visível na **Fig. 4c**, que mostra a diferença entre os campos de precipitação para os dois esquemas de convecção. As **Fig. 5a a c**, com a apresentação dos erros quadráticos médios confirmam as informações anteriores. Com o esquema KUO os erros se concentram na região sul da ZCAS e com o esquema RAS, na parte tropical da banda.

4. CONCLUSÕES

Nesse estudo foram realizados dois conjuntos de integrações usando-se o MCGA do CPTEC/COLA em alta resolução T62L28. Cada conjunto foi composto por cinco integrações (membros). Em um dos conjuntos de integrações usou-se o esquema de convecção cumulus Kuo, que é usado rotineiramente nas atividades operacionais de previsão de tempo e clima do CPTEC. No outro conjunto usou-se o esquema de convecção Arakawa-Schubert modificado (RAS). O objetivo de se testar ambos esquemas de convecção foi de se verificar as diferenças produzidas no clima simulado pelo modelo em uma situação de verão para a América do Sul. Nos dois casos foram usadas as mesmas condições iniciais atmosféricas (dias 14, 15, 16, 17 e 18 de novembro de 1998) e o modelo foi integrado de novembro até fevereiro, usando como condição de contorno campos mensais climatológicos de TSM. Os resultados obtidos mostraram que ambos esquemas de convecção apresentam erros quando comparados com as

análises atmosféricas e observações de precipitação. Os maiores erros da componente zonal do vento ocorrem em altos níveis próximo às regiões de localização dos Jatos em ambos hemisférios. Analisando-se o Hemisfério Sul, percebe-se que os menores erros foram do esquema KUO tanto em baixos quanto em altos níveis. No Hemisfério Norte os erros com RAS foram menores em altos níveis. Os modelos atmosféricos tem dificuldade em simular corretamente a ZCAS em posição e intensidade, com qualquer um dos dois esquemas. Comparado com o esquema KUO, o esquema RAS melhora a simulação na parte sul da ZCAS, mas produz excessiva precipitação na parte tropical.

REFERÊNCIAS

- Cavalcanti, I.F.A.; P. Satyamurty; J. A. Marengo;; I. Trosnikov; J.P.Bonatti; C. A. Nobre ; C. D'Almeida; G. Sampaio; C. C. Castro; M. Sanches, 2000. Climatological features represented by the CPTEC/COLA Global Circulation Model. *Preprints of Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, Santiago, Chile, 3-7 April, 2000 : 49-50.
- Cavalcanti, I.F.A., 1998. Precipitação climatológica no GCM do CPTEC/COLA, resolução T42L18. *Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia* em Brasília, de 26 a 30 Out. 1998.
- DeWitt DG (1996). The Effect of the Cumulus Convection on the Climate of the COLA General Circulation Model. *Cola Technical Report*. **27**.
- Kinter JL, DeWitt D, Dirmeyer PA, Fennessy MJ, Kirtman BP, Marx L, Schneider EK, Shukla J and Straus D (1997) The COLA Atmosphere-Biosphere General Circulation Model Volume 1: Formulation. *Cola Technical Report*, **51(1)**: 46pp.
- Kuo HL (1974). Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large scale flow. *Journ. Atmo Scien*, **31**:1232-1240.
- Moura AD, Shukla J (1981) On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journ. Atm. Scien.*, **38(7)**: 2653-2675.
- Nobre P, Shukla J (1996) Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the Tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, **10(4)**: 2464-2479.
- Pezzi, L. P. and Cavalcanti, I. F.A. (2000). The relative importance of ENSO and Tropical Atlantic Sea Surface Temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: A numerical study. *Climate Dynamics*. (Accepted).
- Pezzi, L P, Ubarana, V e Repelli, C. (2000). Desempenho e Previsões de um Modelo Regional Estatístico para a Região Sul do Brasil. *Rev. Bras. Geof.* No prelo.
- Xie, P; P.A.Arkin, 1998. Global monthly precipitation from satellite-observed outgoing longwave radiation. *J.Climate*, **11**, 137-164.

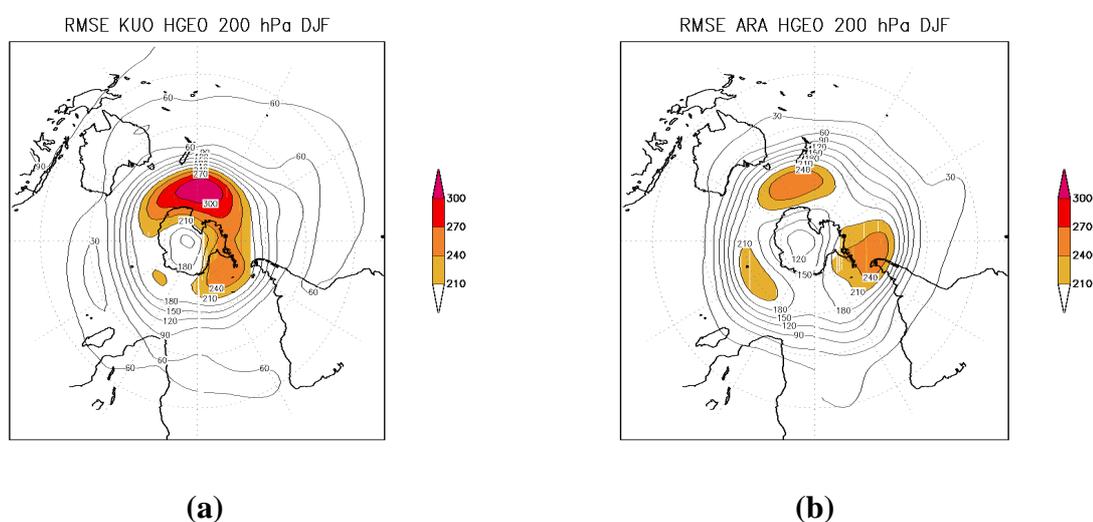
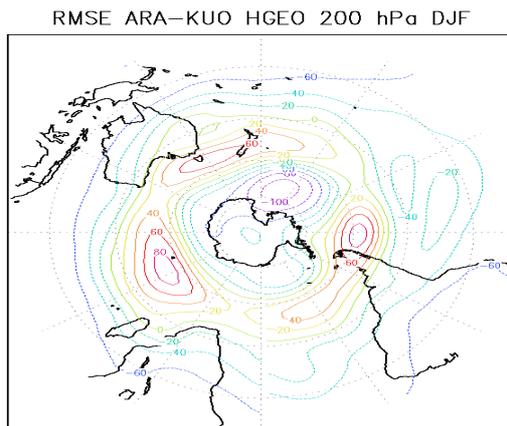


Fig. 1-- Erro quadrático médio (RMSE) da Altura Geopotencial simulada pelo AGCM e re-análises. KUO (a), RAS (b)



c)

Fig.1c- Diferença entre os RMSE RAS-KUO.

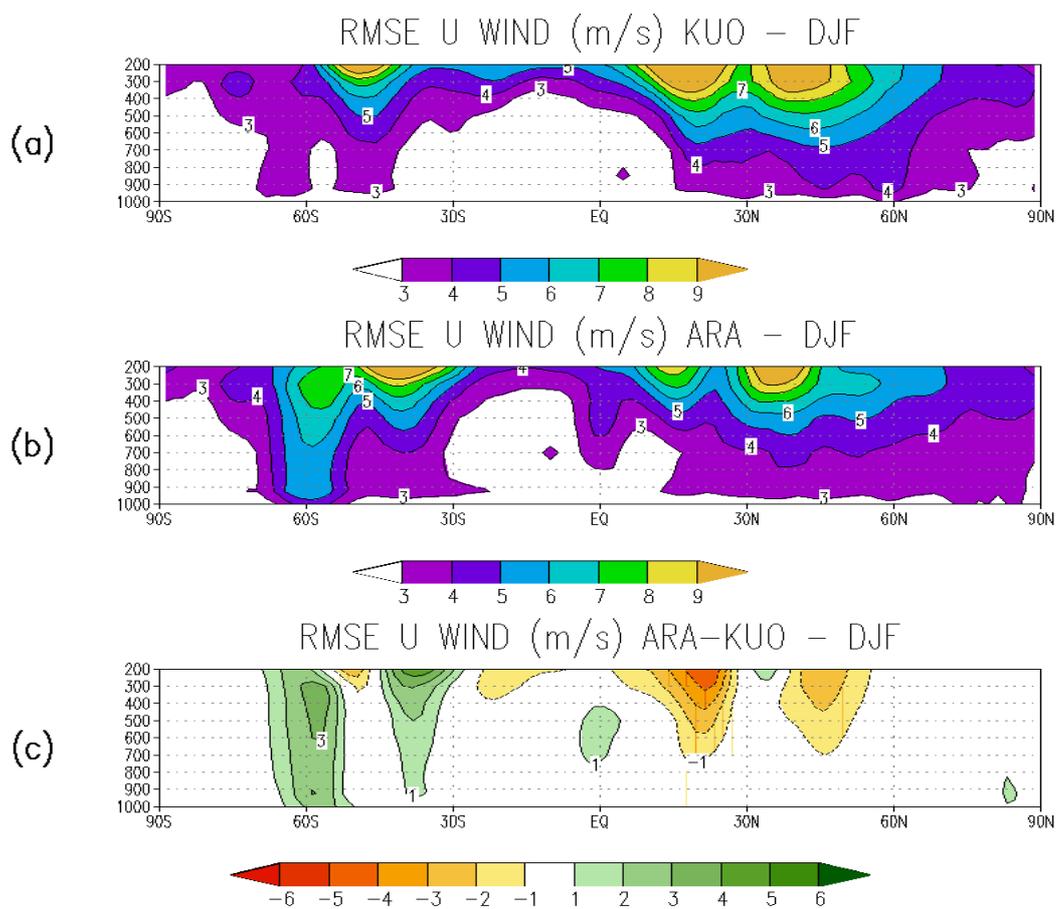


Fig. 2 - Erro quadrático médio (RMSE) da Componente Zonal do Vento (m/s) simuladas pelo AGCM. KUO (a), RAS (b) e diferença entre os RMSE RAS-KUO (c).

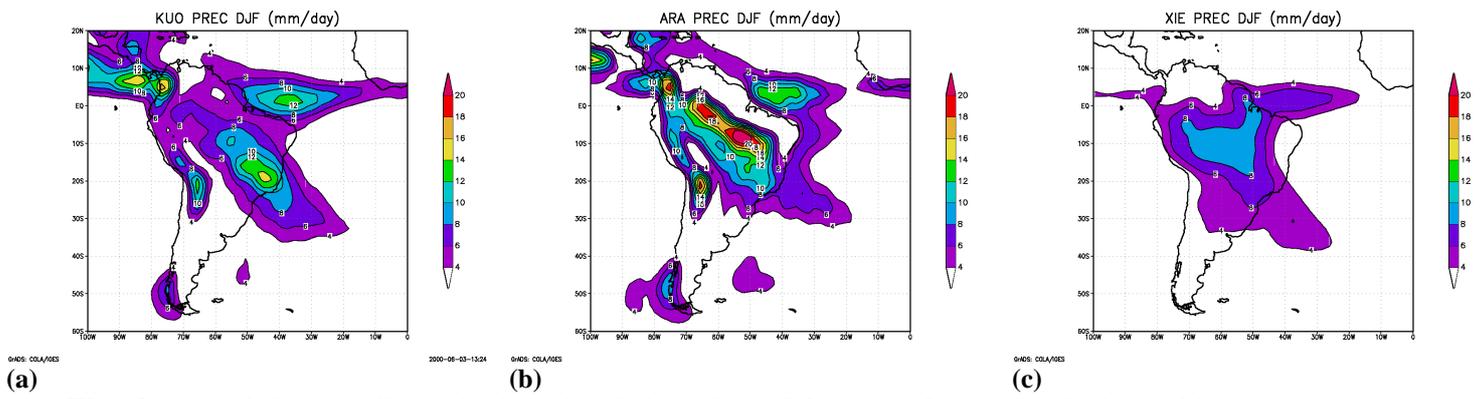


Fig. 3 - Precipitação climatológica simulada pelo AGCM. KUO (a), RAS (b) e Observada XIE (c), (mm/dia).

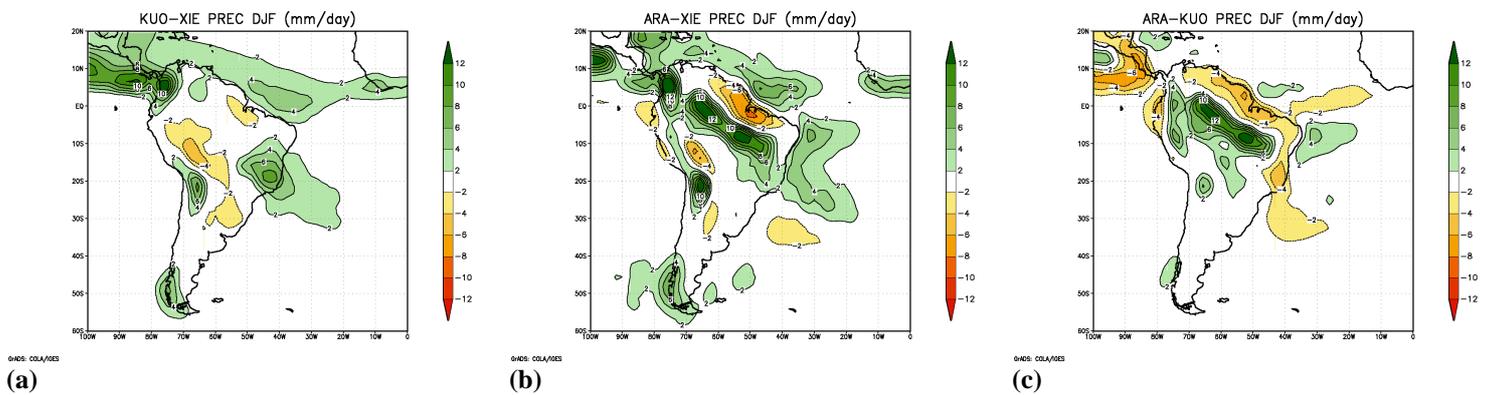


Fig. 4 - Diferença entre a precipitação climatológica simulada pelo AGCM e observada. KUO-XIE (a) e RAS-XIE (b). Diferença entre as precipitações climatológicas simuladas pelo AGCM, RAS-KUO (c), (mm/dia).

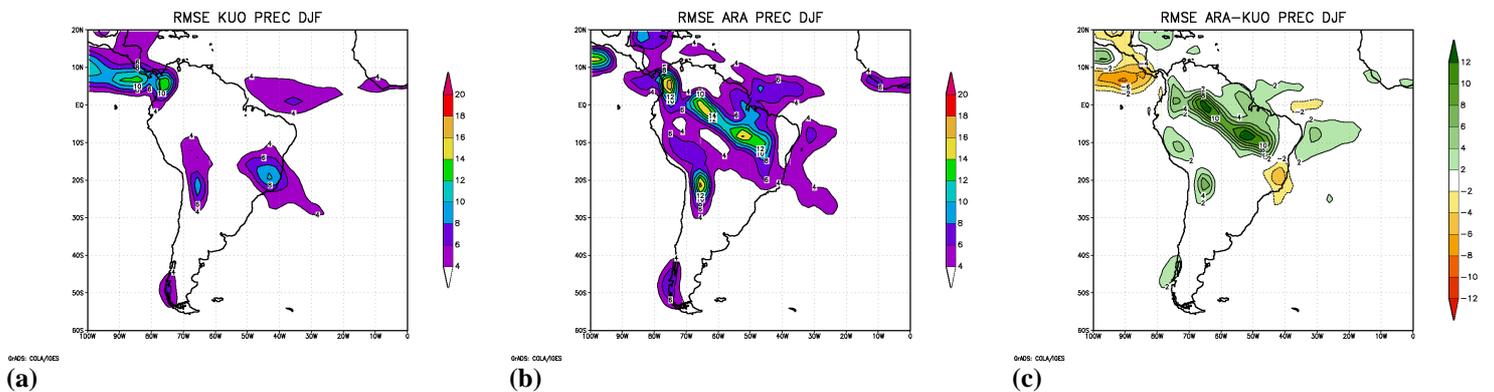


Fig. 5 - Erro quadrático médio (RMSE) entre a precipitação climatológica simulada pelo AGCM e observada. KUO (a), RAS (b) e diferença entre os RMSE RAS-KUO (c), (mm/dia).