

REGIME DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE MONÇÃO DA AMÉRICA DO SUL EM SIMULAÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti¹
Adma Raia²
José Roberto Rozante¹

RESUMO

A América do Sul tem um regime típico de monção, com grande parte do país apresentando uma estação chuvosa bem definida, no verão e pouca precipitação no inverno. Anomalias de precipitação em regiões influenciadas por esse Sistema de Monção afetam diversos setores da sociedade, como os casos de déficit ou excesso de chuva sobre o sudeste do Brasil e sobre a Amazônia, ocorridos em anos recentes. Além da variabilidade natural do clima, que ocorre em várias escalas de tempo, existe uma necessidade de avaliar o efeito antropogênico no clima futuro global e regional, o qual pode ser considerado um intensificador das mudanças naturais. Neste estudo, é feita uma análise da precipitação sobre a América do Sul, na época de verão, com os resultados de simulações do IPCC em vários experimentos de mudanças climáticas. Os vários modelos analisados mostram consistência entre as diferenças de precipitação do experimento do século vinte e os experimentos com cenários futuros, no período de verão, sobre a região noroeste e sul/sudeste da América do Sul. Entretanto, em grande parte da região da Monção da América do Sul, os vários modelos mostram resultados diferentes, embora o ciclo anual da precipitação seja bem representado em todos os modelos, com alterações de intensidade, nas simulações do clima futuro.

ABSTRACT

South America is affected by a typical monsoon regime, with a well defined rainy season in the summer and low precipitation in the winter, in large areas of the country. Anomalous precipitation in regions influenced by the monsoon system, affects several social sectors, such as the cases that occurred recently over southeastern Brazil and Amazonia, with deficit or excess of precipitation. Besides the natural climate variability, which occur in several timescales, there is a need to verify the anthropogenic effect on the future global and regional climate. A precipitation analysis over South America, using results of several climate change experiments from IPCC, is performed in this study. The models show consistent results of precipitation changes over Northwestern and Southern/Southeastern South America, but differ over the South America Monsoon Region. However, the annual cycle in several areas of the Monsoon are well represented by the models, with changes in intensity in the future climate simulations.

Palavras chave: mudanças climáticas, monção América do Sul, simulações climáticas

¹Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Rodovia Presidente Dutra, Km 40, CEP 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil, telefone: +55 (12) 3186-8478, FAX:+55 (12) 3101-2835, , iracema@cptec.inpe.br; rozante@cptec.inpe.br

²Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas) – Centro de Climatologia - MG Tempo. adma@cptec.inpe.br

INTRODUÇÃO

A América do Sul tem uma característica de monção, que tem sido discutidas em vários estudos, como Gan et al (2004), Marengo et al (2001), Grimm et al (2004), Nogués-Paegle et al (2002). O sistema de Monção da América do Sul (SMAS) tem apresentado uma variabilidade com relação à precipitação que tem afetado vários setores da sociedade. No verão de 2000/2001, houve uma deficiência de chuvas na região sudeste que culminou na crise energética do Brasil. Naquele caso, houve influência da variabilidade intrasazonal na ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e de vórtices ciclônicos em altos níveis sobre o Brasil tropical (Cavalcanti e Kousky, 2001). Em 2005 houve uma situação de seca muito intensa na Amazônia, e em 2006 ocorreram inundações naquela região. Portanto a variabilidade interanual do SMAS tem sido grande e com graves conseqüências. Em termos de variabilidade de longo prazo da monção, uma das observações feitas por Nogués- Paegle et al (2002) é que as variações observadas no século 20 podem ser atribuídas à variabilidade decadal natural, mudanças climáticas antropogênicas ou uma combinação de ambas, o que precisa ser investigado.

O projeto do “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC) de simulações com vários modelos globais, em experimentos de mudanças climáticas, tem fornecido a oportunidade para a investigação das possíveis mudanças em várias regiões do globo. Resultados de simulações do IPCC com o modelo GFDL mostraram uma modificação da Monção da América do Sul, em experimentos com o aumento do CO₂ na atmosfera (Cavalcanti et al 2005). As características de verão sobre a América do Sul são enfraquecidas, com menos precipitação na região da ZCAS e na região Nordeste e mais sobre o sudeste da América do Sul, no setor sul da Bacia do Prata (Cavalcanti et al 2005, Cavalcanti et al 2006). No presente estudo, resultados de simulações com outros modelos do IPCC são analisados para investigar as mudanças na precipitação na região de Monção da América do Sul.

DADOS E MÉTODOS

Os dados mensais de precipitação e outras variáveis foram obtidos do projeto IPCC-4, de tres experimentos: O primeiro é uma simulação do século vinte, que contém todos os forçantes antropogênicos durante o período de integração. O segundo experimento é uma integração com aumento de CO₂ na razão de 1% ao ano, até dobrar a concentração, e então mantendo constante por mais cem anos. O terceiro experimento foi realizado considerando o cenário de desenvolvimento econômico mundial mais extremo (SRES A2). Os resultados apresentados neste estudo são referentes às análises com os modelos do GFDL(USA), HADCM3 (UK) e MRI (Japan).

Esses modelos apresentam climatologias do século vinte semelhantes ao observado. Os resultados são discutidos em termos de variações da precipitação entre as simulações dos cenários futuros e o século vinte, para a estação de verão (DJF), considerando os últimos 51 anos de cada integração, e também são mostrados os ciclos anuais de precipitação em algumas áreas do SMAS.

VARIAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO SOBRE A AMÉRICA DO SUL

As diferenças são mostradas em porcentagem da precipitação com relação ao século 20 na Fig.1. Os diferentes modelos mostram diferentes configurações, porém algumas características comuns são observadas, como aumento de precipitação na costa oeste equatorial da América do Sul e mais chuva no sul/sudeste da América do Sul. Na região sudeste do Brasil, onde há ocorrência da ZCAS, os modelos não apresentam valores consistentes entre si. Como já mencionado em outras análises de simulações climáticas, esta região é uma região com grandes erros sistemáticos e com baixa previsibilidade, apresentando grande espalhamento entre resultados (Cavalcanti et al, 2002; Marengo et al, 2003). A consistência dos resultados de diferentes modelos, nas regiões noroeste e sul/sudeste da América do Sul, aumentam a confiabilidade nos resultados das simulações nessas regiões.

Apesar das diferenças nos resultados dos diferentes modelos, na região sudeste do Brasil, o ciclo anual é bem representado, com as características típicas da Monção (Fig. 2 e 3) Os máximos de precipitação nos meses de verão, e os mínimos no inverno são evidentes na região SE e CW (Fig.3). Na Amazônia (Oeste e Leste) o máximo ocorre em março/abril, o que é consistente com observações. O mínimo também ocorre no inverno (Fig.2). Na região SE e CW, as mudanças nos valores de precipitação climatológica ocorrem principalmente no período da monção de verão (fim da primavera e começo do outono) e não há muitas diferenças entre os dois experimentos de cenários futuros (1%CO₂ e SRES). Entretanto, nos campos espaciais, as diferenças são maiores nos experimentos do SRES A2, como seria de se esperar. No inverno não há muita diferença entre os resultados da região sudeste / centro-oeste dos 3 experimentos, porém no verão, as variações são diferentes nos 3 modelos. Na região Amazônica as diferenças notadas no ciclo anual são maiores, entre o clima do século 20 e o dos cenários futuros, nos modelos HADCM3 e MRI. De um modo geral, as precipitações são menores nos cenários futuros, tanto na região oeste quanto na leste, nos resultados do HADCM3. Entretanto os modelos GFDL e MRI indicam maiores precipitações no período de verão. Nos dois setores da Amazônia ocorrem maiores mudanças no inverno nos resultados do HADCM3 e MRI, ambos com diminuição nas chuvas. Nos resultados do experimento SRES A2, o modelo MRI apresenta uma defasagem no ciclo anual, tanto nas regiões da Amazônia quanto na região SE e CW. Este comportamento parece ser relacionado com algum

erro na simulação, e não com o efeito do aumento dos gases do efeito estufa, pois ocorre nas regiões onde o ciclo anual é bem definido, no experimento SRES A2, mas não no experimento 1%CO₂. A consistência entre os resultados na costa oeste da América do Sul parece suportar a hipótese de uma situação similar ao El Niño, no clima futuro. Outras análises estão em andamento para uma discussão mais detalhada dos mecanismos físicos associados.

CONCLUSÃO

As simulações de mudanças climáticas do projeto IPCC-4 indicam mudanças na precipitação sobre a América do Sul. As mudanças são maiores no experimento SRES A2. O ciclo anual da precipitação em algumas áreas na região de monção da América do Sul mostra que o regime da monção permanece no clima futuro, mas com diferenças na intensidade da precipitação. Os resultados mostram consistência em simular mais precipitação sobre o noroeste e sul/sudeste da América do Sul. Entretanto, em algumas áreas da região da Monção da América do Sul (Amazônia, centro-oeste e sudeste do Brasil), os resultados de modelos diferentes sugerem uma incerteza na caracterização da precipitação do clima futuro e a necessidade de analisar resultados de um número maior de modelos. Resultados de outros modelos ainda estão sendo avaliados e analisados, para estabelecer o nível de incertezas das mudanças na precipitação sobre a região do SMAS.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq pelo suporte à pesquisa e aos: international modeling groups for providing their data for analysis, the Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) for collecting and archiving the model data, the JSC/CLIVAR Working Group on Coupled Modelling (WGCM) and their Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) and Climate Simulation Panel for organizing the model data analysis activity, and the IPCC WG1 TSU for technical support. The IPCC Data Archive at Lawrence Livermore National Laboratory is supported by the Office of Science, U.S. Department of Energy

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cavalcanti, IFA; VE Kousky, 2001. Droughts in Brazil during Summer and fall 2001 and associated atmospheric circulation features. *Climanálise*, 2001.

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, 2005. Aspectos de mudanças climáticas na região de monção da América do Sul e Bacia do Prata. *IX Congresso Argentino de Meteorologia, IX Congremet*, Buenos Aires, Argentina.

Cavalcanti, I. F. A.; I. Camilloni; T. Ambrizzi, 2006. Escenarios climaticos regionales. In: V. Barros; R. Clarke; P.Silva Dias. *El Cambio climático en la cuenca del Plata. Buenos Aires, CIMA/CONICET*: 175-190.

Gan, M. A., Kousky, V. E., Ropelewski, C. F. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central do Brasil. *Journal of Climate*, v 17: 47-66, 2004.

Grimm, A.M; C. Vera; R. Mechoso, 2004. The South American Monsoon System. In: *WMO Report n. 70: The Global Monsoon System: Research and Forecast Report of the International Committee of the Third International Workshop on Monsoons (IWM-III)*, 2-6 November 2004, Hangzhou. Part B: Regional Monsoon Topics.

Marengo, JA; B.Liebmann; VE Kousky; N.P.Filizola, I.Wainer, 2001. Onset and End of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. *J. Climate*, 14: 833-852.

Marengo, J. A., I. F. A. Cavalcanti, P. Satyamurty, C. A. Nobre, J. P. Bonatti, A. O. Manzi, I. Trosnikov, G. Sampaio, H. Camargo, M. B. Sanches, C. A. C. Cunningham, C. D'Almeida, and L. P. Pezzi, 2003: Ensemble simulation of regional rainfall features in the CPTEC/COLA atmospheric GCM. Skill and Predictability assessment and applications to climate predictions. *Climate Dynamics*, **21**, 459-475.

Nogués-Paegle J. e co-autores, 2002. Progress in Pan American Clivar research : understanding the South America Monsoon, *Meteorologica*, 27: 3-32.

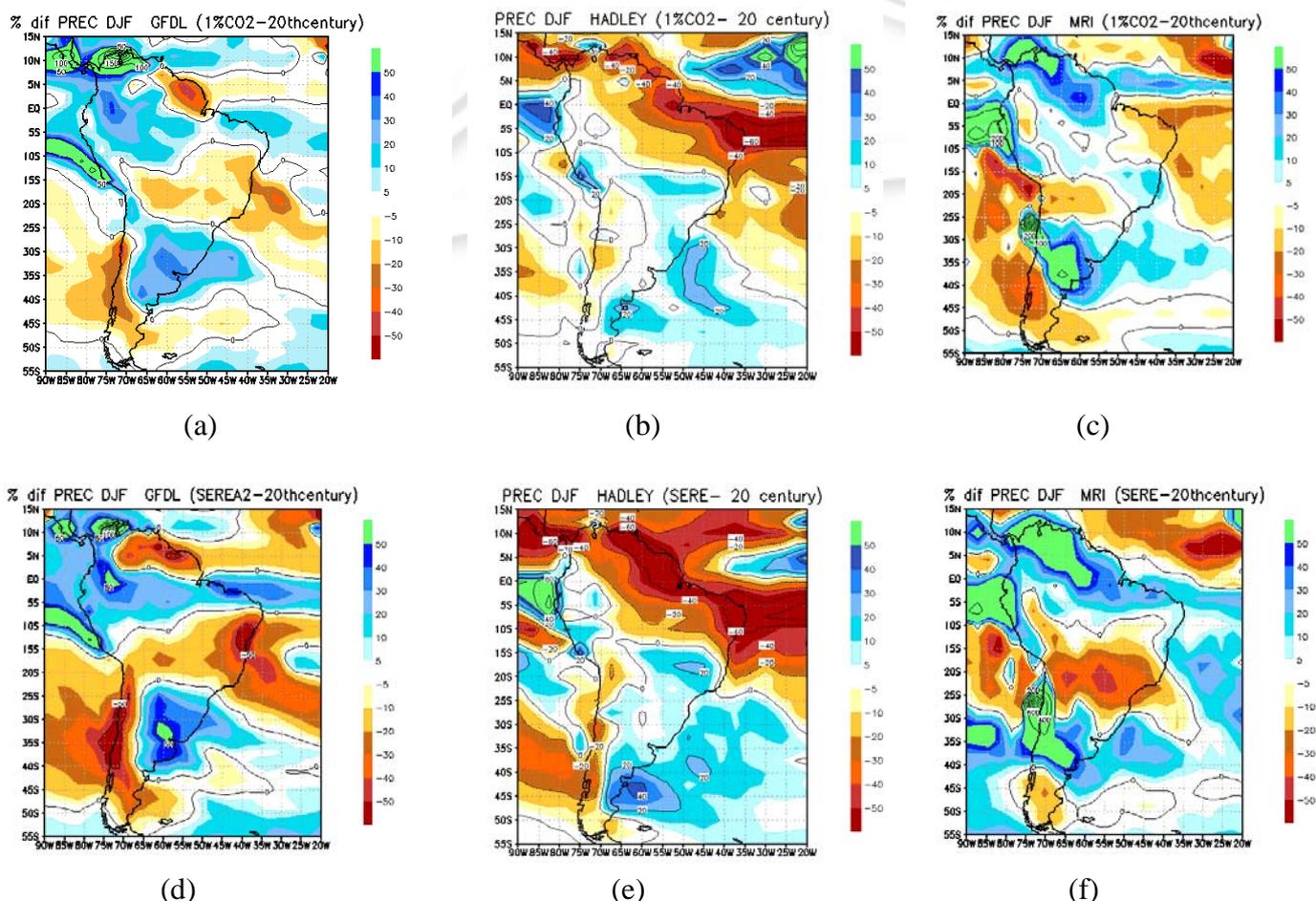
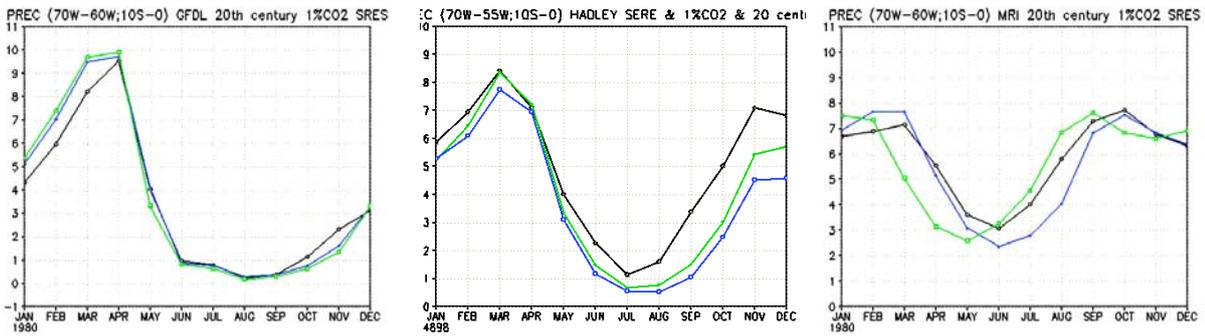


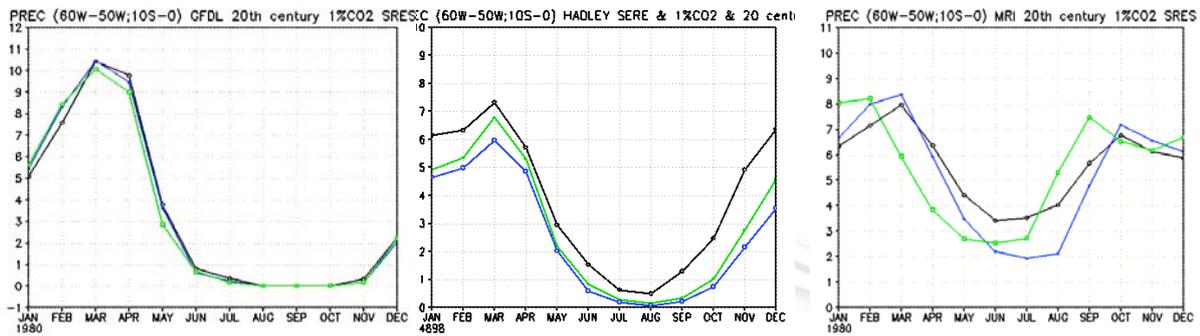
Fig. 1. Diferenças de precipitação entre as simulações de 1% CO₂ (a) GFDL; (b) HADCM3; (c) MRI e SRES A2 (d) GFDL; (e) HADCM3; (f) MRI.



(a)

(b)

(c)

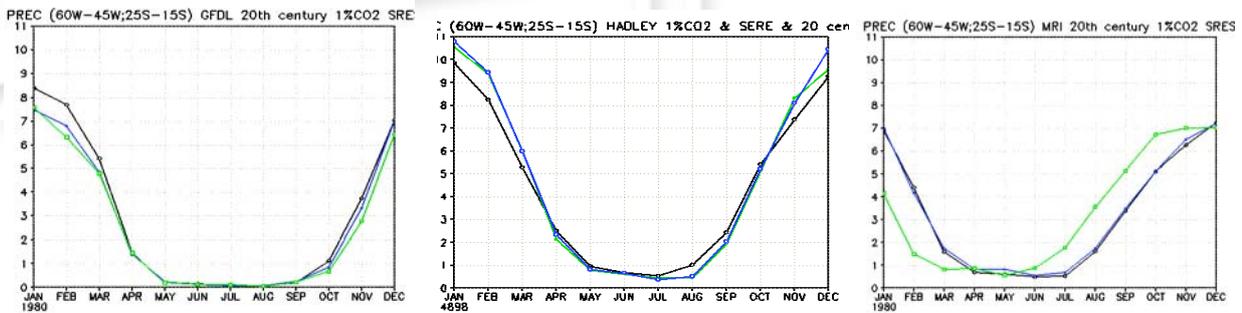


(d)

(e)

(f)

Fig. 2. Ciclo anual de precipitação nas simulações dos experimentos do século20, 1%CO2 e SRES A2, no Oeste da Amazônia (a), (b), (c) e no Leste da Amazônia (d), (e), (f) com os modelos (a) Hadley (b) GFDL; (c) MRI.



(a)

(b)

(c)

Fig. 3. Ciclo anual de precipitação nas simulações dos experimentos do século20, 1%CO2 e SRES A2, no sudeste e centro-oeste (a) Hadley (b) GFDL; (c) MRI.