

EXPERIMENTO DE SENSIBILIDADE COM O MGCA CPTEC/COLA NA RELAÇÃO DE ANOMALIAS DE TSM DO ATLÂNTICO SUBTROPICAL SUL COM A PRECIPITAÇÃO NO SUL/SUDESTE DO BRASIL

*Andréa de Oliveira Cardoso¹, Iracema F. A. Cavalcanti²,
Pedro Leite da Silva Dias³ e Henrique M. J. Barbosa⁴*

RESUMO: A confiabilidade da previsão climática para o verão é muito importante para o planejamento de abastecimento de água e energia das Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Alguns estudos observacionais sugerem que a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico (OA) subtropical sul pode influenciar a precipitação sobre estas regiões. Foi realizado um experimento com o modelo de circulação geral atmosférico (MGCA) CPTEC/COLA (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Center for Ocean–Land–Atmosphere Studies) para avaliar a sua sensibilidade à forçante nesta área do oceano, visto que o desempenho depende deste fator. Os resultados sugerem a relação da defasagem das anomalias de TSM sobre o OA sul subtropical com a geração de padrões de circulação atmosférica que influenciam o direcionamento e a atuação dos sistemas frontais, os quais podem alterar o padrão de convecção na região da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

ABSTRACT: The summer climate forecast skill is very important for planning the energy generation and water supply of the South and Southeastern regions of Brazil. Some observational studies suggest that the Sea Surface Temperature (SST) in the South Subtropical Atlantic Ocean (AO) can influence the precipitation in these regions. An experiment with the Center for Weather Forecasting and Climate Studies–Center for Ocean–Land–Atmosphere Studies (CPTEC/COLA) atmospheric general circulation model was performed to evaluate its sensitivity to the forcing in this area of the ocean, since the model performance depends on this factor. The results suggest that the SST anomalies lagged in the subtropical south AO favour the generation of atmospheric circulation patterns that influence the direction and the organization of the frontal systems, thus modifying the convection pattern in the region of the South Atlantic Convergence Zone.

Palavras-chave: Atlântico subtropical, modelo CPTEC/COLA, precipitação

INTRODUÇÃO

Há indícios de que o clima nas Regiões Sul (S) e Sudeste (SE) do Brasil seja influenciado por anomalias de temperatura da superfície do mar (ATSM) no Oceano Atlântico (OA) subtropical vizinho à América do Sul. Uma ligação entre as ATSM positivas no sudoeste do OA e a precipitação acima do normal sobre o extremo sul do Brasil e Uruguai foi verificada por Diaz et al. (1998), para os períodos de outubro a dezembro e abril a junho. Grimm (2003) sugere que o El Niño, relacionado a anomalias de circulação e precipitação, estabelece na primavera uma ATSM quente sobre a costa do SE do Brasil, à qual realça a convecção no Brasil central-leste, em janeiro. Alguns estudos sugerem uma relação entre a precipitação sobre a Zona de Convergência do

1 Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC – INPE. Rodovia Presidente Dutra, Km 40. CEP: 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil. E-MAIL: andrea@cptec.inpe.br;

2 CPTEC – INPE. E-MAIL: iracema@cptec.inpe.br

3 Departamento de Ciências Atmosféricas – IAG – USP. E-MAIL: pldsdias@model.iag.usp.br.

4 CPTEC – INPE. E-MAIL: hbarbosa@cptec.inpe.br

Atlântico Sul (ZCAS) e a ATSM no OA sudoeste (Robertson e Mechoso, 2000; Barreiro et al., 2002; Chaves e Nobre, 2004).

Cardoso et al. (2004) mostra que a TSM no sudoeste do OA sul apresenta significativa correlação defasada com os padrões da precipitação de verão observada no S e SE do Brasil. Nesse estudo também foi mostrado que o padrão espacial relacionado ao principal modo de precipitação de verão é bem reproduzido pela simulação do modelo operacional de previsão climática CPTEC/COLA, sendo este padrão semelhante ao associado com a TSM do OA subtropical. Pezzi e Cavalcanti (2001) estudaram a sensibilidade do modelo CPTEC/COLA às ATSM forçadas no Atlântico tropical, sugerindo a influência desta área do oceano sobre a precipitação no Nordeste brasileiro em anos de El Niño, e que pode atingir outras regiões do Brasil em anos de La Nina. É importante também investigar a capacidade do modelo em reproduzir padrões de precipitação e circulação forçados por ATSM no OA subtropical, visto que os resultados dos trabalhos citados sugerem que as ATSM sobre essa região podem afetar a precipitação no S e SE do Brasil.

No presente trabalho foi realizado um experimento com o modelo CPTEC/COLA para avaliar a sua sensibilidade à forçante no OA subtropical sul, sendo focalizada a faixa do oceano onde a TSM é uma provável covariável da precipitação (Cardoso et al., 2004).

DADOS E METODOLOGIA

A confiabilidade da previsão climática para o verão é muito importante no planejamento de abastecimento de água e energia das Regiões Sul e Sudeste, por se tratar da estação chuvosa nesta última região, e também contribuir para os totais anuais no Sul do Brasil. O desempenho do modelo depende muito de sua sensibilidade à forçante, que neste caso é a TSM. Foi elaborado um experimento, para previsão climática em dezembro-janeiro-fevereiro (DJF), com o modelo forçado por TSM observada com defasagem (de setembro-outubro-novembro (SON)) sobre o OA subtropical. A escolha da TSM defasada foi baseada nos principais modos canônicos entre a precipitação de DJF e a TSM de SON (Cardoso et al., 2004), cujo acoplamento pode ser útil para fins prognósticos. A área do OA forçada pela TSM defasada compreende a região entre a costa do S e SE brasileiro e o OA central (40°S-20°S, 50°O-15°O).

Foi realizado um conjunto de simulações de 13 verões (DJF de 1983 a 1995) para obter uma amostra significativa da resposta do modelo. O modelo foi integrado com cinco condições iniciais correspondentes aos dias 17 a 21 de outubro de cada ano, resultando em cinco membros do conjunto com previsões médias mensais. Foram realizadas duas integrações do modelo variando as condições de contorno (forçantes) impostas, relacionadas conforme: (i) Controle (CTR), cuja condição de contorno é a TSM climatológica mensal, sem defasagem, imposta em cada respectivo mês durante a integração; (ii) Experimento do OA subtropical (EOAS), no qual a condição de

contorno é a TSM defasada sobre a região da caixa no OA e TSM climatológica no restante do OA e demais oceanos.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Devido ao ciclo sazonal, a TSM defasada é mais fria do que a climatológica e a observada sem defasagem. Assim, a área forçada no EOAS apresenta TSM mais fria do que no CTR. Uma TSM mais fria no OA sudoeste tende a aumentar o gradiente de TSM entre os subtropicais e os trópicos, aumentando o gradiente de pressão, cujo sentido é oposto ao gradiente da TSM. Desta forma, são verificadas, sobre o OA sul subtropical pressões mais altas sobre a TSM mais fria. Este fato pode ser visto através da diferença entre a pressão ao nível do mar (PNM) simulada no EOAS e a PNM simulada no CTR (Figura 1a), que destaca o aumento da PNM sobre a região da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Com o aumento da pressão do anticiclone do OA sul há uma intensificação na sua circulação associada e também um fortalecimento do vento na região de maior gradiente de TSM, principalmente na fronteira norte do anticiclone (Figura 1c).

Sobre a área da região de TSM alterada, observa-se a diminuição do fluxo de calor latente e também do fluxo de calor sensível da superfície (Figuras 1e e 1f), devido à redução do contraste térmico ar-mar, decorrente da inclusão de TSM fria nesta região. Observa-se nesta área um aumento na radiação de onda curta que alcança a superfície do oceano (Figura 1g), acompanhado pela diminuição na precipitação (Figura 1b). O aumento na radiação solar que alcança a superfície é devido à redução da nebulosidade, que possivelmente está associada à intensificação da ASAS e à subsidência a ela associada. Neste caso a contribuição do aquecimento radiativo não é suficiente para favorecer os fluxos de calor latente e sensível sobre a região perturbada, pois o resfriamento da TSM induzido pelo experimento, que é mantido durante toda a integração, é mais forte do que o aquecimento da atmosfera (interface ar-mar) gerado pela radiação.

O fortalecimento observado na ASAS mostra características similares às que ocorrem no inverno, com sua aproximação ao continente, posicionamento mais ao sul e o estabelecimento de sua circulação sobre o S e SE brasileiro (Satyamurty et al. 1998). Neste experimento verificou-se também o abaixamento da PNM sobre o sul do continente (sudoeste da ASAS), acompanhado pelo enfraquecimento da Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) e associado a uma circulação ciclônica com o núcleo sobre o OP subtropical leste (Figuras 1d). O estabelecimento da configuração observada sobre os setores sul e sudeste da AS, caracterizada pela circulação ciclônica e anticiclônica nestes setores, respectivamente, pode favorecer a penetração de transientes no extremo Sul do Brasil e impedir que os mesmos alcancem o SE brasileiro, devido a presença da ASAS intensificada. Esta situação contribui para o aumento da precipitação no S e a diminuição da precipitação no SE (Andrade e Cavalcanti, 2004; Camilloni et al., 2004).

De fato, este comportamento da anomalia climática no S/SE é observado no campo de precipitação simulada (Figuras 1b), sendo acompanhado por um aumento da precipitação sobre o Nordeste Brasileiro (NEB). Este aumento da precipitação pode estar associado ao aumento do fluxo de calor latente da superfície em áreas oceânicas adjacentes, devido ao aporte de calor e umidade provindos do oceano pela circulação anticiclônica da alta subtropical (Figuras 1c e 1e). Um outro fator que pode contribuir para o aumento da precipitação sobre o NEB é a diminuição da subsidência que seria induzida pela ZCAS (Marton, 1994).

Ao avaliar o fluxo de umidade médio entre 850 e 700 hPa, verifica-se um aumento no fluxo de leste que acompanha a circulação da alta pressão em direção à região de convergência no Sul do Brasil (Figura 1h). Este fluxo de umidade oriundo do oceano pode convergir com o fluxo de umidade oriundo da Amazônia através do jato de baixos níveis, dando o suporte de umidade para o aumento da precipitação sobre o extremo Sul brasileiro (Mechoso, 2003; Rodrigues and Cavalcanti, 2006).

Outro aspecto observado foi o aumento do fluxo de calor sensível da superfície sobre praticamente todo o Estado de SP, sul de MG e no litoral do PR e de SC (Figura 1f), que pode ser proveniente da contribuição de fatores que aumentam o contraste térmico terra-ar, tais como: o estabelecimento da circulação da alta pressão, aumento da radiação que chega à superfície (sem nebulosidade) e subsidência de compensação devido à convergência e aumento da precipitação no extremo sul do Brasil.

Através do mapa global da diferença da precipitação resultante do experimento e do controle (Figura 1b), nota-se claramente um padrão semelhante na variação da precipitação sobre a região das três zonas de convergência do hemisfério sul. Há aumento de precipitação ao norte e ao sul das zonas de convergência. A variação sobre a América do Sul parece corrigir os erros sistemáticos do modelo na região Amazônica, ZCAS e Sul do Brasil, entretanto, aumenta os erros sobre o Nordeste, citados em Cavalcanti et al (2002). Como as anomalias de precipitação sobre o Nordeste são bem simuladas pelo modelo, é provável que essas variações obtidas nas outras regiões possam melhorar o desempenho do modelo nas áreas de menor previsibilidade. A intensidade da variação na precipitação sobre a região da ZCAS é maior, devido ao posicionamento da forçante. Marton e Silva Dias (2001) notaram uma relação quase em fase na oscilação do campo de radiação de onda longa nas regiões destas zonas de convergência.

Os resultados deste experimento sugerem a relação da defasagem das anomalias de TSM sobre o OA sul subtropical com a geração de padrões de circulação atmosférica, que influenciam o direcionamento e a atuação dos sistemas frontais de verão sobre o S e SE do Brasil, podendo alterar o padrão de convecção na região da ZCAS. Estes resultados também mostram a sensibilidade do modelo CPTEC/COLA à forçante nesta região dos subtrópicos, como também a sua capacidade em

reproduzir padrões locais e remotos. Destacou-se a forte resposta do modelo a forçantes locais, evidenciando a influência da TSM no OA subtropical sobre o S e SE brasileiro.

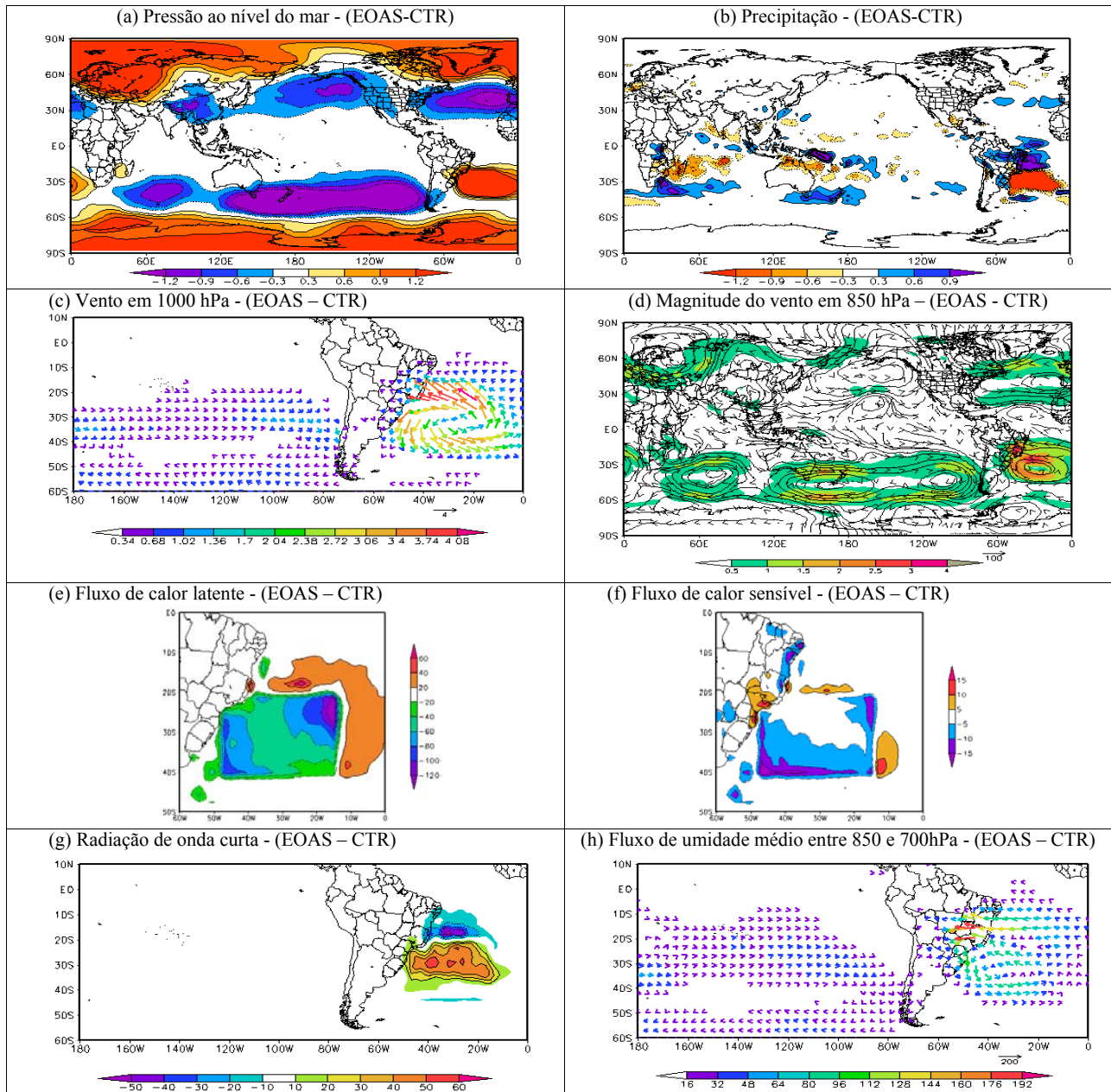


Figura 1: Padrão espacial da diferença entre as variáveis simuladas no experimento do OA subtropical (EOAS) e na rodada de controle (CTR), representado pela média no período de DJF (1983-1995). Os campos da diferença (EOAS-CTR) são mostrados conforme: (a) Campo de PNM (hPa); (b) Precipitação (mm/dia); (c) Vento em 1000 hPa (mm/dia); (b) Linha de corrente e magnitude do vento (m/s); (e) Fluxo de calor latente da superfície (W/m^2); (f) Fluxo de calor sensível da superfície (W/m^2); (g) Radiação de onda curta (W/m^2); (g) Fluxo de umidade médio entre 850 e 700 hPa ($10^{-4}m/s$) (W/m^2).

AGRADECIMENTOS: À FAPESP, pelo amparo à pesquisa do Projeto de Doutorado nº 01/00227-8. Ao IAI/PROSUR por apoio à realização desta pesquisa e ao CPTEC/INPE e IAG/USP pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, K.; CAVALCANTI, I. F. A. **Climatologia dos sistemas frontais e padrões de comportamento para o verão na América do Sul.** In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2004, **Anais.**
- CARDOSO, A. O.; CAVALCANTI, ; SILVA DIAS, P. L. **O modelo CPTEC – COLA é capaz de reproduzir os principais modos de variabilidade de precipitação sobre as Regiões Sul e Sudeste do Brasil.** In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2004, **Anais.**
- CAVALCANTI, I. F. A.; MARENGO, J.; SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.; TROSNIKOV, I.; BONATTI, J.; MANZI, A.; TARASOVA, T.; PEZZI, L.; D'ALMEIDA, C.; SAMPAIO, G.; CASTRO, C.; SANCHES, M.; CAMARGO, H. Global Climatological Features in a Simulation Using the CPTEC-COLA AGCM. **J. Climate**, v. 15, n. 21, p. 2965-2988, 2002.
- DIAZ, A. F.; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **J. Clim.**, v. 11, n. 2, p. 251-271, 1998.
- BARREIRO, M.; CHANG, P.; SARAVANAN, R. Variability of the South Atlantic Convergence Zone simulated by an atmospheric general circulation model. **J. Climate**, v. 15, n. 7, p. 745-763, 2002.
- CHAVES, R. R.; NOBRE, P. Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone, **Geophys. Res. Lett.**, v. 31, L03204, 2004.
- GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. **J. Clim.**, v. 16, n. 2, p. 263-280, 2003.
- MARTON, E. **Efeito da resolução espacial nas simulações numéricas de fontes de calor na América do Sul.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Atmosféricas, IAG-USP, São Paulo (SP), 76 p, 1994.
- MARTON, E.; SILVA DIAS, P. L. Variabilidade Intr sazonal na Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CONGRESO LATINOAMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA - VIII CONGRESO ARGENTINO DE METEOROLOGIA. Buenos Aires, Argentina, 2001, **Anais.**
- MECHOSO, C. R. The Southern American Monsoon System. SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY. MAS. 2003. **Anales.**
- SATYAMURTY, P.; NOBRE, C. A.; DIAS, P. L. S. South America. Meteorology of the Southern Hemisphere, v. 27, n. 49, p.119-139, 1998.
- PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, p. 205-212, 2001.
- ROBERTSON, A. W.; MECHOSO, C. R. Interannual and interdecadal variability of the South Atlantic Convergence Zone. **Mon. Wea. Rev.**, v. 128, p. 2947-2957, 2000.
- RODRIGUES, D.A.; CAVALCANTI, I. F. A. Simulations of the Hydrologic Cycle over Southern South America using the CPTEC/COLA AGCM. **Journal of Hydrometeorology**, 2006. (*in press*)