

# O DESEMPENHO DO MODELO ESTATÍSTICO DE PREVISÃO DAS ANOMALIAS SAZONAIS DE PRECIPITAÇÃO SOBRE A REGIÃO SUL DO BRASIL

*Lincoln Muniz Alves<sup>1</sup> e Luciano Pezzi<sup>1</sup>*

**RESUMO:** Neste estudo apresenta-se a previsibilidade do modelo SIMOC Sul, baseado na técnica estatística de Análise de Correlações Canônicas (ACC), com ênfase na distribuição sazonal de anomalias de precipitação sobre a Região Sul do Brasil. Verificações da destreza do modelo foram feitas através de correlações entre os campos de anomalias da precipitação observada e prevista para diferentes trimestres com antecedência variando de um a alguns meses. Objetiva-se identificar o melhor período preditor e a antecedência com a qual se pode obter previsões confiáveis com o modelo. Nota-se que o modelo consegue captar a variabilidade sazonal das anomalias de precipitação. Em alguns casos os valores são significativamente expressivos ( $>0.6$ ) tanto para os campos preditores, com defasagem de 1 mês quanto para os preditores com 2 e 3 meses de antecedência ao trimestre previsto. Estes resultados encorajam a utilização do SIMOC Sul nas previsões sazonais operacionais das anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil.

**ABSTRACT:** This study shows the SIMOC Sul model skill. This model is based on the statistical technique named Canonical Correlation Analysis (CCA). The main model purpose is to produce seasonal rainfall forecast anomalies over Southern Brazil. Forecast verifications were done through linear correlation analysis between the observed and predicted precipitation anomaly fields for different periods and varying from one to three months in advance. The main objective is to find out the best predictor period and in advance to get a trustful model. The results have shown that the model is able to reproduce the seasonal variability of the rainfall anomalies. In some cases, the correlation values are rather significant ( $>0.6$ ) when the predictor has one month lag or two and three months in advance. These results encourage the use of SIMOC Sul on seasonal rainfall anomalies operational forecast routines for the Southern Brazil region.

**Palavras-Chave:** Modelo Estatístico, Previsão Climática Sazonal, SIMOC Sul

## 1. INTRODUÇÃO

---

<sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)  
Rod. Presidente Dutra, Km 39 CPTEC/INPE Cachoeira Paulista – SP  
Email: [lincoln@cptec.inpe.br](mailto:lincoln@cptec.inpe.br) Fone: +55 12 3186 8580

Inúmeras investigações científicas têm sido desenvolvidas com relação à influência dos fenômenos climáticos, a exemplo do El Niño/Oscilação Sul (ENOS) na manifestação, simultânea ou não, de anomalias climáticas (secas e enchentes) em diversas regiões ao redor do globo. Particularmente sobre a América do Sul, uma das regiões em que se observa uma significativa dependência entre a ocorrência de anomalias de precipitação, em associação aos padrões oceânicos e atmosféricos anômalos é a Região Sul do Brasil (Rao e Hada, 1990; Grimm et al. 1998; Pezzi e Cavalcanti, 2001; Cardoso, 2004) onde a economia é baseada principalmente na agro-indústria, pecuária e na geração de energia, atividades bastante dependentes da quantidade e distribuição das precipitações. A previsão dessas anomalias climáticas é um constante desafio. Nas últimas décadas houve um progresso significativo no campo da previsão climática sazonal, graças em grande parte às facilidades proporcionadas pela tecnologia computacional e sistemas de bancos de dados observacionais. A mais recente e promissora classe de métodos de previsão climática na escala sazonal utiliza modelos dinâmicos de circulação geral da atmosfera (MCGA). Vários estudos, numéricos e empíricos, mostram a forte influência das TSM tropicais, particularmente do Atlântico e Pacífico, nas anomalias pluviométricas sazonais sobre a Região Sul e a utilização da técnica de Análise de Correlações Canônicas (ACC) (Pezzi et al 2000) permite verificar padrões de oscilação entre estes dois campos e possivelmente uma previsão das anomalias sazonais de precipitação sobre a região.

Desde meados de 1997 o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) adaptou e tornou operacional o Sistema de Modelagem Estatística dos Oceanos – SIMOC (Repelli e Nobre, 2004) inicialmente desenvolvido para previsões das anomalias de TSM sobre a Bacia do Oceano Atlântico Tropical para também previsão de anomalias de precipitação para a Região Sul (Pezzi et al 2000) e aqui denominado de SIMOC Sul. O sistema consiste basicamente na aplicação da ACC, técnica estatística frequentemente utilizada com esta finalidade (Barnston e Ropelewski, 1992). Segundo Repelli (1996), a técnica ACC pode ser vista também como uma extensão de uma regressão multivariada para uma variável preditanda qualquer. Assim, os padrões apresentados são caracterizados por exibirem a máxima correlação.

Dada a crescente demanda dos usuários por informações sobre condições climáticas extremas (secas e enchentes) e os resultados promissores gerados pelo SIMOC, o presente trabalho tem como objetivo mostrar a previsibilidade do modelo na previsão sazonal de anomalias de precipitação com antecedência de um a alguns meses, em um horizonte de aproximadamente 3 meses e que poderá ser utilizado em diversos setores da sociedade, a exemplo do gerenciamento dos recursos hídricos. Complementar ao apresentado em Pezzi et al (2000) este trabalho mostra os mapas de desempenho do SIMOC Sul.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

O Sistema de Modelagem Estatística dos Oceanos – SIMOC, aqui utilizado é similar ao idealizado para ser uma ferramenta preditora das anomalias de TSM para o Oceano Atlântico Tropical a partir de uma base de dados globais mensais com resolução de  $1^\circ \times 1^\circ$  grau de latitude-longitude. Os dados utilizados como preditor são campos globais médios mensais da TSM provenientes do “*Comprehensive Oceanic and Atmospheric Data Set*” (COADS), Da Silva et al., (1994), disponíveis para o período de 1945 a 1993 sobre uma grade de  $1 \times 1$  grau de resolução e dados de precipitação de 51 postos pluviométricos na Região Sul com séries relativamente extensas e homogêneas do INMET e Centros Estaduais de Meteorologia. A Figura 1 apresenta a distribuição espacial dos postos pluviométricos (b), bem como a área utilizada como preditora (a).

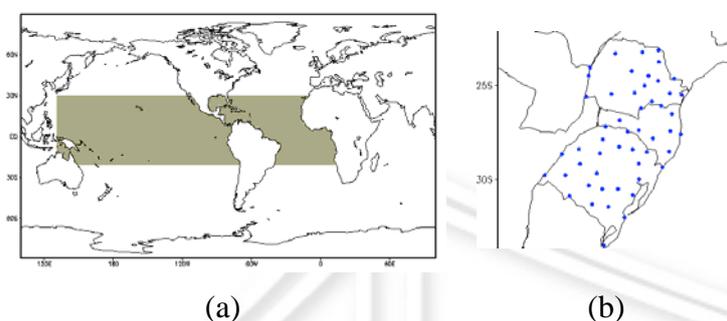


Figura 1 - Área utilizada como (a) preditor e (b) preditando no campo para as simulações com o SIMOC (Fonte: Pezzi et al 2000)

A metodologia utilizada para a construção do modelo empírico baseia-se na técnica estatística multivariada de ACC com um pré-filtro de Funções Ortogonais Empíricas (FOE) sobre os dados do preditor e do preditando. Tal técnica (ACC) permite encontrar combinações lineares, chamadas de "variáveis canônicas", a partir de dois conjuntos de dados (i.e, Y: preditor e Z: preditando), de forma que a correlação entre estas variáveis seja maximizada (Barnett, 1987). A grande vantagem do uso desta técnica está no fato de a mesma possibilitar a busca de padrões de oscilação entre dois ou mais campos físicos. A partir daí pode-se encontrar um conjunto de equações prognósticas e se construir um modelo preditor.

O SIMOC é flexível e permite que os parâmetros relacionados aos preditores e preditando sejam livremente modificados. O campo preditor, por exemplo, pode ser constituído por um único parâmetro físico (vento, pressão, precipitação e TSM) ou por uma combinação destes, sobre uma ou mais áreas do globo, com qualquer resolução espacial, e ainda para qualquer mês (ou média de alguns meses) para quaisquer faixas de anos disponíveis. Neste estudo a construção do modelo empírico é feita usando-se o período de 1950 a 1980 e a validação é feita sobre o período de 1981 a 1992. São analisados os coeficientes de correlação entre os campos de anomalias da precipitação observada e prevista para diferentes trimestres, com previsões feitas com 1, 2 e 3 meses de

antecedência. Objetiva-se identificar o melhor período preditor e antecedência com a qual se pode obter previsões confiáveis com o SIMOC Sul.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra a variação sazonal do padrão de precipitação, em percentuais relativos ao total acumulado anual na Região Sul. De maneira geral verifica-se que nesta região a precipitação é bem distribuída ao longo do ano. Não se observam regimes de precipitação bem definidos, ou seja, estação chuvosa e seca. Um indicativo de regime subtropical de monções de verão é observado na maior parte do Paraná e centro-leste de Santa Catarina. Estas áreas exibem uma variação unimodal com o máximo da estação chuvosa no verão, onde ocorrem valores em torno de 30% a 40%.

Durante os meses de inverno ocorrem os máximos no sudeste do Rio Grande do Sul (aproximadamente 30%), caracterizando um regime de latitudes médias. A chuva é causada pela penetrações dos sistemas frontais associados a ciclones extratropicais migratórios. De acordo com Gan e Rao, (1991) este máximo de chuva no setor leste é associado a ciclogênese, que é mais ativa nesta época do ano.

No outono o Paraná, Santa Catarina e parte do Rio Grande do Sul apresentam suas taxas sazonais de precipitação mínimas. Já na primavera, o oeste da Região Sul apresenta máximos devido a atuação dos Complexos Convectivos de Meso Escala (CCMs).

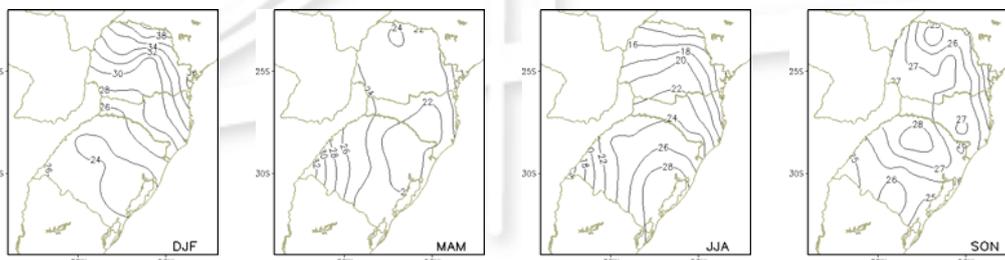


Figura 2 – Distribuição espacial do percentual da precipitação para os trimestres DJF, MAM, JJA e SON, em relação ao total anual, sobre os estados da Região Sul. Unidades em %.

Os mapas de desempenho do SIMOC Sul, com os coeficientes de correlação obtidos entre os campos observados e os previstos pelo modelo são mostrados na Figura 3. Nota-se que, em geral, o modelo consegue captar a variabilidade sazonal das anomalias de precipitação e que em alguns casos os valores são significativamente expressivos ( $>0.6$ ) tanto para os campos preditores com defasagem de 1 mês quanto para os preditores com 2 e 3 meses de antecedência ao trimestre previsto. Sem dúvidas, o período que mais chama atenção é o inverno. No trimestre JJA são verificados os melhores coeficientes de correlação mesmo quando o preditor usado para prever esta estação está defasado em três meses de antecedência em relação ao preditor. Outra característica importante é que no caso do verão, para DJF, os valores de correlação ligeiramente maiores são obtidos com o campo preditor de 2 meses de antecedência.

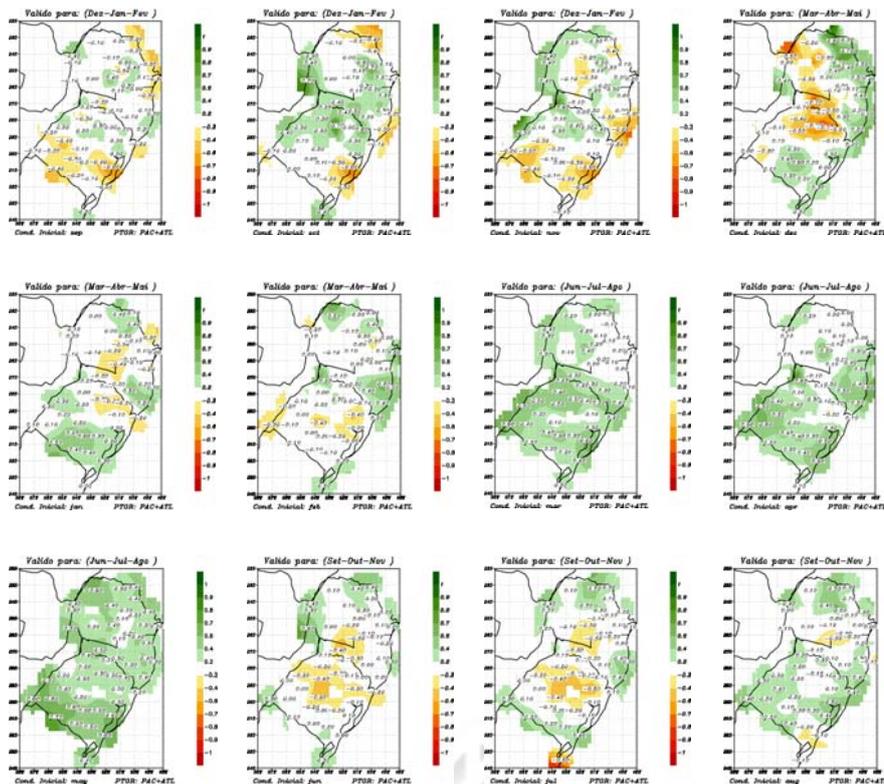


Figura 3 - Coeficientes de correlação, para o período de 1981-1992, obtidos com as anomalias de precipitação observada e prevista pelo modelo para o trimestre dezembro a fevereiro (DJF), março a maio (MAM), junho a agosto (JJA) e setembro a novembro (SON), com parâmetro predictor de 3, 2 e 1 mês de antecedência do trimestre de previsão.

No trimestre de transição MAM, ressalta-se que, os melhores desempenhos do SIMOC Sul ocorrem quando o predictor é o mês de dezembro. É interessante observar que se obtêm valores significativos de correlação tanto positivos quanto negativos. Os positivos circundam a parte externa do domínio da Região Sul e os valores negativos ficam mais no interior da região. No outro trimestre de transição (SON) verifica-se uma situação similar a MAM, porém com um desempenho inferior.

#### 4. COMENTÁRIOS FINAIS

Este trabalho estende os resultados e avaliações do SIMOC Sul previamente apresentados em Pezzi et al (2000). De acordo com os resultados anteriormente apresentados, verificou-se, para todos os trimestres estudados, a potencialidade do modelo em simular a variabilidade sazonal das anomalias de precipitação com valores significativamente expressivos (>0.6) tanto para os campos preditores com defasagem de 1 mês quanto para os preditores com 2 e 3 meses de antecedência ao trimestre previsto. Sem dúvidas, o período que mais chama atenção é o inverno onde são verificados os melhores coeficientes de correlação.

Em suma, os resultados aqui apresentados têm a finalidade de auxiliar a compreensão de qual área da região sul o modelo apresenta os melhores e os piores desempenhos, quando o predictor usado antecede de uma a três meses em relação ao predictando. Os resultados obtidos encorajam a

utilização do modelo nas previsões sazonais operacionais das anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil.

Hoje o SIMOC Sul é uma ferramenta usada operacionalmente no CPTEC dentro das rotinas de previsão sazonal climática e acredita-se que embora genéricos esses resultados são necessários para que se tenha um conhecimento prévio do desempenho dos modelos usados nas rotinas de previsão climática. Neste sentido este trabalho vem preencher uma lacuna que faltava, deixar registrado os mapas sazonais de desempenho do SIMOC Sul.

## **AGRADECIMENTOS**

Este é um trabalho financiado pelo CPCLIM (472224/2004-2) Edital Universal/CNPq (19/2004) e pelo projeto PROTIM3/FINEP (0105091200). Esta é a contribuição 032006 do CPCLIM.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Barnett, T. P. and Preisendorfer, R. Origins and levels of monthly and seasonal forecast skill for United States surface air temperatures determined by canonical correlation analysis. *Monthly Weather Review*, v.115, 1825-1849, 1987
- Barnston, A. G. and Ropelewski, C. F. Prediction of ENSO episodes using canonical correlation analyses. *J. Climate*, 5: 1316- 1345, 1992.
- Cardoso, A. O., SILVA DIAS, P. L. Identificação de trimestres extremos no regime pluviométrico do sul e sudeste do Brasil e relação com anomalias da TSM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.2, 149-162, 2004.
- Da Silva, A. M.; C. C. Young; S. Levitus, 1994: Atlas surface marine data 1994. Algorithms and procedures. (NOAA-ATLAS-NESDIS).
- Gan, M. A., Rao, V. R. Surface cyclogenesis over South America. *Mon. Wea. Rev.*, v119, p.1293-302, 1991.
- Grimm, A., Ferraz, A., Gomes, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *J. Climate*, 11: 2863-2880, 1998.
- Pezzi, L. P. and Cavalcanti, I. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: A numerical study. *Climate Dynamics*, 17:205–212, 2001.
- Pezzi, L. P., Ubarana, V. e C. A. Repelli. Desempenho e previsões de um modelo regional estatístico para a Região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*. 18(2):129-145.
- Repelli, C. A. , 1996: Modelagem Estatística das Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar sobre o Atlântico Tropical. Relatório Técnico das atividades exercidas como Pesquisador Visitante no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE /Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC. CNPq - Processo nr. 460448/95-1.
- Rao, V. B., Hada K. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theor. Appl. Climatol.*, 42: 81-91, 1990.
- Repelli, C. A.; Nobre, P. Statistical prediction of sea-surface temperature over the tropical Atlantic. *International Journal of Climatology*, v.24, p.45-55. 2004.