

MECANISMOS DA INFLUÊNCIA DE EPISÓDIOS EL NIÑO E LA NIÑA SOBRE A FREQUÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL

Renata Gonçalves Tedeschi¹ & Alice Marlene Grimm²

RESUMO: O presente estudo examina como episódios El Niño (EN) e La Niña (LN) afetam a frequência de eventos extremos de precipitação na América do Sul em relação a anos normais. Eventos extremos são aqueles que o percentil de precipitação, para a média móvel de três dias, é superior a 90. A diferença entre a média de eventos extremos para anos EN e normais e para LN e normais mostram que os episódios EN e LN afetam significativamente a ocorrência de eventos extremos de precipitação na América do Sul. As relações entre perturbações de grande escala e as variações na frequência de eventos extremos de precipitação são estudadas para o Centro-Leste do Brasil, onde foram encontradas diferenças significativas. Os campos anômalos atmosféricos são semelhantes para eventos extremos ocorridos em EN, LN e anos Normais. Esses campos são comparados com as anomalias médias mensais durante episódios EN e LN. A frequência de eventos extremos aumenta quando as perturbações de grande escala favorecem as anomalias de circulação associadas com eles. É também realizada a correlação da temperatura da superfície do mar com a chuva mensal e com a frequência de eventos extremos na área focalizada.

ABSTRACT: This study examines how El Niño (EN) e La Niña (LN) episodes modify the frequency of extreme precipitation events in South America. Extreme events are those with a three-day average percentile above 90. The difference between the mean frequencies of extreme events for EN and normal years, and for LN and normal years show that EN and LN episodes influence significantly the frequency of extreme events in South America. The relationships between large-scale atmospheric perturbations and variations in the frequency of extreme events are analyzed for Center-East Brazil, where significant differences are found. The general features of the anomalous atmospheric fields during extreme events are similar, no matter if they occur during EN or LN episodes or in normal years. They are compared with composites of monthly atmospheric anomalous fields during those episodes. The frequency of extreme events increases (decreases) when large-scale perturbations favor the circulation anomalies associated with them. The correlation analysis of sea surface temperature with monthly total precipitation and with the frequency of extreme events in the focused area was made.

Palavras-chave: 1) Precipitação; 2) Eventos extremos; 3) El Niño, La Niña.

1) Mestranda do Programa de PPGERHA da Universidade Federal do Paraná. UFPR, Departamento de Física, Centro Politécnico, Bloco 2. Caixa Postal 19044, CEP 81531-990, Curitiba, PR Fone (41) 3361-3669. e-mail: rgt01@fisica.ufpr.br

2) Professora Associada da Universidade Federal do Paraná. UFPR, Departamento de Física, Centro Politécnico, Bloco 2. Caixa Postal 19044, CEP 81531-990, Curitiba, PR Fone (41) 3361-3669, e-mail: grimm@fisica.ufpr.br

1 - INTRODUÇÃO

As correntes de água quente na costa do Peru, que ocorrem na época do Natal, eram chamadas de El Niño pelos pescadores desta região, como uma referência ao menino Jesus. O El Niño e a La Niña são alterações no sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Tropical, e tem grandes conseqüências no tempo e no clima de todo o planeta. Quando ocorre um El Niño, há o aquecimento anormal das águas do Pacífico Equatorial Central-Leste e também há mudanças na atmosfera próxima a superfície, ocasionando o enfraquecimento dos ventos alísios na região equatorial. Já na ocorrência de uma La Niña é possível notar um resfriamento no Oceano Pacífico Central-Leste e, conseqüentemente, um aumento dos ventos alísios.

Sabe-se que episódios El Niño e La Niña afetam a chuva em algumas regiões do planeta, causando impactos na agricultura, para a defesa civil e para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Também é importante saber como esses episódios influenciam a ocorrência de eventos extremos de precipitação, pois esses eventos estão relacionados à um grande poder de destruição

A alterações de temperatura do Oceano Pacífico durante episódios El Niño e La Niña afetam a circulação atmosférica global. Ocorrem variações de fluxos de calor sensível e de vapor d'água da superfície do Oceano Pacífico Equatorial para a atmosfera. Isto provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala global. No Brasil, há impactos significativos sobre a precipitação em várias regiões em diferentes fases do ciclo El Niño-Oscilação Sul (e. g., Grimm et al., 2000; Grimm, 2003, Grimm, 2004).

Nos Estados Unidos há significativa diferença entre as probabilidades de ocorrência de eventos extremos de precipitação durante El Niño e La Niña, o que representa um grande poder de previsibilidade do aumento ou diminuição destes eventos durante aqueles episódios (e.g., Gershunov, 1998).

Liebmann et al. (2001) afirmam que existem padrões de correlação entre a temperatura da superfície do mar (TSM) e os eventos extremos que não são os mesmos que os padrões de correlação entre a TSM e a chuva média. Existem padrões de anomalias que estão associados somente a eventos extremos.

Vinculado ao El Niño existe um fenômeno atmosférico chamado de Oscilação Sul. Este acoplamento oceano-atmosférico é conhecido como conjugação ENOS (El Niño-Oscilação Sul). A Oscilação Sul é a variação interanual da pressão na célula de Walker. A oscilação é observada comparando a série temporal de pressão ao nível do mar (PNM) do Tahiti (Oceano Pacífico Central) com a de Darwin (Oceano Pacífico Oeste). Em períodos onde as diferenças de pressão são grandes entre estas estações, a estrutura de circulação de Walker é acentuada e mantém suas condições médias. Em épocas que a anomalia de PNM é positiva em Darwin e negativa em Tahiti, é

denominada a fase negativa (LN) da Oscilação Sul. Caso contrário, estará em sua fase positiva (EN).

Existe uma oscilação irregular entre os fenômenos El Niño e sua fase oposta La Niña. As duas situações extremas acontecem em períodos de 3 a 7 anos e o pico de sua evolução dura aproximadamente um ano. A magnitude de um ENOS depende de variações térmicas que se manifestam de leste para oeste na superfície do Pacífico Tropical. Há trocas de calor, entre as águas na superfície e a atmosfera.

Grimm (2003; 2004) adotou o seguinte procedimento para estabelecer os anos de EN e LN:

1. Calcula-se as anomalias de TSM na região Niño3 (90°W-150°W, 5°N-5°S);
2. Calcula-se a média móvel de 5 meses destas anomalias;
3. Se esta média móvel for maior (menor) ou igual a 0.5°C (-0.5°C) por 6 meses consecutivos (incluindo SON), considera-se que este é um ano El Niño (La Niña).
4. Os anos de EN e LN estão apresentados no Quadro 1.

TABELA 1 - ANOS EL NIÑO E LA NIÑA INCLUIDOS NA ANÁLISE

El Niño (0)	1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1982, 1986, 1987, 1991, 1997
La Niña (0)	1964, 1967, 1970, 1971, 1973, 1975, 1985, 1988, 1999

Há uma grande influência de ENOS no Sul do Brasil (Grimm *et al.* 1998), principalmente na primavera, tendo anomalias positivas de precipitação durante EN e negativas durante LN. Grimm *et al.* (2000) verificaram que este sinal se estende para outras regiões do sul da América do Sul. Já no inverno do ano seguinte, anomalias positivas de precipitação aparecem no Sul do Brasil.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados diários de precipitação de do período 1956-2002 são interpolados numa grade de 1° para se obter distribuição mais homogênea de dados. Antes de utilizar os dados algumas análises são realizadas, a fim de utilizar somente dados confiáveis. Cada mês deve conter no máximo 5 dias faltantes, caso contrário todo mês receberá o código de dado faltante. A série de dados deve possuir no mínimo 6 El Niños, para o estudo dessa categoria, e 5 La Niñas, para o estudo desta outra categoria.

Médias móveis de três dias são calculadas e os valores atribuídos aos dias centrais. Distribuições gama são ajustadas a estas médias, uma para cada dia do ano. Os dados de precipitação são então substituídos por seus respectivos percentis. Eventos extremos são aqueles com percentil acima de 90. O número de eventos extremos é calculado para cada mês de cada ano. Os anos são classificados como EN, LN e anos normais (Tabela 1), considerando, de acordo com o

ciclo médio EN/LN, que o ano começa em agosto (ano 0) e termina em julho (ano +1). A frequência média de eventos extremos para cada mês, dentro de cada categoria de ano, e a diferença entre estas frequências médias para EN e anos normais, e para LN e anos normais são calculadas, assim como sua significância estatística.

As relações entre perturbações atmosféricas de grande escala durante episódios ENOS e modificações na frequência de eventos extremos de precipitação são examinadas através dos campos atmosféricos anômalos durante episódios EN e LN e durante eventos extremos em regiões nas quais há alteração significativa na frequência destes eventos. Esta análise, realizada com os dados da reanálise do NCEP/NCAR (Kalnay et al. 1996), abrange os ventos em 850 hPa e 200 hPa, e o fluxo de umidade verticalmente integrado e sua divergência. As anomalias dos campos atmosféricos são calculadas, como foi feito para os dados de precipitação, para médias móveis de três dias, com relação aos valores climatológicos para cada uma destas médias, suavizadas por uma média móvel de 30 dias. Aqui são apresentados os resultados desta análise somente para os extremos de precipitação na região Centro-Leste do Brasil em janeiro (Fig. 1).

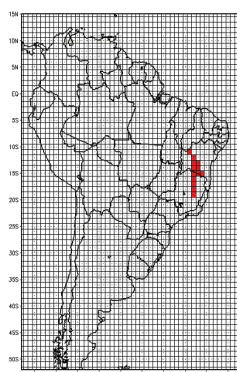


Figura 1: Área focalizada na análise das condições associadas com eventos extremos.

Foi realizada a correlação entre a TSM (obtido do conjunto HadiSST1, Rayner et. al. (2003)), em quadrículas de 1° de latitude por 1° de longitude, sobre todos os oceanos, e a chuva média na região acima. Também foi feita a correlação entre a TSM e a média de eventos extremos nessa mesma região, para verificar se há diferença entre as forçantes que produzem variações nas chuvas mensais e aquelas que produzem eventos extremos.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os episódios El Niño e La Niña afetam significativamente a ocorrência de eventos extremos em algumas regiões da América do Sul. No presente trabalho são apresentados os resultados de novembro (0) e janeiro (+) (Fig. 2). Em novembro ocorre um forte impacto sobre a Região Sul do Brasil, com resultados opostos entre EN e LN. Há também forte impacto na Região Norte do Brasil, mas em sentido oposto ao da Região Sul, com menos eventos durante EN e mais durante LN. Estes

resultados são coerentes com os resultados sobre totais mensais e sazonais (Grimm et al., 2000; Grimm, 2003; 2004).

A mudança da frequência de ocorrência de eventos extremos sofre uma reversão no Centro-Leste do Brasil, de novembro (0) para janeiro (+), tanto para EN quanto para LN (Fig. 2). Quando há um aumento (diminuição) de eventos na Região Centro-Leste do Brasil durante novembro (0) de LN (EN), ocorre uma diminuição (aumento) de eventos extremos em janeiro (+) de LN (EN). Essa reversão também foi observada para anomalias de totais mensais de precipitação, mostrado em Grimm (2003; 2004).

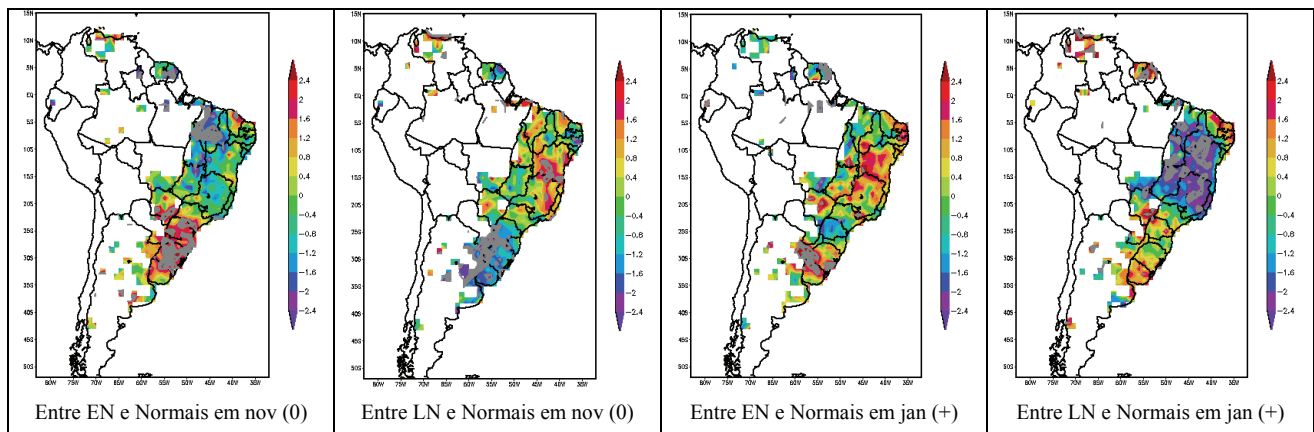


Figura 2: Mapas das diferenças nos números de eventos extremos. As manchas cinzas indicam áreas com nível de significância melhor que 0.10

A Fig. 3 mostra as anomalias médias mensais do vento e fluxo de umidade para janeiro durante LN. É possível observar um padrão anti-ciclônico nos ventos de 850 hPa sobre a região de estudo e um padrão ciclônico no nível de 200hPa. Nos mapas de fluxo de umidade é possível notar um padrão anti-ciclônico e divergência de umidade sobre a região estudada. Estes padrões são desfavoráveis à ocorrência de precipitação, e portanto, de eventos extremos nesta região

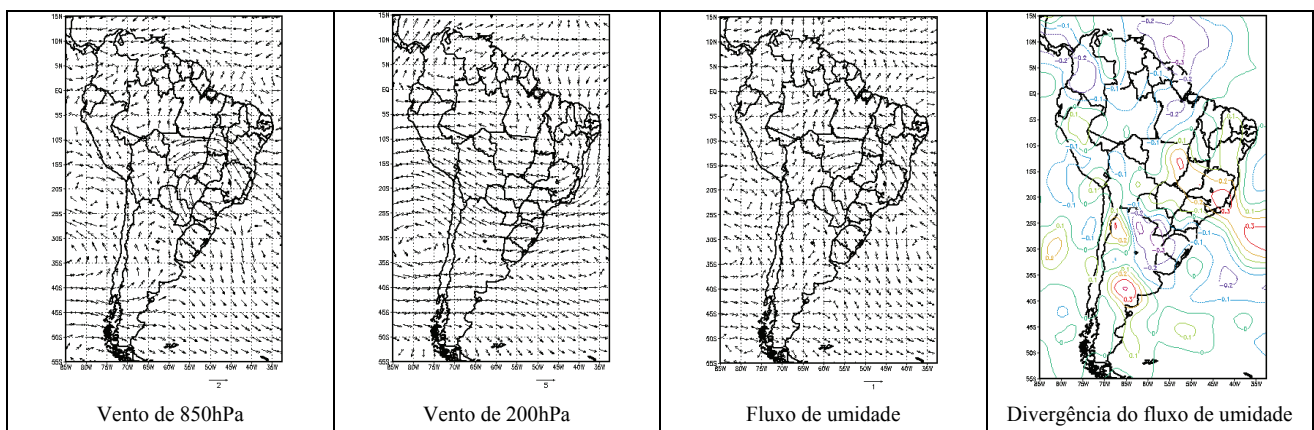


Figura 3: Composição das anomalias mensais para janeiro (+) de anos La Niña.

A Fig. 4 mostra as anomalias médias de vento e fluxo de umidade durante eventos extremos na Região Centro-Leste do Brasil durante LN. Nota-se um padrão ciclônico para ventos de 850 hPa

e um padrão anti-ciclônico para o nível de 200hPa. Para o fluxo de umidade tem-se um padrão ciclônico e convergência nessa região. Estes padrões são extremamente favoráveis à precipitação.

Ao comparar as Figs. 3 e 4 nota-se que os seus padrões são opostos, o que explica a diminuição de eventos extremos durante janeiro de LN: os padrões anômalos durante episódios LN não favorecem a ocorrência de eventos extremos.

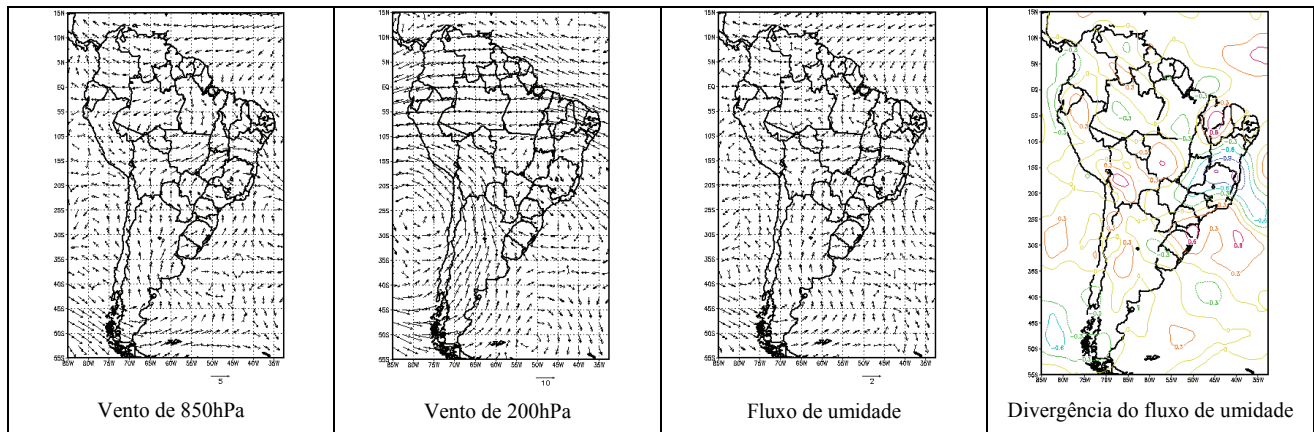


Figura 4: Composição das anomalias durante os eventos extremos na região Leste do Brasil, para janeiro (+) de anos La Niña, obtida a partir de 67 eventos extremos.

Anomalias médias mensais para janeiro (+) de EN são apresentadas na Fig. 5. Nota-se padrões ciclônicos no vento de 850 hPa e no fluxo de umidade. Ao analisar o mapa de divergência de fluxo de umidade nota-se que ocorre convergência na região de estudo.

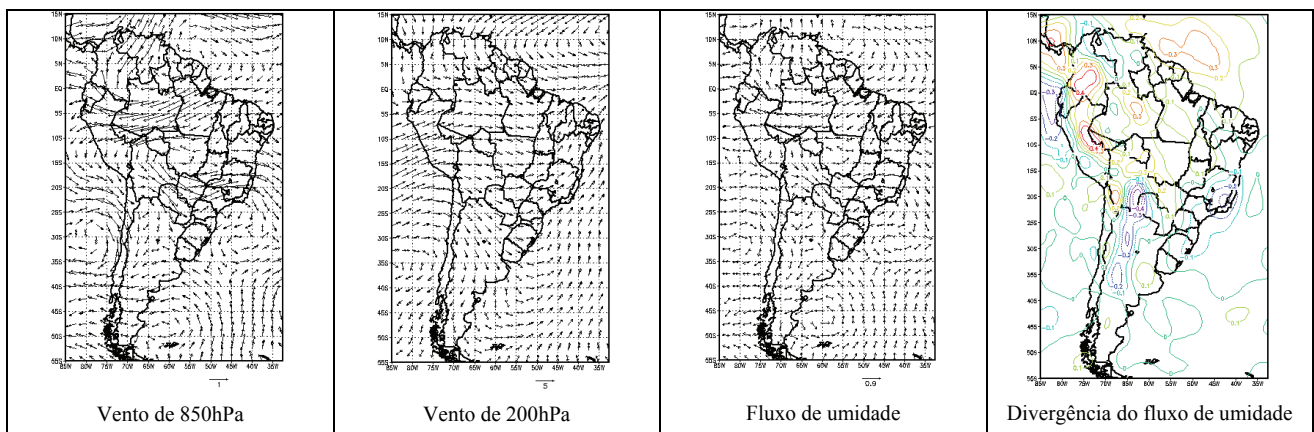


Figura 5: Composição das anomalias mensais para janeiro (+) de El Niño.

A Fig. 6 mostra as anomalias médias de vento e fluxo de umidade durante os eventos extremos de EN na região de estudo. É possível perceber padrões ciclônicos, sobre a região de estudo, nos mapas de vento de 850hPa e fluxo de umidade, e um padrão anti-ciclônico no mapa de vento de 200hPa. Há também convergência, o que é constatado ao analisar o mapa de divergência de fluxo de umidade.

Ao comparar as Figs. 5 e 6, notamos que os campos de anomalia média mensal (Fig.5) são parecidos com os campos de anomalia média durante eventos extremos (Fig.6). Isso demonstra que os campos de anomalias médias durante EN favorecem a ocorrência de eventos extremos.

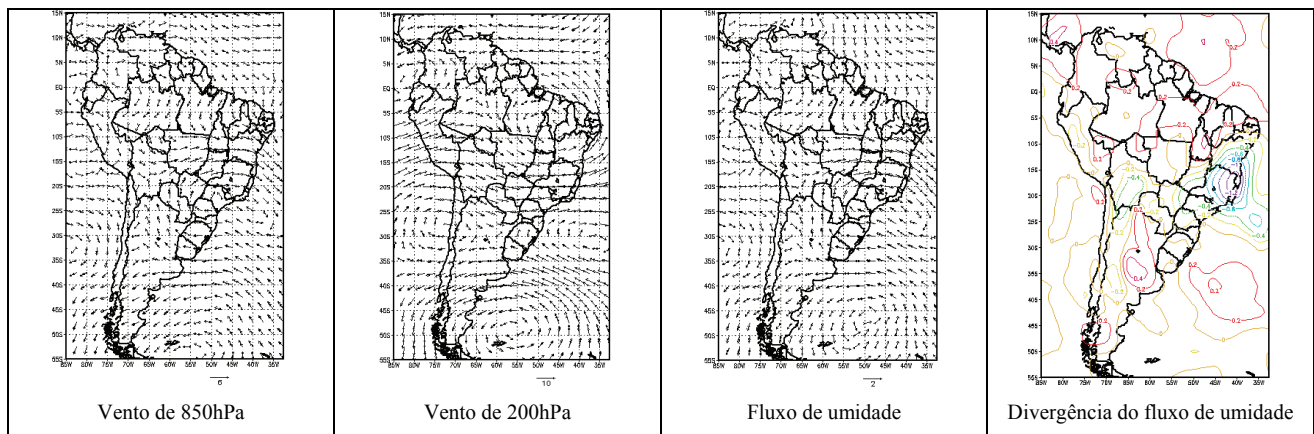


Figura 6: Composição das anomalias durante os eventos extremos na região Centro-Leste do Brasil, para janeiro (+) de anos El Niño, obtida a partir de 37 eventos extremos.

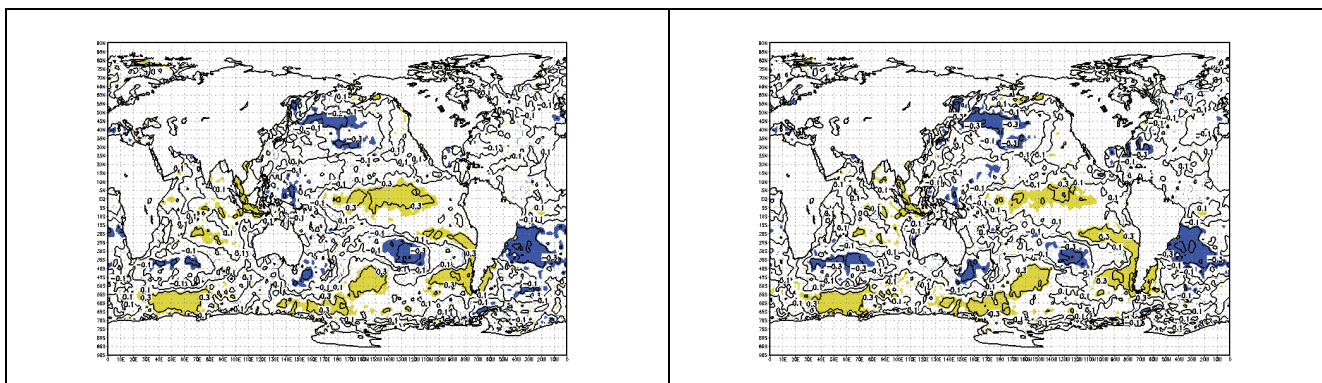


Figura 8: Coeficientes de correlação entre TSM e a precipitação mensal na região Leste do Brasil (figura à esquerda), e entre TSM e a frequência de eventos extremos da precipitação na mesma região (figura à direita). As regiões em amarelo (azul) indicam a correlação significativa a um nível melhor que 0.05.

4 – CONCLUSÕES

Os episódios EN e LN afetam significativamente a ocorrência de eventos extremos na América do Sul. Na região focalizada no presente trabalho, as composições de anomalias atmosféricas durante eventos extremos mostram que a frequência destes eventos aumenta (diminui) quando as perturbações de grande escala favorecem (dificultam) as anomalias de circulação associadas com eventos extremos nesta região. Isto ocorre durante episódios EN e LN. As variações de chuva mensal e a ocorrência dos eventos na região estão associadas com episódios ENOS, e com outras condições nos oceanos Pacífico e Índico. Sobre o Oceano Atlântico, as anomalias de TSM são mais provavelmente consequência das anomalias de nebulosidade sobre a região.

Agradecimentos:

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) e o Inter-American Institute for Global Change Research (IAI-CRN 055).

BIBLIOGRAFIA

- ACEITUNO, P. (1988). "On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate". *Monthly Weather Review*, v.116, p.505-524.
- GERSHUNOV, A. (1998). "ENSO influence on intraseasonal extreme rainfall and temperature frequencies in the contiguous United States: implications for long-range predictability". *Journal of Climate*, v.11, p.3192-3203.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T. e GOMES, J. (1998). "Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events". *Journal of Climate*, v.11, p.2863-2880.
- _____; BARROS, V. R. e DOYLE, M. E. (2000). "Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events". *Journal of Climate*, v.13, p.35-58.
- _____. (2003). "The El Niño Impact on Summer Monsoon in Brazil: Regional Processes versus Remote Influences". *Journal of Climate*, v.16, p.263-280.
- _____. (2004). "How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil?" *Climate Dynamics*, v.22, n. 2-3, 123-138.

KALNAY, E.; AKNAMITSU, M.; KISTLER, COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBIZUSAKI, W.; HIGGINS, W.; JONAWIAK, J.; MO, K.C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R. e JOSEPH, D. (1996). *“The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project”*. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 437-71.

LIEBMANN, B.; JONES, C. e CARVALHO, L.M.V. (2001). *“Interannual variability of extreme precipitation events in the State of São Paulo, Brazil”*. Journal of Climate. v.14, p.208-218.

RAYNER, N. A.; PARKER, D. E.; HORTON, E. B.; FOLLAND, C. K.; ALEXANDER, L. V.; ROWELL, D. P.; KENT, E. C. e KAPLAN, A. (2003). *“Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century”*. Journal of Geophysics Research, 108 (D14), 4407.