

# Influência dos ENOS Canônico e Modoki na precipitação da América do Sul

*Renata G. Tedeschi<sup>1</sup>, Iracema F. A. Cavalcanti<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  
CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista - SP, Brazil  
[renata.tedeschi@cptec.inpe.br](mailto:renata.tedeschi@cptec.inpe.br), [iracema@cptec.inpe.br](mailto:iracema@cptec.inpe.br)

**Abstract:** Sea Surface Temperature (SST) anomalies in the Pacific Ocean in ENSO years display different positions in some years. The identification of a pattern when positive SST anomalies are in central Pacific bounded by negative SST anomalies in eastern and western Pacific resulted in an El Niño type named Modoki. The objective of this study is to analyze the two types of ENSO (Canonical and Modoki) influence on precipitation over South America (SA) in the four seasons. The data are SST (ERSST-V3) and precipitation (CMAP/CAMS) in the period of 1979 up to 2009. The criterion to define El Niño (EN) or La Niña (LN) Canonical is based on seasonal SST anomalies in the area 90°W-140°W and 5°N-5°S, which is part of the Niño 3 region. EN (LN) years are selected when the seasonal SST anomaly in this area is above (below)  $0,7$  ( $-0,7$ ), where  $\sigma$  is the standard deviation for the season. A Modoki index (EMI) is calculated by the following formula:  $EMI=[SSTA]_A-0.5[SSTA]_B-0.5[SSTA]_C$ , where SSTA is the SST anomaly in each area: A (165°E-140°W, 10°S-10°N), B (110°W-70°W, 15°S-5°N) and C (125°E-145°E, 10°S-20°N). A Modoki EN (LN) is selected when EMI is above (below)  $0,7$  ( $-0,7$ ) of this index series and the SST anomaly in the area A is greater (less) than  $0,7$  ( $-0,7$ ) of the anomaly SST series. The seasonal composites of the precipitation in SA are generated for each season in the years defined as Canonical and Modoki ENSO. Some regions have a reversion of signals from Canonical to Modoki ENSO. However this does not occur for the whole continent and nor in all seasons.

**Palavras-Chaves:** ENOS Canônico, ENOS Modoki e precipitação.

## 1. Introdução:

A ocorrência de episódios El Niño (EN) e La Niña (LN) associados ao aquecimento ou resfriamento anômalo do Oceano Pacífico Central e Leste altera o sistema oceano-atmosfera do Oceano Pacífico Equatorial Tropical e altera significativamente, a circulação atmosférica, a precipitação (GRIMM et al., 2000; GRIMM, 2003, 2004), os eventos extremos de precipitação (GRIMM e TEDESCHI, 2009) sobre a América do Sul (AS), entre outros campos atmosféricos.

Sabe-se que o sul do Brasil sofre uma grande influência do ENOS (GRIMM et al., 1998; GRIMM, 2003, 2004), como anomalias positivas (negativas) de precipitação em EN (LN), durante a primavera. Essa anomalia positiva também é encontrada durante o outono e o inverno de anos EN (GRIMM et al., 1998). GRIMM (2003, 2004) mostra que durante um episódio ENOS algumas regiões do Brasil sofrem impactos significativos de anomalias de precipitação, como as regiões Centro-Leste e Sul do Brasil, nos meses de novembro a fevereiro, afetando regiões populosas e de grande importância para a agricultura e para hidroeletricidade.

Nos artigos citados, os episódios ENOS foram obtidos das anomalias nas regiões do EN 3.4, segundo TRENBERTH (1997). Entretanto, recentemente, anomalias de TSM que ocorrem em outras regiões do Pacífico Equatorial estão sendo estudadas como um outro tipo de El Niño. Um desses tipos é o chamado EN Modoki, que é caracterizado por anomalias

positivas de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Central acompanhado por anomalias negativas de TSM no Pacífico Leste e Oeste. ASHOK et al. (2007) e WENG et al. (2007) mostram que há diferenças nas influências globais de um ENOS Modoki em comparação com o ENOS Canônico. Ao estudar as influências de El Niño Modoki no clima global, WENG et al. (2007) observaram que as regiões demográficas que sofrem impactos na ocorrência de um ENOS Modoki são diferentes daquelas afetadas durante um El Niño Canônico (EN1+2, EN3, EN3.4, EN4). ASHOK et al. (2007) mencionam que em algumas regiões da AS os impactos do EN Modoki são opostos aos do EN canônico, durante JJAS (junho-julho-agosto-setembro).

## 2. Materiais e Métodos:

Foram utilizados dados de TSM do conjunto NOAA\_ERSST\_V3 (SMITH et al., 2008) para estabelecer quais são os anos de ENOS Canônico e Modoki, no período de estudo, que vai de 1979 até 2009. Para a precipitação foram utilizados os dados do CMAP/CAMS (XIE e ARKIN 1997).

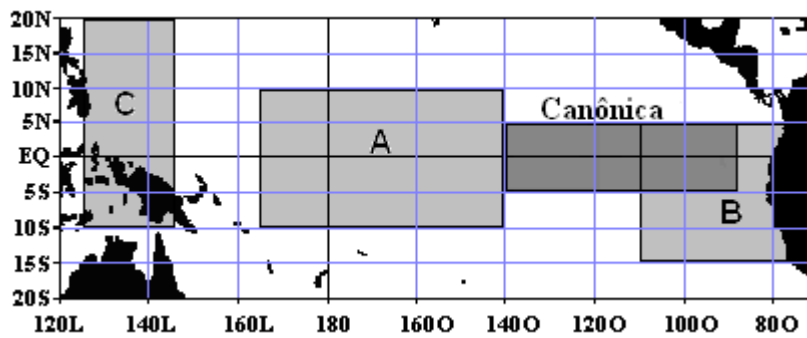


Figura 1: Áreas do ENOS Canônico e Modoki

A figura 1 mostra as regiões do Pacífico utilizadas no cálculo para definição dos anos Canônicos e Modoki. São calculadas as anomalias de TSM para as quatro estações do ano, nas quatro regiões do Pacífico [região Canônica (90°W-140°W, 5°N-5°S), A (165°E-140°W, 10°S-10°N), B (110°W-70°W, 15°S-5°N), e C (125°E-145°E, 10°S-20°N)]. A região Canônica é baseada na região conhecida como Niño 3, mas como essa região era sobreposta à região A do Modoki, diminuiu-se a região para não haver essa sobreposição. O método para definir os anos de EN (LN) Modoki é baseado em ASHOK et al. (2007) e para isso usa-se o Índice de El Niño Modoki (IEM):

$$IEM = |ATSM|_A - 0.5 * |ATSM|_B - 0.5 * |ATSM|_C \quad (1)$$

onde  $|ATSM|$  é a anomalia média de TSM em cada região indicada. Cada trimestre é caracterizado sob a atuação de um EN (LN) Modoki se o IEM for maior (menor) ou igual a  $0,7\sigma_m$  ( $-0,7\sigma_m$ ) e a anomalia da região A estiver acima (abaixo) de  $0,7\sigma_A$  ( $-0,7\sigma_A$ ), onde  $\sigma_m$  é o desvio padrão da série de IEM e  $\sigma_A$  é o desvio padrão da série de anomalia de TSM da região A.

Como a intenção deste artigo é comparar os dois tipos de ENOS, os anos de ENOS Canônicos são definidos usando a mesma porcentagem do desvio padrão de TSM considerado no ENOS Modoki. Um trimestre é caracterizado sob a atuação de um EN (LN) Canônico se a anomalia de TSM da região canônica for maior (menor) ou igual a  $0,7\sigma_C$  ( $-0,7\sigma_C$ ), onde  $\sigma_C$  é o desvio padrão da série de anomalia de TSM da região canônica.

Após definidos os anos de ENOS Canônico e Modoki, foram calculados os compostos de precipitação em cada categoria de anos. Os anos que se enquadram nas duas

categorias foram retirados do cálculo dos compostos para evitar a contaminação de um tipo de ENOS no outro.

### 3. Resultados:

A tabela 1 mostra os anos que foram classificados como EN ou LN, Canônico ou Modoki. Lembrando que no caso da estação dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) o ano representado na tabela é o de dezembro, sendo assim soma-se um ano para saber o ano dos meses de janeiro e fevereiro. Ao analisar a quantidade de anos em cada categoria, percebe-se que nos últimos 30 anos o número de ocorrência de eventos Canônicos e Modoki é semelhante, sendo que em alguns anos, há a ocorrência dos dois eventos.

	DJF	MAM	JJA	SON
<b>El Niño Canônico (ENC)</b>	1982, 1986, 1991, 1997, 2002, 2006.	1983, 1987, 1992, 1993, 1998.	1982, 1983, 1987, 1991, 1997, 2009.	1982, 1987, 1997, 2002, 2006, 2009.
<b>El Niño Modoki (ENM)</b>	1990, 1991, 1994, 2002, 2004.	1991, 1994, 1995, 2003, 2005.	1991, 1992, 1994, 2002, 2004.	1986, 1991, 1994, 2004, 2009.
<b>La Niña Canônica (LNC)</b>	1984, 1988, 1996, 1998, 1999, 2005, 2007.	1985, 1988, 1989, 1996, 1999, 2007.	1981, 1984, 1985, 1988, 1999, 2007.	1984, 1985, 1988, 1995, 1998, 1999, 2007.
<b>La Niña Modoki (LNM)</b>	1988, 1998, 1999, 2000, 2007, 2008.	1989, 1999, 2000, 2001, 2008.	1998, 1999, 2008.	1983, 1984, 1988, 1998, 1999, 2000, 2008.

Tabela 1: Anos ENOS Canônico e Modoki incluídos na análise. Valores em vermelho são coincidentes nas duas categorias de anos.

Na figura 2 estão representados os compostos de precipitação para cada estação do ano em cada categoria. Durante a estação de verão (DJF) nota-se que na ocorrência de um ano EN Canônico há uma diminuição de precipitação em quase todo o norte da AS, e um aumento sobre a região centro-sul da AS. Ao analisar o mapa de Modoki percebe-se uma diminuição de precipitação sobre toda a AS. Na ocorrência de uma LN, há um aumento de precipitação na região norte da AS e uma diminuição na região central e sul do Brasil, tanto no Canônico quanto no Modoki. Sobre a região sudeste do Brasil, houve a inversão de sinais entre o Canônico e o Modoki.

Para o outono (MAM), durante EN, é possível verificar mais regiões onde há a inversão de sinais entre EN Canônico e EN Modoki. No norte da região sul do Brasil, parte da região central e região da ZCIT há anomalias opostas. Entretanto, no norte da região Amazônica o sinal é o mesmo nos dois tipos de EN. Para LN, assim como em EN, a região norte do sul do Brasil apresenta inversão do sinal, e também o norte da região amazônica. Na região da ZCIT ocorrem anomalias positivas nos dois casos, porém em EN Modoki a banda se estabelece em latitudes mais ao norte em comparação com o ENC.

A análise para os meses de inverno (JJA) mostra que poucas regiões são afetadas pela ocorrência de eventos ENOS Canônicos e Modoki. A região mais afetada é o sul do Brasil, onde há um aumento de precipitação durante EN Canônico e LN Modoki. Anomalias inversas de pequena magnitude são observadas em EN Modoki e LN Canônica.

Há um aumento de precipitação na região sul do Brasil durante os meses de primavera (SON) em anos de EN Canônico. Durante o EN Modoki há diminuição de precipitação no sudeste do Brasil. Ao analisar os mapas de LN Modoki nota-se que neles ocorre o oposto ao ocorrido em anos em Modoki.

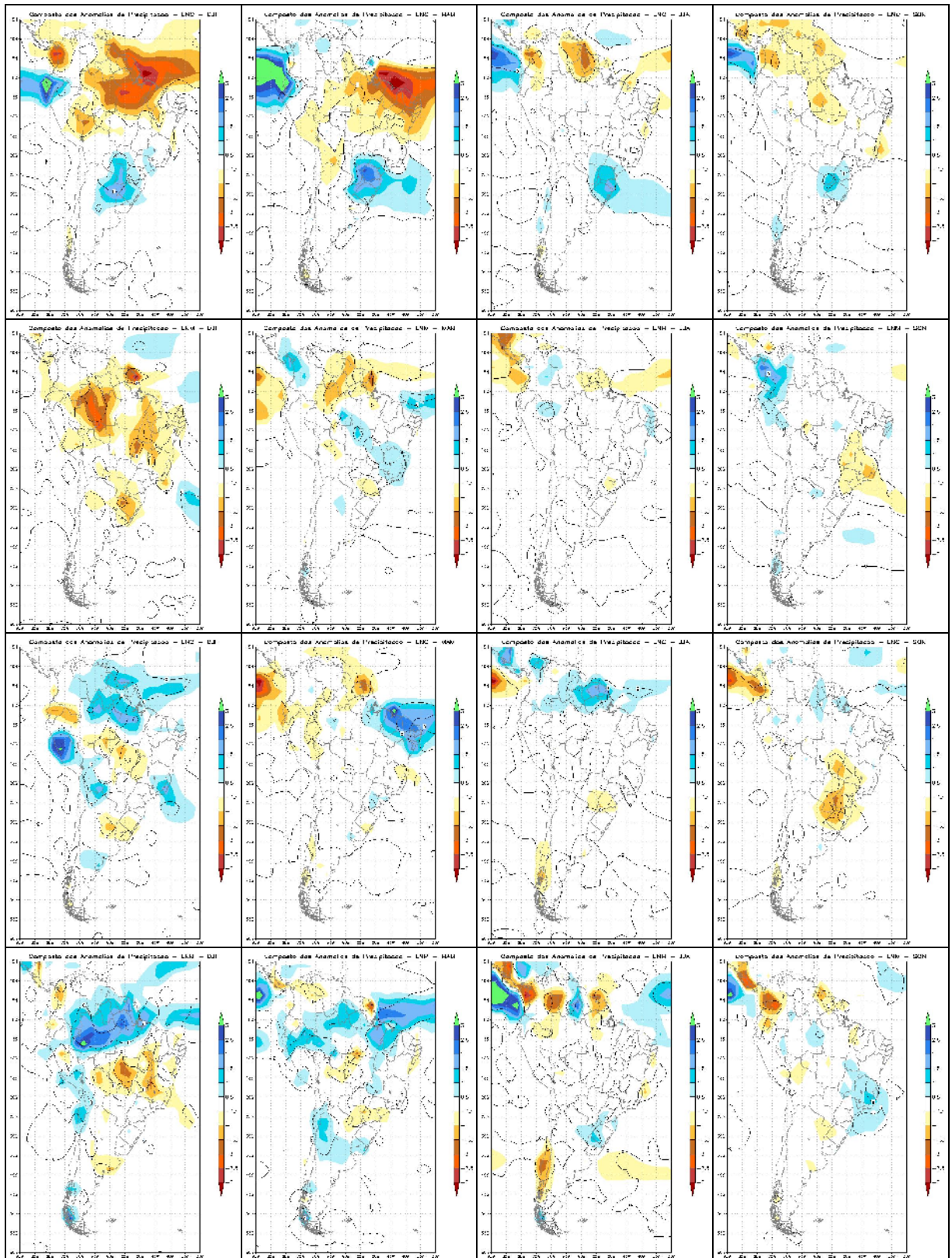


Figura 2: Compostos de precipitação durante DJF (1ª coluna), MAM (2ª), JJA (3ª) e SON (4ª) nos anos de ENC (1ª linha), ENM (2ª), LNC (3ª) e LNM (4ª), os contornos em preto são as regiões com significância acima de 90%.

#### 4. Conclusões:

Algumas regiões da AS realmente têm um comportamento oposto entre ENOS Canônicos e Modoki, como é o caso do Sul do Brasil, da região da ZCIT e algumas áreas no Noroeste da AS, em algumas estações do ano. Porém outras regiões sofrem o mesmo efeito independente do ENOS que está ocorrendo, como é o caso do norte da região Amazônica. As diferenças maiores entre o ENSO Canônico e Modoki são observadas nos casos de EN, quando ocorrem anomalias intensas de precipitação no norte/nordeste e sul do Brasil na estação de verão e outono em ENC. A situação em ENM é bem diferente desse padrão típico. Outro aspecto interessante é relacionado às anomalias de precipitação na ZCIT em MAM, positivas em casos LNC e também em ENM.

**Agradecimentos:** Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil). Os dados do conjunto NOAA\_ERSST\_V3 são provenientes da NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, e foram retirados do website: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

#### 5. Referências Bibliográficas:

ASHOK, K.; BEHERA, S. K.; RAO, S. A.; WENG, H. e YAMAGATA, T. El Niño Modoki and its possible teleconnection. **Journal of Geophysical Research**, v.112, C11007, 2007, doi:10.1029/2006JC003798

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T. e GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, p.2863-2880, 1998.

\_\_\_\_\_; BARROS, V. R. e DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, p. 35-58, 2000.

\_\_\_\_\_ The El Niño Impact on Summer Monsoon in Brazil: Regional Processes versus Remote Influences. **Journal of Climate**, v. 16, p. 263-280, 2003.

\_\_\_\_\_ How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? **Climate Dynamics**, 22, n.2-3, 123-138, 2004.

\_\_\_\_\_ e TEDESCHI, R. G. ENSO and extreme rainfall events in South America. **Journal of Climate**, v. 22, p. 1589-1609, 2009.

SMITH, T.M.; REYNOLDS, R.W.; PETERSON, T.C. e LAWRIE, J. Improvements to NOAA's Historical Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis (1880-2006). **Journal of Climate**, v.21, p.2283-2296, 2008.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño, **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, p.2771-2777, 1997.

WENG, H.; ASHOK, K.; BEHERA, S. K.; RAO, S. A. e YAMAGATA, T. Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific rim during boreal summer. **Climate Dynamics**, v. 29, p.113-129, 2007, DOI 10.1007/s00382-007-0234-0

XIE, P. e ARKIN, P. A. Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, 2539-2558, 1997.