



## **Influência do El Niño Modoki e Canônico na chuva sazonal em Santa Catarina**

*Rosandro Boligon Minuzzi<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Meteorologista, Prof. Adjunto III, Depto. Engenharia Rural, UFSC, Florianópolis-SC. Fone: (48)3721-5484, rosandro.minuzzi@ufsc.br

**RESUMO:** O El Niño é um importante preditor do clima em várias regiões do mundo, em razão de suas influências, principalmente na chuva. Neste estudo teve como objetivo analisar a influência do El Niño Modoki e Canônico na chuva sazonal em Santa Catarina. Foram utilizados totais de chuva sazonal de 1959 a 2014 de nove estações pertencentes a Agência Nacional de Águas (ANA) localizadas em diferentes regiões climaticamente homogêneas do Estado. Os seguintes meses foram definidos como representativos de cada um dos períodos sazonais: setembro a novembro (primavera do ano 0), dezembro a fevereiro (verão do ano 0), março a maio (outono do ano +1) e junho a agosto (inverno do ano +1). As análises da chuva sazonal nos dois tipos de El Niño e em anos neutros (sem El Niño e La Niña) foram enquadradas em cinco classes de acordo com o desvio padrão normalizadas. Foi determinada a frequência relativa de períodos sazonais com chuva abaixo, dentro e acima da climatologia em anos de El Niño Modoki e Canônico, sendo que, os valores para delimitar as referidas classes, foram baseados nos quantis 0,35 e 0,65. No contexto geral, durante anos de El Niño Modoki e Canônico, a chuva em todos os períodos sazonais fica praticamente dentro e acima da climatologia, respectivamente, principalmente durante o inverno (ano +1) durante o El Niño Canônico. No entanto, neste tipo de El Niño (Canônico) o percentual de ocorrência de chuva abaixo e acima da climatologia durante o outono, foi igual em três municípios (Lages, Saudades e Trombudo Central).

**PALAVRAS-CHAVE:** previsão climática, anomalia, Pacífico Central

### **INFLUENCE OF EL NIÑO MODOKI AND CANONICAL IN THE SEASONAL RAINFALL IN SANTA CATARINA**

**ABSTRACT:** The El Niño is an important climate prediction in various regions of the world, due to their influence, especially in the rainfall. This study aimed to analyze the influence of El Niño Modoki and Canonical in the seasonal rainfall in Santa Catarina. Seasonal rainfall totals were used from 1959 to 2014 nine stations of the National Water Agency (ANA) located in different climatically homogeneous regions of the State. The following months were defined as representative of each of the seasonal periods: from September to November (spring, year 0), from December to February (summer, year 0), from March to May (autumn, year +1) and June to August (winter, year +1). The analysis of seasonal rainfall in the two types of El Niño and neutral years (no El Niño and La Niña) were grouped into five classes according to the Standard Deviation Normalized. Was determined the relative frequency of seasonal periods with rain below, within and above the climatology in El Niño Modoki and Canonical, and the values to define these classes, were based on quantile 0.35 and 0.65. In the general context, during El Niño years Modoki and Canonical, the rainfall in all seasonal periods is practically within and above the climatology, respectively, mainly during winter (+1 year) during El Niño Canonical. However, this type of El Niño (Canonical) the percentage of occurrence of rainfall below and above the climatology during the autumn, was the same in three cities (Lages, Saudades and Trombudo Central).

**KEY WORDS:** climate forecast, anomaly, Central Pacific.

## INTRODUÇÃO

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um importante preditor do clima de várias regiões do mundo, em razão das suas influências já conhecidas, principalmente na precipitação. Isto se deve em razão da grande extensão da região no Pacífico Equatorial onde ocorrem às anomalias da temperatura da superfície do mar (componente oceânica) que, juntamente com a Oscilação Sul (componente atmosférica), caracteriza a ocorrência da forçante climática. A grande capacidade da água, em transportar energia, faz com que a ocorrência do ENOS provoque mudanças no padrão normal da circulação atmosférica.

Manson e Goddard (2001) chamaram a atenção que as respostas das fases do ENOS (El Niño e La Niña) em muitas áreas nem sempre são contrárias, e os eventos de La Niña afetam 5 a 15% mais áreas continentais do que durante eventos El Niño (EN).

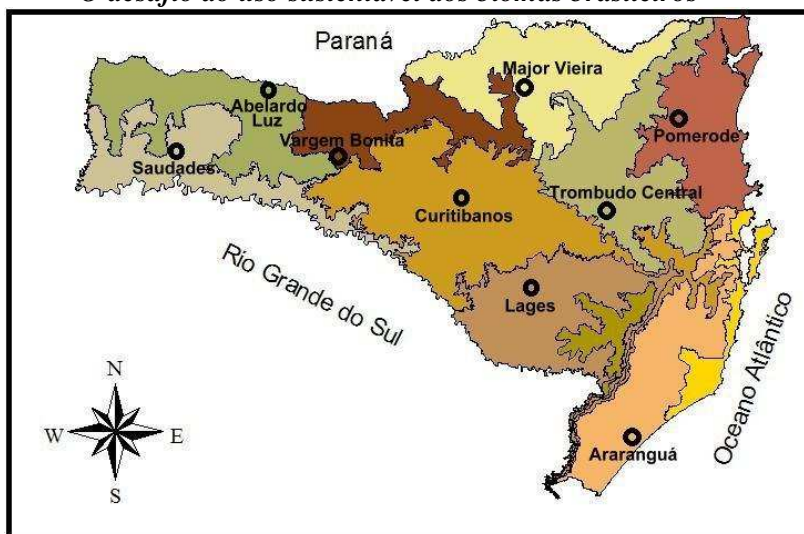
Recentemente, Ashok et al. (2007) apresentou um diferente tipo de El Niño chamado de EN Modoki, também referido por Yu e Kao (2007) como EN do Pacífico Central, por Kug et al. (2009) como EN da piscina de água quente e por Larkin e Harrison (2005) como Meridiano do EN. Este tipo de EN ocorre no Pacífico Central, enquanto o EN Canônico (ou Convencional) ocorre no Pacífico Leste. Os impactos do EN Modoki no clima tropical e de latitudes divergem em relação ao EN Canônico devido a diferente intensidade e localização das anomalias positivas da TSM do Pacífico equatorial (Larkin; Harrison, 2005; Ashok et al., 2007). Wang e Wang (2013) sugere que as anomalias de chuva no sul da China durante o outono e inverno estão positivamente correlacionados com o EN Canônico, mas não com o EN Modoki. Taschetto e England (2009) estudaram o impacto do EN Modoki sobre a precipitação da Austrália, e mostraram que durante EN Canônicos há redução na precipitação sobre o nordeste e sudeste da Austrália, enquanto em anos Modoki essa redução ocorre no norte e noroeste da Austrália. Além disso, mostraram que o período de maior impacto durante EN Canônico é de setembro a novembro, enquanto para Modoki é de março a maio.

No Brasil, Li et al. (2011) verificaram que a precipitação fica abaixo do normal durante todo o ano ao norte, centro e leste da Amazônia em anos de EN Canônico. Durante o EN Modoki, são observadas anomalias negativas de precipitação durante o verão em grande parte dessa região, enquanto nas demais estações do ano, a anomalia de precipitação é próxima de zero ou positiva.

Apesar da ciência relativamente recente na ocorrência dos diferentes tipos de El Niño, as suas influências na variabilidade climática em muitas regiões ainda é desconhecida. Por isso, este estudo teve como objetivo avaliar a influência dos El Niños Modoki e Canônico na chuva sazonal no estado de Santa Catarina.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados trimestrais de chuva do período de 1959 a 2013 de nove estações hidrológicas pertencentes a Agência Nacional de Águas, localizadas em distintas regiões climáticas de Santa Catarina (Figura 1), conforme definidas por Braga e Ghellre (1999).



**Figura 1.** Localização geográfica das estações hidrológicas utilizadas no estudo nas diferentes regiões climáticas de Santa Catarina, conforme Braga e Ghellre (1999).

A cronologia de ocorrência de ambos os tipos de El Niño para o período em estudo são apresentadas na Tabela 1, conforme metodologia proposta por Wang et al. (2009) para El Niño Canônico e por Kao e Yu (2009) e Yu e Kim (2010) para El Niño Modoki.

**Tabela 1.** Cronologia de eventos de El Niño Canônico, El Niño Modoki e de anos neutros

El Niño Canônico	1997/98, 1986/87, 1982/83, 1976/77, 1972/73, 1965/66
El Niño Modoki	2009/10, 2004/05, 2002/03, 1994/95, 1993/94, 1992/93, 1991/92, 1990/91, 1987/88, 1979/80, 1977/78, 1968/69, 1963/64
Ano neutro	2013/14, 2012/13, 2006/07, 2003/04, 2001/02, 1996/97, 1985/86, 1981/82, 1980/81, 1978/79, 1967/68, 1966/67, 1962/63, 1961/62, 1960/61, 1959/60

Quanto ao total pluviométrico sazonal (primavera, verão, outono e inverno), as análises foram baseadas na distribuição dos desvios padrão normalizados (D), dada pela Equação (1), enquadrando os períodos sazonais nas seguintes classificações: Muito chuvoso (MC)  $\geq 40\%$ ; Chuvoso (C)  $< 40\%$  e  $> 15\%$ ; Normal (N)  $\leq 15\%$  e  $\geq -15\%$ ; Seco (S)  $< -15\%$  e Muito seco (MS)  $\leq -40\%$  (Alves; Repelli, 1992).

$$D = \frac{(x - \bar{u})}{s} * 100\% \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_u}}$$

em que,  $x$  = valor médio da série em estudo (EN);  $\bar{u}$  = valor médio da série de referência (AN);  $n_x$  = número de dados da série em estudo (EN);  $n_u$  = número de dados da série de referência (AN); e  $s$  = desvio padrão ponderado, obtido através de

$$s = \sqrt{\frac{(n_x - 1)s_x^2 + (n_u - 1)s_u^2}{n_x + n_u - 2}} \quad (2)$$

sendo,  $s_x^2$  e  $s_u^2$ , as variâncias da série em estudo (EN) e da série de referência (AN), respectivamente.

Os seguintes meses foram definidos como representativos de cada um dos períodos sazonais: setembro a novembro (primavera do ano 0), dezembro a fevereiro (verão do ano 0), março a maio (outono do ano +1) e junho a agosto (inverno do ano +1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação da chuva sazonal para alguns municípios catarinenses durante eventos do EN Modoki são apresentados na Tabela 2. Predominantemente, a tendência durante a ocorrência deste tipo de El Niño é das chuvas ficarem dentro da climatologia, salvo algumas exceções, principalmente na primavera. Isto pode explicar em parte alguns estudos que apontam a primavera como sendo um período chuvoso em anos de El Niño. Minuzzi (2010) especifica que em anos da fase quente do ENOS, os meses de novembro (ano 0) e de maio (ano +1) tendem a ser chuvosos em Santa Catarina, apesar da chuva na região litorânea do Estado, ficar abaixo da média no mês de setembro.

Yeh et al. (2009) estudaram a razão entre a frequência de EN Modoki e Canônico no clima presente e futuro. A razão entre ambos os tipos de EN foi maior no futuro do que no presente, associando assim o aumento na frequência de EN Modoki às mudanças climáticas. Para o sul do Brasil estes resultados se confrontam com as projeções climáticas divulgadas por IPCC (2013) pelos percentis 50% e 75% do cenário RCP 4.5. Isto se deve, se considerarmos que o referido cenário aponta aumento das chuvas, enquanto a ocorrência de EN Modoki mantém a chuva dentro da climatologia. No entanto, Lee e McPhanden (2010) chamam a atenção que o aumento na frequência de EN Modoki projetado por Yeh et al. (2009) pode ser em razão do aumento gradual nas anomalias positivas de TSM no Pacífico Central em anos de EN, que não tem ocorrido em anos neutros ou de La Niña.

**Tabela 2.** Classificação da chuva sazonal para alguns municípios de Santa Catarina durante eventos do El Niño Modoki

Modoki	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Saudades	C	N	N	N
Abelardo Luz	N	N	N	N
Vargem Bonita	N	N	N	N
Concórdia	C	N	N	N
Curitibanos	N	N	N	N
Pomerode	N	N	C	C
Trombudo Central	N	N	N	N
Lages	C	N	N	N
Araranguá	N	N	N	N

C= chuvoso; N= normal

Quanto ao El Niño Canônico, é quase unânime a identificação da forçante climática com as chuvas acima da climatologia da primavera do ano 0 até o inverno do ano +1 em Santa Catarina. Ressalta-se a classificação ‘muito chuvoso’ em todos os períodos analisados obtida para os municípios de Lages e Concórdia, da mesma forma para o inverno (Tabela 3).

Na hipótese do regime de chuva invernal estar associado ao EN Canônico, isto demonstra a defasagem na resposta da TSM com a circulação da atmosfera, tendo em vista, que geralmente o El Niño atinge o seu auge no final do ano 0 e início do ano +1. Coelho e Ambrizzi (2000) analisaram as regiões do Pacífico Equatorial de maior influência na chuva sobre a América do Sul em anos do ENOS e seus resultados indicaram que a região Niño 3 parece ser a que exerce maior influência sobre o regime de chuva no continente. Esta conclusão dos pesquisadores, reforça a tese de que o regime de chuva

apresentado na Tabela 3 está associado com o EN Canônico, pois a Niño 3 é a região utilizada para o monitoramento da referida forçante climática.

**Tabela 3.** Classificação da chuva sazonal para alguns municípios de Santa Catarina durante eventos do El Niño Canônico

Canônico	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Saudades	MC	C	N	MC
Abelardo Luz	C	C	C	MC
Vargem Bonita	C	MC	C	MC
Concórdia	MC	MC	MC	MC
Curitibanos	C	C	C	MC
Pomerode	N	MC	MC	MC
Trombudo Central	N	MC	C	MC
Lages	MC	MC	MC	MC
Araranguá	C	C	N	MC

C= chuvoso; MC= muito chuvoso; N= normal

Os resultados encontrados para Santa Catarina são semelhantes aos obtidos por Larkin e Harrison (2005), Weng et al. (2009) e Li et al. (2011). No primeiro estudo, os pesquisadores mostraram que durante eventos do EN Canônico há um aumento na quantidade de chuva no sudeste da América do Sul nos trimestres setembro a novembro (SON) e dezembro a fevereiro (DJF). No entanto, durante os EN Modoki, houve diminuição da precipitação no centro-leste do Brasil e aumento no sul e sudeste da América do Sul, durante o período SON.

Para o trimestre janeiro a março, Weng et al. (2009) mostraram que durante EN Canônico (Modoki) a precipitação aumenta no sudeste da América do Sul (América do Sul central) e diminui sobre a América do Sul central e tropical (sudeste e noroeste da América do Sul). Já Li et al. (2011) destacam que para as regiões tropical e sub-tropical da cordilheira dos Andes, prevalecem anomalias positivas para o EN Leste e negativas para o EN Central durante o trimestre março a maio. Percebe-se que apenas os resultados encontrados para EN Modoki (chuvas dentro da climatologia em Santa Catarina) diferem com os obtidos por Weng et al. (2009) e Li et al. (2011).

## CONCLUSÕES

Durante ocorrência do El Niño Modoki (El Niño Canônico), as chuvas da primavera do ano 0 ao inverno do ano +1 tendem a ficar dentro (acima) da climatologia em Santa Catarina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.M.B., REPELLI, C.A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.7, n.2, p.83-92, 1992.

COELHO, C.A.S.; AMBRIZZI T. Determinação dos padrões de precipitação sobre a América do Sul em associação com a TSM da Bacia do pacífico equatorial durante períodos extremos de ENOS através





## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

da utilização de técnicas estatísticas multivariadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2000. CD-Rom.

IPCC, 2013: Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 [van OLDENBORGH, G.J. et al. (ed.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [STOKER, T.F. et al. (ed.)]. Disponível em: [www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org) and [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).

KAO, H.Y.; YU, J.Y. Contrasting eastern-Pacific and central-Pacific types of ENSO. **Journal of Climate**, v.22, p.615–632, 2009.

KUG, J.S.; JIN, F.F.; AN, S.I. Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. **Journal of Climate**, v.22, p.1499-1515, 2009.

LARKIN, N.K.; HARRISON, D.E. Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter. **Geophysical Research Letters**, v.32, L16705, doi:10.1029/2005GL022860, 2005.

LEE, T.; MCPHADEN, M. J. Increasing intensity of El Niño in the centralequatorial Pacific. **Geophysical Research Letters**, v.37, 2010, L14603, doi:10.1029/2010GL044007

LI, W. et al. Impact of two different types of El Niño events on the Amazon climate and ecosystem productivity. **Journal of Plant Ecology**, v. 4, p. 91-99, 2011. doi: 10.1093/jpe/rtq039

MANSON, S.J.; GODDARD, L. Probabilistic precipitation anomalies associated with ENSO. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Washington, v.82, n.4, p.619-638, 2001

MINUZZI, R.B. Chuvas em Santa Catarina durante eventos do El Niño Oscilação Sul. **Geosul**, v.25, n.50, p.107-127, 2010.

TASCETTO, A.S.; ENGLAND, M.H. El Niño Modoki impacts on Australian rainfall. **Journal of Climate**, v. 22, p. 3167-3174, 2009.

WANG, X.; WANG, D.; ZHOU, W. Decadal variability of twentieth-century El Niño and La Niña occurrence from observations and IPCC AR4 coupled models. **Geophysical Research Letters**, 36, 2009, L11701, doi:10.1029/2009GL037929.

WANG, C.; WANG, X. Classifying El Niño Modoki I and II by Different Impacts on Rainfall in Southern China and Typhoon Tracks. **Journal of Climate**, v.26, p.1322-1338. 2013

WENG, H. et al. Anomalous winter climate conditions in Pacific rim during recent El Niño Modoki and El Niño events. **Climate Dynamics**, v.32, p.663-674, 2009. DOI: 10.1007/s00382-008-0394-6

YEH, S. et al. El Niño in a changing climate. **Nature**, v. 461, p.511-514, 2009. DOI: 10.1038/nature08316.



## **XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### ***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

YU, J.-Y.; KAO, H.-Y. Decadal changes of ENSO persistence barrier in SST and ocean heat content indices: 1958–2001. **Geophysical Research Letters**, v.112, 2007. D13106, doi:10.1029/2006JD007654.

YU, KIM, S.T. Three evolution patterns of central Pacific El Niño. **Geophysical Research Letters**, 2010, v.37, L08706, doi:10.1029/2010GL042810.