



# Variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante diferentes tipos de ENOS

Rosandro Boligon Minuzzi<sup>1(\*)</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Agrárias, Avenida Admar Gonzaga, 1346, CEP 88034-001 Florianópolis, SC.

E-mail: rbminuzzi@hotmail.com

(\*) Autor para correspondência.

## INFORMAÇÕES

### História do artigo:

Recebido em 26 de abril de 2018

Aceito em 20 de dezembro de 2018

### Termos para indexação:

canônico

Modoki

Oceano Pacífico

seca

evento extremo diário

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante eventos do El Niño e La Niña, definidos de acordo com o Índice Niño Oceânico e a metodologia proposta por Yeh et al. (2009) que distingue os eventos em Modoki e Canônico. A influência do El Niño Oscilação Sul no regime de chuva para a primavera (setembro a novembro, ano 0), verão (dezembro a fevereiro, ano 0) e outono (março a maio, ano +1) foi avaliada de acordo com o total de chuva, a ocorrência de períodos secos (sequência de seis dias secos) e o número de dias chuvosos ( $\geq 2,5$  mm) e de eventos extremos diários (delimitado de acordo com o percentil 0,9). A classificação do total de chuva sazonal não segue uma característica definida entre os tipos de El Niño e de La Niña, exceto para a chuva na primavera que tende a ficar acima da normalidade em anos de El Niño. Houve uma associação entre a variação no total de chuva e número de dias chuvosos durante o ENOS, mas não entre estes, com o número de eventos extremos diários de chuva e períodos secos.

© 2018 SBAgro. Todos os direitos reservados.

## Introdução

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é o fenômeno natural de maior impacto nas oscilações climáticas de escala interanual em várias regiões do mundo. 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), caracterizam a ocorrência do fenômeno climático (PHILLIPS et al. 1998).

A variação irregular que ocorre em torno das condições

normais nas componentes oceânica e atmosférica na região do Pacífico, revela duas fases opostas do fenômeno, sendo um desses extremos representado pelas condições de La Niña (LN), quando ocorre um resfriamento das águas superficiais e aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico Equatorial (também denominada fase fria) e o outro extremo, representado pelas condições de El Niño (EN), quando ocorre um aquecimento das águas superficiais e diminuição na pressão atmosférica na região leste do Pacífico Equatorial (também denominada fase quente).

Alguns cientistas restringem o termo El Niño a um

fenômeno costeiro, enquanto outros referem a um fenômeno que ocorre na bacia do Pacífico Equatorial. Glantz e Thompson (1981) apresentaram diversos significados do termo El Niño.

Ashok et al. (2007) apresentaram 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 predominantemente no Pacífico Central, enquanto o EN Canônico (ou Convencional) ocorre no Pacífico Leste.

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 os eventos El Niño (EN).

No comparativo entre os diferentes tipos de El Niño e La Niña, Larkin e Harrison (2005) e Ashok et al. (2007), mostraram que 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 temperatura superficial do Pacífico equatorial. Wang e Wang (2013) sugerem 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 chuva da Austrália, e mostraram que durante EN Canônicos há redução na chuva 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 o Modoki é de março a maio.

No Brasil, Li et al. (2011) verificaram que a chuva 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 chuva du-

rante o verão em grande parte dessa região, enquanto nas demais estações do ano, a anomalia de chuva é próxima de zero ou positiva.

Diante da diversidade de métodos na definição dos eventos ENOS e de seus efeitos na sociedade e economia, como no setor agrícola onde as ocorrências de fenômenos climáticos têm sido associadas a variações nos rendimentos agrícolas de várias regiões do mundo (Legler et al., 1999), neste estudo objetivou-se avaliar a variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante eventos do ENOS, com cronologia obtida por diferentes métodos.

## Material e métodos

Foram utilizados dados diários de chuva de 1982 até 2016 de estações hidrológicas pertencentes a Agência Nacional de Águas (ANA), localizadas em algumas regiões climaticamente homogêneas do estado de Santa Catarina (Figura 1) que continham estações com séries históricas o suficiente para o estudo. Os dados mensais de temperatura da superfície do mar (TSM) com resolução espacial 1°x1° nas regiões Niño 3, Niño 4 e Niño 3.4 do Pacífico, foram obtidos da base de dados da International Research Institute for Climate Prediction (IRI).

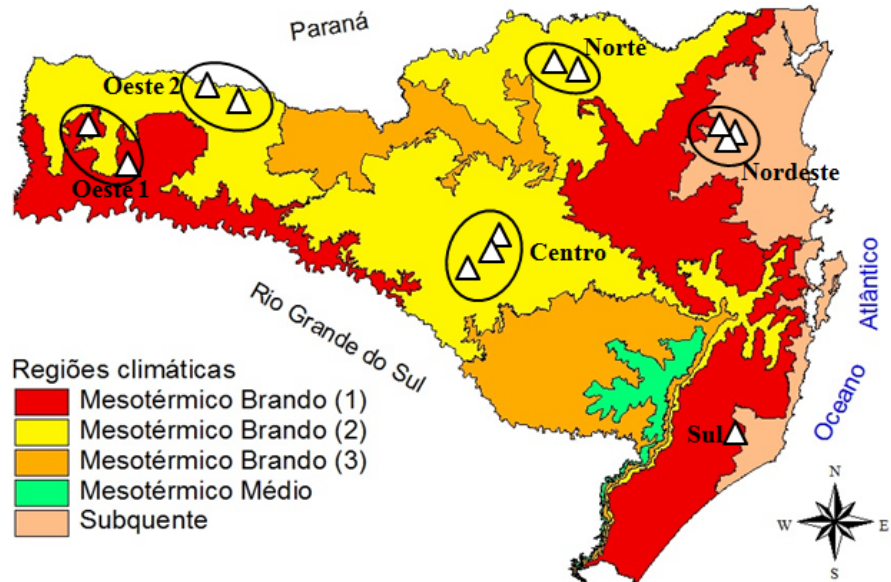
As informações referentes ao regime de chuva de cada região de Santa Catarina utilizada no estudo foram oriundas de duas ou três estações localizadas próximas entre si, estando na mesma região climática, salvo na região sul do Estado (Tabela 1 e Figura 1). Este procedimento teve como objetivo minimizar eventuais erros instrumentais e, ou, nos registros diários de chuva.

Diferentes métodos têm sido propostos para definir a cronologia de eventos do El Niño e La Niña Modoki e Canônico. Neste estudo foi utilizado o método proposto por Yeh et al. (2009), onde o EN Modoki (LN Modoki) é definido quando a anomalia de TSM da região Niño 4 (160°E-150°W, 5°N-5°S) está acima de 0,5°C (abaixo de -0,5°C) e que seja

**Tabela 1.** Código, coordenadas geográficas, altitude e município onde estão localizadas as estações hidrológicas nas regiões utilizadas neste estudo

| Região   | Código   | Município           | Latitude(°) | Longitude(°) | Altitude(m) |
|----------|----------|---------------------|-------------|--------------|-------------|
| Oeste 1  | 02653004 | Romelândia          | -26,67      | -53,28       | 320         |
|          | 02653007 | Saudades            | -26,92      | -53,00       | 280         |
| Oeste 2  | 02652000 | Abelardo Luz        | -26,55      | -52,32       | 760         |
|          | 02652002 | São Domingos        | -26,58      | -52,63       | 550         |
| Centro   | 02750008 | São José do Cerrito | -27,53      | -50,85       | 720         |
|          | 02750009 | Curitibanos         | -27,33      | -50,75       | 829         |
|          | 02750012 | Curitibanos         | -27,33      | -50,43       | 940         |
| Norte    | 02650000 | Major Vieira        | -26,37      | -50,28       | 765         |
|          | 02650022 | Papanduva           | -26,45      | -49,98       | 1000        |
| Nordeste | 02649002 | Pomerode            | -26,73      | -49,17       | 63          |
|          | 02649004 | Timbó               | -26,82      | -49,27       | 70          |
|          | 02649008 | Rio dos Cedros      | -26,73      | -49,27       | 80          |
| Sul      | 02849000 | Tubarão             | -28,42      | -49,10       | 22          |

**Figura 1.** Localização geográfica das estações hidrológicas utilizadas no estudo em algumas regiões climaticamente homogêneas de Santa Catarina, conforme Thomé et al. (2009).



maior (menor) que a anomalia da TSM da região Niño 3 (150°W-90°W, 5°N-5°S). Quanto ao EN Canônico (LN Canônico), Yeh et al. (2009) definem quando a anomalia da TSM da região Niño 3 está acima de 0,5°C (abaixo de -0,5°C) e que seja maior (menor) do que a anomalia da TSM da região Niño 4. Assim, os ‘anos neutros’ (AN), foram considerados aqueles sem ocorrência do ENOS Modoki e Canônico (Tabela 2).

O emprego da cronologia das fases do ENOS sem distinção dos dois tipos previamente apresentados foi definido de acordo com os valores do Índice Niño Oceânico (ONI, sigla do inglês, Oceanic Niño Index) utilizado pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). O ONI foi obtido pela temperatura superficial da região Niño 3.4 (5°N-5°S e 170°W-120°W), e a NOAA define como ocorrência de El Niño (La Niña), quando o ONI fica acima (abaixo) de 0,5 °C (-0,5 °C) por pelo menos cinco trimestres seguidos (Tabela 3).

A influência do ENOS no regime de chuvas em Santa Catarina para a primavera (setembro a novembro) e verão do ano 0 (dezembro a fevereiro) e outono do ano +1 (março a maio) foi avaliado pela média dentre as estações de cada uma das regiões climáticas do total de chuva, a ocorrência de períodos secos e o número de dias chuvosos e de eventos extremos diários.

Como ‘dia chuvoso’, considerou-se aquele com valor acima de 2,5 mm, em função da evapotranspiração de referência média anual estimada por Massignam e Pandolfo (2006) para Santa Catarina. Assim, um período seco foi definido aquele com pelo menos seis dias seguidos sem ocorrência de dias chuvosos. Já um evento extremo diário de chuva é aquele com valor acima do percentil 0,9 obtido para cada região analisada.

Quanto ao total de chuva sazonal, as análises foram ba-

seadas na distribuição dos desvios padrão normalizados (D) (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  $> -40\%$ ; e Muito seco (MS)  $\leq -40\%$ .

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

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

onde,  $x$  = valor médio da série em estudo (ENOS);  $\bar{u}$  = valor médio dos anos neutros (AN);  $n_x$  = número de dados da série em estudo (ENOS);  $n_u$  = número de dados da série de anos neutros (AN); e  $s$  = desvio padrão ponderado, obtido através da equação 2.

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

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

## Resultados e discussões

A classificação da chuva para a primavera, verão e outono nas regiões catarinenses durante eventos do El Niño (EN) e La Niña (LN) distinguidos ou não em Modoki e Canônico, estão apresentados na Figura 2. Na primavera do ano de início de EN, a tendência é de chuvas acima da normalidade, mantendo este cenário nos eventos Canônico e Modoki. Na LN, apesar de haver uma tendência dos totais de chuva ficar entre a normalidade a acima, em alguns casos apresentam uma tendência oposta entre os eventos Ca-

**Tabela 2.** Cronologia de eventos (mês de início e fim) do El Niño Canônico (vermelho), El Niño Modoki (alaranjado), La Niña Canônico (azul escuro) e La Niña Modoki (azul claro) de 1982 a 2016 de acordo com o método de Yeh et al. (2009)

|      | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1982 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1983 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1984 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1985 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1986 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1987 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1988 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1989 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1990 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1991 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1992 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1993 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1994 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1995 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1996 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1997 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1998 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1999 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2010 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2011 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2012 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2013 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2014 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2015 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2016 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

nônico e Modoki, onde as chuvas tendem a ficar abaixo e acima da normalidade, respectivamente. A ressalva é feita na La Niña Canônica, onde no norte e litoral catarinense as chuvas ficam acima e dentro da normalidade, enquanto o restante do Estado, a tendência é de chuvas abaixo da normalidade.

Analisando eventos ENOS de moderada e forte intensidade baseada na cronologia proposta por Trenberth (1997), Minuzzi (2010) especifica que em anos de El Niños, 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. Já para anos de La Niña, os volumes de chuva em outubro e novembro ficam abaixo da média.

Grimm (2009) apresenta argumentos que indicam a primavera como a estação mais propícia às teleconexões com o oceano Pacífico Tropical, por isso, a relação do ENOS sobre a chuva no Sul do Brasil é mais forte nessa estação do ano.

Durante o verão, no geral, em ambas as fases do ENOS há tendência de chuvas acima da média na faixa litorânea e dentro da normalidade no restante do Estado. Porém, nas distinções entre os tipos de El Niño/La Niña é que percebe-se algumas peculiaridades como nos eventos de El Niño

**Tabela 3.** Cronologia de eventos (trimestre de início e fim) do El Niño (vermelho) e La Niña (azul) de 1982 a 2016 de acordo com o ONI.

|      | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1982 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1983 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1984 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1985 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1986 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1987 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1988 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1989 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1990 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1991 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1992 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1993 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1994 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1995 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1996 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1997 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1998 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1999 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2010 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2011 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2012 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2013 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2014 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2015 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2016 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

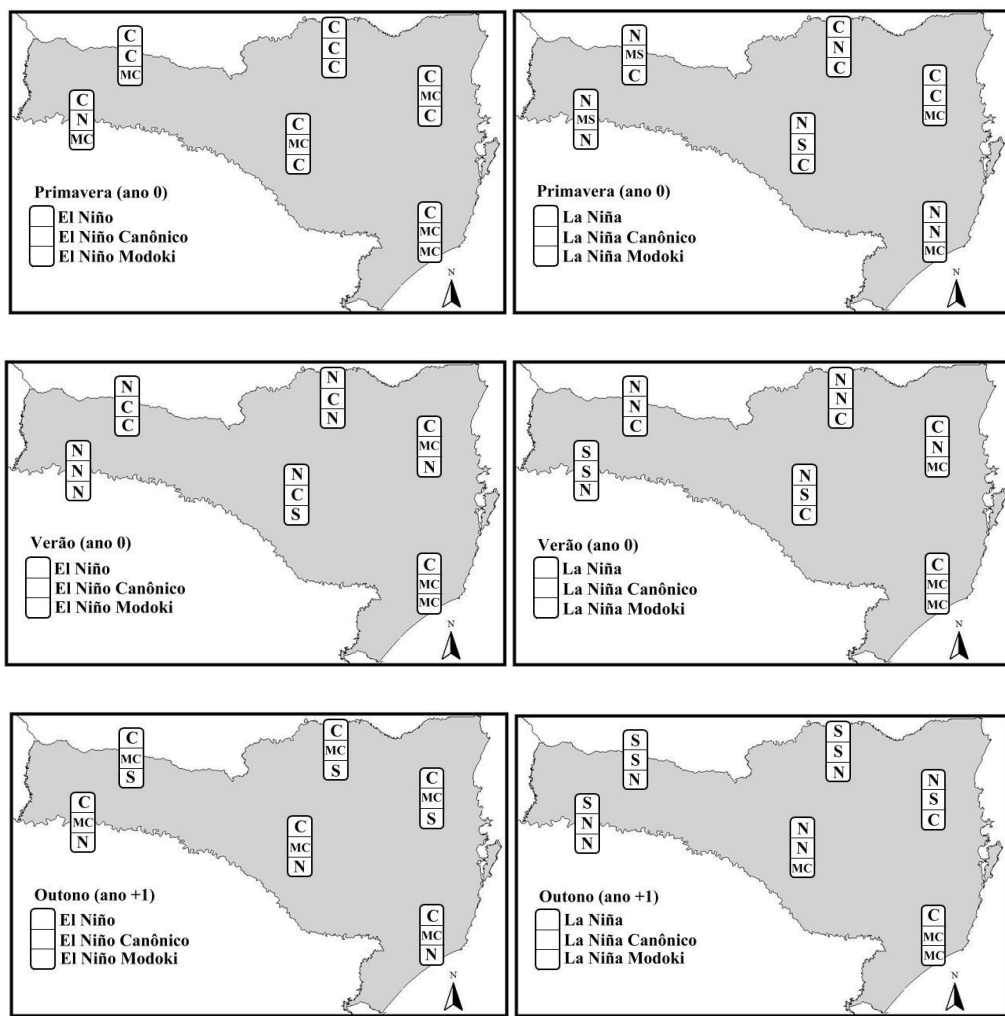
Fonte: NOAA

Canônico e La Niña Modoki em que as chuvas tendem a ficar acima da média, principalmente no litoral, ratificando o resultado encontrado para ambas as fases do ENOS sem distinção. Já em anos de El Niño Modoki e La Niña Canônico não há uma classificação predominante.

Em algumas situações, apesar das classificações da chuva bem definidas no Estado como durante o El Niño Canônico e La Niña Modoki, Grimm (2009) ressalta que há baixa relação e com sinais não uniformes das anomalias de chuva no verão do sul do Brasil com a temperatura da superfície do mar (TSM) do Pacífico. A mais extensa e forte anomalia de TSM associada nesta época do ano encontra-se no

Atlântico Sudoeste, junto à costa sudeste do Brasil. Minuzzi (2010) também mostrou que as melhores correlações das chuvas em Santa Catarina com a TSM das regiões Niños foram nos meses da primavera e do outono, como em outubro, novembro e maio. Estes resultados são coerentes aos obtidos por Cardoso e Silva Dias (2004), que correlacionaram as anomalias trimestrais sazonais de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico com as precipitações sobre regiões homogêneas do sul e sudeste do Brasil. Tais autores observaram um padrão de correlação mais persistente sobre os oceanos, nos trimestres março-abril-maio e setembro-outubro-novembro.

**Figura 2.** Classificação da chuva sazonal em Santa Catarina durante eventos do El Niño e La Niña. MC = Muito Chuvoso; C = Chuvoso; N = Normal; S = Seco; MS = Muito Seco.



O outono do ano seguinte ao início do ENOS se mostra ser o período com características relativamente mais definidas. Assim como observado na primavera, as chuvas durante eventos do El Niño tendem a ficar acima da normalidade no outono, principalmente quando se configura um evento Canônico, onde o período tende a ser ‘muito chuvoso’ em todo o Estado. No entanto, nas regiões próximas a divisa com o Paraná, as chuvas apresentam uma tendência de ficarem abaixo da normalidade quando se trata de El Niño Modoki. Mesma característica a observada em anos de La Niña, mesmo que não envolva todo o Estado.

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 durante a primavera e verão. No entanto, durante os EN Modoki, houve diminuição da chuva no centro-leste do Brasil e aumento no sul e sudeste da América do Sul durante a primavera.

Para o trimestre janeiro a março, Weng et al. (2009) mostraram que durante EN Canônico (Modoki) a chuva aumenta; no sudeste da América do Sul (centro da América

do Sul) e diminui sobre a América do Sul Central e Tropical (sudeste e noroeste da América do Sul).

A Tabela 4 mostra que o número de dias chuvosos durante o ENOS em relação aos anos neutros segue um padrão de acordo com as classificações obtidas quanto ao total de chuva sazonal. Como exemplo, na primavera que há tendência das chuvas ficarem acima da normalidade em anos de El Niño (ambos os tipos) e La Niña Modoki, a ocorrência de dias chuvosos é maior, principalmente, quanto maior for o desvio dos totais de chuva (‘muito chuvoso’). Durante os eventos de El Niño Canônico em que a tendência foi mais perceptível em todos os períodos sazonais analisados, os desvios de dias chuvosos também foram maiores, como no outono em que há de seis a nove dias de chuva a mais do que em anos de neutralidade do Pacífico.

Porém, num contexto geral, o total de chuva e o número de dias chuvosos não apresentam uma relação com o número de eventos extremos diários de chuva, pois quase na totalidade das regiões catarinenses nos três períodos sazonais analisados, a ocorrência de eventos extremos é igual ou maior em anos do ENOS do que quando o Pacífico apresenta condições de neutralidade. A exceção pode ser feita em anos de El Niño Canônico durante o outono, onde

o regime de chuvas ficou bem definido em todas as regiões de Santa Catarina (total de chuva e dias chuvosos), possivelmente favorecendo o maior número de eventos extremos diários (dois a três) (Tabela 5).

Analisando os anos El Niño e La Niña de 1956 a 2002, definidos de acordo com o critério de Trenberth (1997), porém utilizando como referência a TSM na região do Niño 3, Grimm e Tedeschi (2009) mostraram que na América do Sul os impactos mais consistentes na ocorrência de chuvas intensas associadas as fases do ENOS são observados no sudeste do continente entre as latitudes 23°S e 35°S. Tais sinais são evidentes em muitos períodos do ciclo do ENOS, especialmente no final da primavera do ano 0 e outono do ano +1. Em situações de ocorrência de El Niño, o acréscimo no número de eventos extremos de chuva é observado a partir de outubro do ano 0 até fevereiro do ano +1, observando-se uma pequena quebra deste padrão durante o mês de janeiro. Os sinais de aumento do número de eventos extremos voltam a ser verificados no outono do ano +1, especialmente entre março e abril. Também verificaram que todas as regiões com mudanças consistentes no total de chuva mensal também apresentaram alterações consistentes na frequência de eventos extremos, mas o inverso não é

verdadeiro. Ressalta-se que as autoras definiram evento de chuva intensa com base em uma média móvel de três dias acima do percentil 0,9.

A ocorrência de períodos secos durante o ENOS também pouco difere em relação a anos neutros, apesar de que, nas situações em que observa-se uma diferença, na maioria das situações a tendência é de redução em um evento. Chama a atenção, essa redução observada no sul durante a primavera em qualquer fase/tipo de ENOS e durante a La Niña, no verão, em quase todo o Estado (Tabela 6).

Mas quando são analisados os períodos secos de maior duração, percebe-se uma maior variação nas anomalias, que nem sempre corresponde às tendências observadas dos outros índices de chuva previamente apresentados. Como exemplos, durante a primavera e outono em anos de El Niño Canônico, mesmo as chuvas ficando acima da normalidade e havendo maior número de dias chuvosos, a duração média dos maiores períodos secos aumenta na primavera (um a dois dias), mas tende a ser menor no outono (um a seis dias), do que em relação aos anos neutros. Em suma, não há uma coerência lógica e única entre a duração dos maiores períodos secos com os demais índices de chuva analisados.

**Tabela 4.** Diferença no número médio de dias de chuva ( $\geq 2,5$  mm) entre cada tipo de ENOS com os anos neutros (ENOS – AN) para regiões de Santa Catarina, durante a primavera, verão e outono. ENC = El Niño Canônico; ENM = El Niño Modoki; LNC = La Niña Canônico; LNM = La Niña Modoki; EN = El Niño; LN = La Niña

|                          | ENC               | ENM | LNC | LNM | EN | LN  |
|--------------------------|-------------------|-----|-----|-----|----|-----|
| <b>Primavera (ano 0)</b> |                   |     |     |     |    |     |
|                          | Yeh et al. (2009) |     |     |     |    | ONI |
| Oeste 1                  | 2                 | 5   | -4  | 2   | 3  | -2  |
| Oeste 2                  | 1                 | 5   | -3  | 6   | 0  | -1  |
| Centro                   | 1                 | 6   | -4  | 1   | 3  | -1  |
| Norte                    | 6                 | 4   | -2  | 4   | 5  | 1   |
| Vale do Itajaí           | 3                 | 3   | 1   | 6   | 3  | 5   |
| Sul                      | 6                 | 3   | -1  | 3   | 5  | 2   |
| <b>Verão (ano 0)</b>     |                   |     |     |     |    |     |
| Oeste 1                  | 6                 | 0   | 2   | 6   | 4  | 1   |
| Oeste 2                  | 1                 | -2  | 1   | 9   | -1 | 3   |
| Centro                   | 4                 | 0   | 0   | 9   | 4  | 4   |
| Norte                    | 3                 | 0   | 2   | 9   | 2  | 2   |
| Vale do Itajaí           | 5                 | 0   | 1   | 6   | 3  | 2   |
| Sul                      | 3                 | -1  | 0   | 3   | 3  | 2   |
| <b>Outono (ano 0)</b>    |                   |     |     |     |    |     |
| Oeste 1                  | 7                 | -2  | 2   | 1   | 2  | -1  |
| Oeste 2                  | 6                 | 6   | 1   | 3   | 0  | -1  |
| Centro                   | 7                 | -1  | 2   | 3   | 1  | -1  |
| Norte                    | 9                 | -1  | 2   | 3   | 3  | -1  |
| Vale do Itajaí           | 8                 | -1  | 1   | 3   | 4  | -1  |
| Sul                      | 7                 | 2   | 3   | 6   | 2  | 1   |

**Tabela 5.** Diferença no número médio de eventos extremos diários de chuva sazonal entre cada tipo de ENOS com os anos neutros (ENOS – AN) para regiões de Santa Catarina, durante a primavera, verão e outono. ENC = El Niño Canônico; ENM = El Niño Modoki; LNC = La Niña Canônico; LNM = La Niña Modoki; EN = El Niño; LN = La Niña

|                          | ENC               | ENM | LNC | LNM | EN | LN  |
|--------------------------|-------------------|-----|-----|-----|----|-----|
| <b>Primavera (ano 0)</b> |                   |     |     |     |    |     |
|                          | Yeh et al. (2009) |     |     |     |    | ONI |
| Oeste 1                  | 1                 | 1   | -1  | -1  | 1  | 0   |
| Oeste 2                  | 1                 | 1   | 0   | 0   | 1  | 0   |
| Centro                   | 1                 | 1   | 0   | 1   | 1  | 1   |
| Norte                    | 0                 | 0   | 0   | 0   | 1  | 1   |
| Nordeste                 | 0                 | 0   | 1   | 0   | 0  | 1   |
| Sul                      | 1                 | 0   | 0   | 0   | 1  | 0   |
| <b>Verão (ano 0)</b>     |                   |     |     |     |    |     |
| Oeste 1                  | 0                 | 0   | -1  | -1  | 1  | -1  |
| Oeste 2                  | 1                 | 1   | 0   | 1   | 1  | 0   |
| Centro                   | 1                 | 0   | 0   | 1   | 0  | 0   |
| Norte                    | 1                 | 1   | 0   | 1   | 1  | 1   |
| Nordeste                 | 1                 | 0   | 1   | 1   | 0  | 1   |
| Sul                      | 0                 | 0   | 1   | 1   | 0  | 1   |
| <b>Outono (ano +1)</b>   |                   |     |     |     |    |     |
| Oeste 1                  | 3                 | 1   | 0   | 0   | 1  | -1  |
| Oeste 2                  | 3                 | 0   | 0   | -1  | 2  | -1  |
| Centro                   | 2                 | 0   | 0   | 0   | 1  | 0   |
| Norte                    | 3                 | 0   | 0   | 0   | 1  | 0   |
| Nordeste                 | 2                 | 0   | 0   | 1   | 1  | 0   |
| Sul                      | 0                 | 0   | 1   | 0   | 1  | 1   |

Em se tratando de seca e de seus efeitos no setor agrícola, Minuzzi e Ribeiro (2012) mostraram que o oeste de Santa Catarina é a região com o maior requerimento de irrigação para o milho em anos La Niña, ocorrendo o oposto no Norte do Estado. Atentam que as perdas na produtividade do cereal decorrentes do déficit hídrico tendem a ser menores para sementeiras feitas a partir de 10 de outubro.

Apesar de não estar incumbido nos objetivos deste estudo, ressalta-se a influência do ENOS juntamente com outras forçantes climáticas de diferentes variabilidades temporal, como na escala decenal (Oscilação Decadal do Pacífico) e escala intrasazonal (Oscilação de Madden-Julian - OMJ). Shimizu e Ambrizzi (2016) mostraram que as anomalias de chuva e temperatura do ar observadas na América do Sul durante o ENOS, sem a ocorrência simultânea da OMJ, pode ser fortalecida ou enfraquecida durante situações onde o ENOS e a OMJ ocorram simultaneamente, sendo que, o sinal da anomalia climática dependerá da fase da OMJ.

**Tabela 6.** Diferença no número médio de períodos secos entre cada tipo de ENOS com os anos neutros (ENOS – AN) para regiões de Santa Catarina, durante a primavera, verão e outono. ENC = El Niño Canônico; ENM = El Niño Modoki; LNC = La Niña Canônico; LNM = La Niña Modoki; EN = El Niño; LN = La Niña

|                          | ENC               | ENM | LNC <sup>1</sup> | LNM | EN  | LN |
|--------------------------|-------------------|-----|------------------|-----|-----|----|
| <b>Primavera (ano 0)</b> |                   |     |                  |     |     |    |
|                          | Yeh et al. (2009) |     |                  |     | ONI |    |
| Oeste 1                  | 0                 | 0   | 1                | 0   | 0   | 0  |
| Oeste 2                  | -1                | -1  | 0                | -1  | 0   | 0  |
| Centro                   | 0                 | 0   | 1                | 0   | 0   | 0  |
| Norte                    | -1                | 0   | 1                | 0   | 0   | 0  |
| Nordeste                 | 1                 | 0   | 0                | -1  | 0   | -1 |
| Sul                      | -1                | -1  | -1               | -1  | -1  | -1 |
| <b>Verão (ano 0)</b>     |                   |     |                  |     |     |    |
| Oeste 1                  | 0                 | 0   | 0                | 0   | 1   | 1  |
| Oeste 2                  | 0                 | -1  | 1                | 0   | -1  | -1 |
| Centro                   | 0                 | 0   | 0                | -1  | 0   | -1 |
| Norte                    | 0                 | 1   | 0                | -1  | -1  | -1 |
| Nordeste                 | 0                 | -1  | -1               | -1  | -1  | -1 |
| Sul                      | -1                | -1  | 0                | -1  | -1  | -1 |
| <b>Outono (ano +1)</b>   |                   |     |                  |     |     |    |
| Oeste 1                  | -1                | 1   | --               | 0   | -1  | 0  |
| Oeste 2                  | -1                | 1   | --               | 0   | 0   | 1  |
| Centro                   | -2                | -1  | --               | -1  | -1  | 0  |
| Norte                    | -2                | -1  | --               | -2  | -1  | -1 |
| Nordeste                 | 0                 | 2   | --               | 0   | 0   | 0  |
| Sul                      | 0                 | 1   | --               | 0   | -1  | 0  |

<sup>1</sup> Número de anos no outono com dados insuficientes para este tipo de análise.

## Conclusões

Há tendências distintas do total de chuva sazonal entre os tipos de El Niño e de La Niña, exceto para a chuva na primavera que tende a ficar acima da normalidade em anos de El Niño.

O total de chuva durante a primavera, verão e outono possui tendência marcante e definida apenas durante eventos de El Niño Canônico, com chuva acima da normalidade.

Há uma associação entre a variação no total de chuva e número de dias chuvosos durante o ENOS, mas não entre estes, com o número de eventos extremos diários de chuva e períodos secos.

Não há diferença entre a ocorrência de períodos secos durante as fases/tipos de ENOS em relação aos anos neutros.

**Tabela 7.** Diferença no número médio dos períodos secos de maior duração entre cada tipo de ENOS com os anos neutros (ENOS – AN) para regiões de Santa Catarina, durante a primavera, verão e outono. ENC = El Niño Canônico; ENM = El Niño Modoki; LNC = La Niña Canônico; LNM = La Niña Modoki; EN = El Niño; LN = La Niña

|                          | ENC               | ENM | LNC <sup>1</sup> | LNM | EN  | LN |
|--------------------------|-------------------|-----|------------------|-----|-----|----|
| <b>Primavera (ano 0)</b> |                   |     |                  |     |     |    |
|                          | Yeh et al. (2009) |     |                  |     | ONI |    |
| Oeste 1                  | 1                 | -1  | 3                | -1  | -1  | -1 |
| Oeste 2                  | 2                 | -1  | 2                | -1  | -1  | -2 |
| Centro                   | 1                 | -2  | 2                | -1  | -1  | 0  |
| Norte                    | 2                 | 0   | 2                | 4   | 0   | 1  |
| Nordeste                 | 1                 | 2   | 1                | -1  | 0   | -2 |
| Sul                      | -5                | -4  | -2               | -5  | -2  | -1 |
| <b>Verão (ano 0)</b>     |                   |     |                  |     |     |    |
| Oeste 1                  | 0                 | 5   | 2                | -1  | -2  | -3 |
| Oeste 2                  | -1                | 0   | 0                | -3  | -4  | -4 |
| Centro                   | -3                | -1  | -1               | -2  | -3  | -2 |
| Norte                    | 1                 | 0   | -1               | -6  | -1  | -3 |
| Nordeste                 | -3                | -1  | 0                | -2  | -3  | -1 |
| Sul                      | 4                 | 7   | -1               | 4   | 3   | 0  |
| <b>Outono (ano +1)</b>   |                   |     |                  |     |     |    |
| Oeste 1                  | -2                | 0   | --               | -3  | 2   | 2  |
| Oeste 2                  | -1                | 0   | --               | 0   | 1   | 2  |
| Centro                   | -4                | -3  | --               | -4  | 0   | 2  |
| Norte                    | -6                | -2  | --               | -4  | 1   | 4  |
| Nordeste                 | -5                | 0   | --               | -4  | 0   | 4  |
| Sul                      | -4                | 3   | --               | -3  | 3   | 3  |

<sup>1</sup> Número de anos no outono com dados insuficientes para este tipo de análise.



## Referências bibliográficas

- ASHOK, K.; BEHERA, S. K.; RAO, S. A.; WENG, H.; YAMAGATA, Y. El Niño Modoki and its possible teleconnection. **Journal of Geophysical Research**, v. 112, p. 1-27, 2007.
- 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, p. 149-162, 2004.
- GLANTZ, M. H.; THOMPSON, J. D. (Ed.) **Resource management and environmental uncertainty**; lessons from coastal upwelling fisheries. New York, NY: Wiley-Interscience Pub., 1981. 491 p.
- GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. ENSO and extreme rainfall events in South America. **Journal of Climate**, v. 22, n. 7, p. 1589-1609, 2009.
- GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A. et al. (Org.) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009, p. 353-374.
- 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, n. 16, p. 1-4, 2005.
- LEGLER, D. M.; BRYANT, K. J.; O'BRIEN, J. J. Impact of ENSO related climate anomalies on crop yields in the U.S. **Climatic Change**, v. 42, p. 351-375, 1999.
- LI, W.; ZHANG, P.; YE, J.; LI, L.; BAKER, P.A. 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.
- MANSON, S. J.; GODDARD, L. Probabilistic precipitation anomalies associated with ENSO. **Bulletim of the American Meteorological Society**, v. 82, n. 4, p. 619-638, 2001.
- MASSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C. **Estimativa da evapotranspiração de referência mensal e anual no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2006. 24p.
- MINUZZI, R. B. Chuvas em Santa Catarina durante eventos do El Niño Oscilação Sul. **Geosul**, v. 25, n. 50, p. 107-127, 2010.
- MINUZZI, R. B.; RIBEIRO, A. J. Requerimento de água para irrigação do milho em Santa Catarina durante eventos La Niña. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 1330-1337, 2012.
- PHILLIPS, J. G.; CANE, M. A.; ROSENZWEIG, C. ENSO, seasonal rainfall patterns and simulated maize yield variability in Zimbabwe. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 90, p. 39-50, 1998.
- SHIMIZU, M. H.; AMBRIZZI, T. MJO influence on ENSO effects in precipitation and temperature over South America. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 124, p. 291-301, 2016.
- TASCETTO, A. S.; ENGLAND, M. H. El Niño Modoki impacts on Australian rainfall. **Journal of Climate**, v. 22, p. 3167-3174, 2009.
- THOME, V. M. R.; ZAMPIERI, S.; BRAGA, H. J.; PANDOLFO, C.; SILVA JUNIOR, V. P.; BACIC, I. L. Z.; LAUS NETO, J. A.; SOLDATELI, D.; GEBLER, E. F.; DALLE ORE, J. de A.; ECHEVERRIA, L. C. R.; RAMOS, M. G.; CAVALHEIRO, C. N. R.; DEEKE, M.; MATTOS, J. F. de; SUSKI, P. P. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999. CD-ROM.
- TRENBERTH, K.E. The definition of El Niño. **Bulletim of the American Meteorological Society**, v.78, n.12, p.2771-2777, 1997.
- 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.; BERRERA, S. K.; YAMAGATA, T. Anomalous winter climate conditions in Pacific rim during recent El Niño Modoki and El Niño events. **Climate Dynamics**, v. 32, p. 663-674, 2009.
- YEH, S.; KUG, J. B.; DEWITTE, B.; KNOW, M. H.; KIRTMAN, B. P. El Niño in a changing climate. **Nature**, v. 461, p. 511-514, 2009.
- 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, p. 1-10, 2007.

### REFERENCIAÇÃO

MINUZZI, R. B. Variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante diferentes tipos de ENOS. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.26, n.1, p.113-122, 2018.



# Variability in the rainfall regime in Santa Catarina during different types of ENSO

Rosandro Boligon Minuzzi<sup>(\*)</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Agrárias, Avenida Admar Gonzaga, 1346, CEP 88034-001 Florianópolis, SC, Brazil.

E-mail: rbminuzzi@hotmail.com

(\*)Corresponding author.

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 26 April 2018

Accepted 20 December 2018

### Index terms:

canonical

Modoki

Pacific Ocean

drought

extreme daily event

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the rainfall variability in Santa Catarina during El Niño and La Niña events, defined according to the Oceanic Niño Index and the methodology proposed by Yeh et al. (2009) that distinguishes the events in Modoki and Canonical. The influence of the El Niño Southern Oscillation in the rainfall regime for spring (September to November, year 0) and summer (December to February, year 0) and autumn (March to May, year +1) was evaluated according to the accumulated rainfall, the occurrence of dry periods (six dry days) and the number of rainy days ( $\geq 2,5$  mm) and extreme daily events (delimited according to the 0,9 percentile). The classification of total seasonal rainfall does not follow a defined characteristic between El Niño and La Niña types, except for rainfall in the spring that tends to be above normal in El Niño years. There was an association between the variation in total rainfall and number of rainy days during ENSO, but not between them, with the number of daily extreme events of rainfall and dry periods.

© 2018 SBAgro. All rights reserved.

## CITATION

MINUZZI, R. B. Variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante diferentes tipos de ENOS. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.26, n.1, p.113-122, 2018.