

# DIAGNÓSTICO DA OCORRÊNCIA DE FENÔMENOS METEOROLÓGICOS CAUSADORES DE DANOS E PREJUÍZOS EM INFRAESTRUTURAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Contagem e Análise de Frequência e Tendência de Ocorrência dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) Associados a Eventos Extremos e dos Casos de Tornados desde o Início dos Registros em Santa Catarina - Produto 4/5

Roseli de Oliveira

Elaborado por: **Roseli de Oliveira** (CREA-SC 149041-0) - Consultora Meteorologista

Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio do projeto Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI).

Este projeto foi pactuado no âmbito da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU, sigla em alemão).

Participaram desse processo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Empresa Eletrosul/ Eletrobrás e a Defesa Civil de Santa Catarina.

Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ e do MMA. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

#### **EQUIPE TÉCNICA - MMA**

Hugo do Valle Mendes (coordenação)  
Adriana Brito da Silva  
Jaqueline Leal Madruça

#### **EQUIPE TÉCNICA - GIZ**

Ana Carolina Câmara (coordenação)  
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas  
Pablo Borges de Amorim

#### **EQUIPE TÉCNICA - DEFESA CIVIL/ SANTA CATARINA**

Flavio Rene Brea Victoria  
Frederico Moraes Rudorff

#### **INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

Chou Sin Chan

#### **Ministério do Meio Ambiente**

Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília/DF, CEP  
70068-901  
Telefone: + 55  
61 2028-1206

#### **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn  
GIZ Agência Brasília  
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501  
Ed. Brasília Trade Center - 70.711-902 Brasília/DF  
T + 55-61-2101-2170  
E [giz-brasilien@giz.de](mailto:giz-brasilien@giz.de)  
[www.giz.de/brasil](http://www.giz.de/brasil)

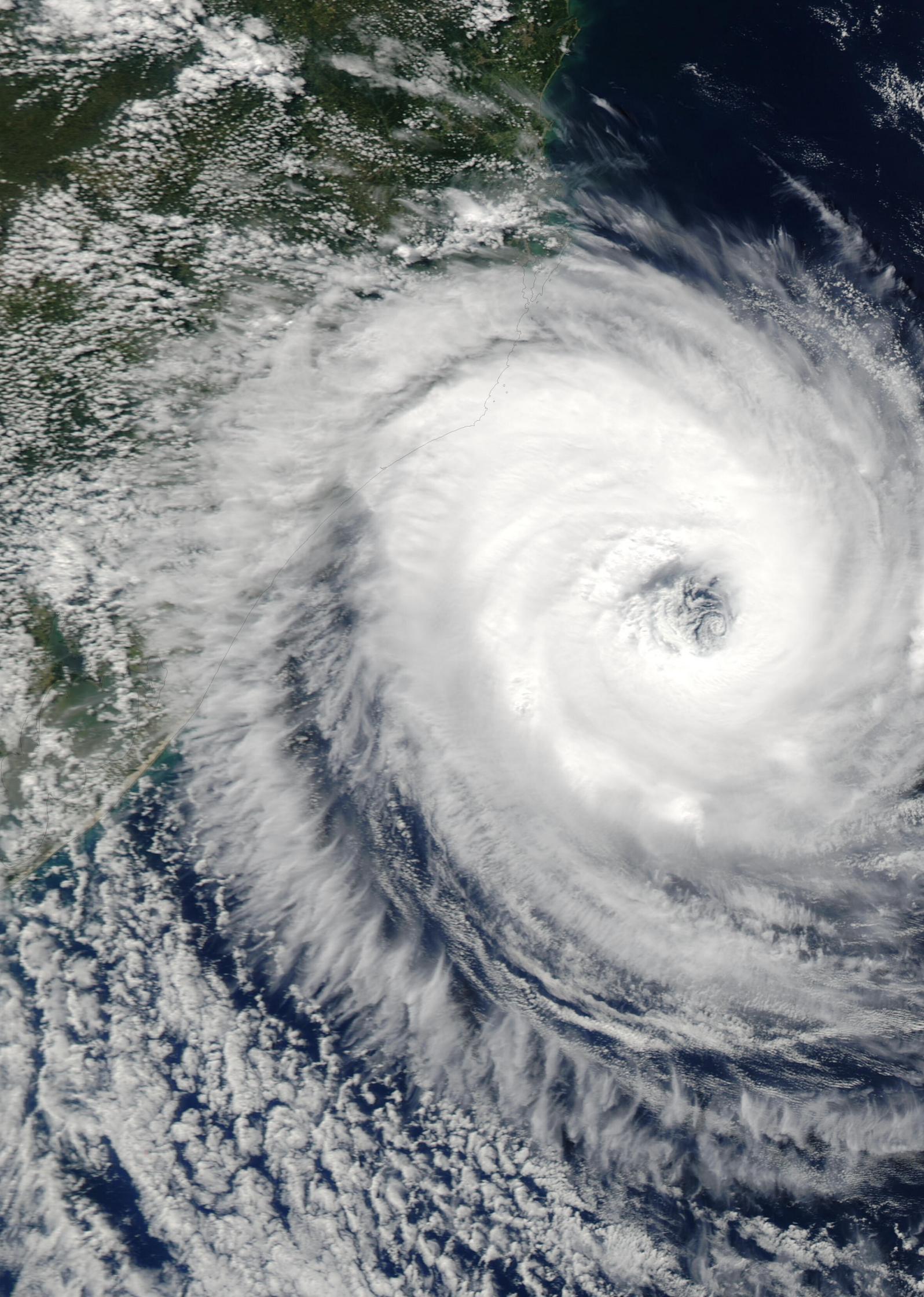
A encargo de:

**Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha**

BMU Bonn:  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn, Alemanha  
T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projeto:

**Ana Carolina Câmara**  
T +55 61 9 99 89 71 71  
T +55 61 2101 2098  
E [ana-carolina.camara@giz.de](mailto:ana-carolina.camara@giz.de)



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	3
1.1 Objetivo .....	3
2. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO 4.....	4
2.1 Método do levantamento e análise de frequência e tendência dos SCMs .....	4
3. PRODUTO 4 .....	9
3.1 – Tendencias dos SCMs em SC .....	9
3.2 – Tendencias dos Tornados ocorridos em SC e RS.....	12
4. CONCLUSÃO .....	19
5. REFERÊNCIAS.....	21

## 1. INTRODUÇÃO

Os SCMs são constituídos por um aglomerado de nuvens convectivas, em dimensões visíveis em uma imagem de satélite, apresentam área com contínua precipitação, que pode ser parcialmente estratiforme e parcialmente convectiva, e possuem formas variadas (Houze, 1993; Machado & Rossow, 1993). Estes sistemas podem ser classificados como: Linhas de Instabilidade (LI), os que possuem forma de linha, (Houze, 1977); Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), os que apresentam um formato circular (Maddox, 1980), ou simplesmente SCM, os de formas irregulares (Houze, 1993).

Os SCMs são originados de sistemas de baixa pressão, com centro no Paraguai, os quais influenciam o tempo em SC, principalmente do Oeste Catarinense ao Planalto Norte, onde há um maior aporte do fluxo de umidade proveniente do norte do País, através do jato de baixos níveis (JBN). Esta junção dos fenômenos forma instabilidades no estado e, conseqüentemente, alguns eventos severos (Silva Dias, 1996, Boletins Meteorológicos Trimestrais EPAGRI/CIRAM)..

Portanto, se torna imprescindível o estudo de eventos atmosféricos associados a sistemas meteorológicos que provocam condições de tempo severo e chuva extrema, para assim aplicar na prevenção e tempo de resposta em eventos que possam trazer danos à população. Por isso, neste Produto 4 será feito o levantamento e análise de frequência e tendência de ocorrência dos SCMs, associados a eventos extremos e causadores de vendaval que danificam as linhas da Eletrosul, e dos casos de tornados desde o início dos registros no estado de Santa Catarina.

## 1.1 Objetivo

Realizar a contagem e análise de frequência e tendência de ocorrência dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) associados a eventos extremos e dos casos de tornados desde o início dos registros no estado de Santa Catarina.

## 2. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO 04

A metodologia aplicada neste produto será dividida em três partes, as duas primeiras correspondem aos eventos de SCM's, já a terceira, aos eventos de tornados. Na primeira e segunda parte, será feita o levantamento de casos, análise de frequência e tendência dos SCMs, utilizando informações do Banco de dados observacionais da estação meteorológica de Chapecó/SC, imagens de satélite, cartas sinóticas e Boletins da EPAGRI/CIRAM. A segunda parte consiste no levantamento e análise de frequência e tendência dos tornados ocorridos em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Todos os resultados são apresentados em forma de tabelas e gráficos.

### 2.1 Método do levantamento e análise de frequência e tendência dos SCMs

Foi feito, primeiramente, um levantamento dos eventos de sistemas de Baixa Pressão entre o Oeste catarinense e Paraguai, caracterizados como SCM, os quais causaram algum impacto significativo em SC e conseqüentemente às LT's da Eletrosul. Inicialmente foi feito o levantamento e análise das informações de SCMs entre 2015 e 2017, disponíveis no Boletim Ambiental Trimestral da EPAGRI/CIRAM ([http://www.ciram.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2472&Itemid=751](http://www.ciram.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2472&Itemid=751)). A opção por este curto período foi pela facilidade em confirmar as informações dos eventos ocorridos, por serem casos recentes. Os eventos encontrados entre 2015 e 2017, em um total

de 9 casos, permitiram obter limiares, como por exemplo de acumulado de precipitação ocorrido durante a atuação de um SCM na região do Oeste de SC. Os limiares críticos de precipitação variaram entre 80mm a 100mm/24h. Estes valores de acumulados dos eventos mais atuais serviram de base para buscar eventos em anos anteriores. Não foram utilizados registros de vento, tendo em vista o curto período das séries históricas de vento disponíveis. Para encontrar casos de SCM em anos anteriores a 2015, foi usado, então, o banco de dados de precipitação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e ANA (Agência Nacional de Águas) das séries históricas do município de Chapecó, no Oeste Catarinense. Foi aplicado um filtro com limite mínimo de 80mm/24h nas séries históricas de Chapecó/SC, e o resultado obtido para as duas instituições é apresentado na Tabela 01.

TABELA 01: Dados de precipitação em 24 horas do município de Chapecó das estações meteorológicas do INMET e ANA.

<b>Data</b>	<b>INMET (mm)</b>	<b>ANA(mm)</b>
<b>02/02/1985</b>	100,00	#####
<b>01/07/1992</b>	135,40	135,40
<b>24/05/1994</b>	107,30	107,30
<b>02/07/1994</b>	141,00	141,00
<b>14/08/1996</b>	106,00	106,00
<b>19/10/1996</b>	113,00	113,00
<b>01/02/1997</b>	91,60	91,60
<b>19/07/1997</b>	84,60	84,60
<b>14/03/1998</b>	90,90	90,90
<b>14/05/1998</b>	92,40	92,40
<b>18/08/1998</b>	83,90	83,90
<b>11/12/1998</b>	85,70	85,70
<b>15/04/1999</b>	82,80	82,80
<b>03/07/1999</b>	130,30	130,30
<b>16/10/1999</b>	105,30	105,30
<b>18/04/2000</b>	98,70	98,70

<b>10/07/2000</b>	113,00	113,00
<b>12/09/2000</b>	87,90	87,90
<b>14/09/2000</b>	80,20	80,20
<b>13/10/2000</b>	107,10	107,10
<b>04/04/2003</b>	90,70	90,70
<b>20/12/2004</b>	80,90	80,90
<b>16/06/2005</b>	80,10	80,10
<b>28/10/2005</b>	87,10	87,10
<b>16/08/2006</b>	87,90	87,90
<b>19/11/2006</b>	81,80	81,80
<b>24/12/2006</b>	89,10	89,10
<b>17/05/2007</b>	104,10	104,10
<b>14/11/2007</b>	85,80	85,80
<b>14/04/2008</b>	99,10	99,10
<b>11/12/2010</b>	85,90	85,90
<b>22/06/2011</b>	115,10	115,10
<b>13/10/2011</b>	117,20	117,20
<b>13/03/2013</b>	87,40	87,40
<b>01/05/2014</b>	138,50	138,50
<b>25/06/2014</b>	83,20	83,20
<b>26/06/2014</b>	104,40	104,40
<b>27/06/2014</b>	135,80	135,80
<b>02/01/2015</b>	80,40	80,40
<b>14/06/2015</b>	140,70	140,70
<b>14/07/2015</b>	137,10	137,10
<b>27/09/2015</b>	118,80	118,80

No entanto, nem todos os eventos de precipitação, mostrados na Tabela 01, corresponderam exclusivamente a eventos de SCM. Em alguns casos, a chuva esteve associada à passagem de frente fria, ou ocorreu simultaneamente caso de frente fria seguido de SCM. Por isso, optou-se pela realização da segunda parte da metodologia. Para cada caso da Tabela 01, foram analisadas imagens de satélite do dia e cartas

sinóticas do CPTEC (Centro de Previsão e Estudos do Clima), para identificação dos sistemas meteorológicos predominantes. Além disso, foram usadas as informações e relatos contidos nos Boletins Diários das condições de tempo disponíveis na EPAGRI/CIRAM, do ano de 1998 até o ano de 2017. Optou-se por não utilizar os campos atmosféricos de reanálises, por apresentarem menores condições de visualização de circulações de mesoescala e locais, como os sistemas de baixa pressão sobre o Paraguai. Os SCMs por serem fenômenos de Mesoescala, necessitariam de um modelo regional para melhor entendimento do mecanismo que rege sua formação. Num modelo de mesoescala contem dados de entrada que descrevem as características geográficas e de clima da região. No entanto os dados de reanálises são de modelos globais nos quais nem sempre conseguem mostrar com clareza a evolução de evento de uma escala menor (STUKER et al, 2016).

Com base em todas essas informações mencionadas, foi possível fazer um levantamento minucioso dos eventos ocorridos, totalizando 46 casos. Na Tabela 02 constam as informações referentes aos casos de SCM's confirmados nos Boletins Diários da EPAGRI/CIRAM, como data, precipitação acumulada em 24 horas, outro sistema atmosférico atuante e eventos associados aos SCM's.

TABELA 02: Levantamento de casos de SCM: dados de precipitação em 24 horas do município de Chapecó e eventos associados em SC.

<b>Data</b>	<b>Precipitação 24h (mm)</b>	<b>Eventos associados</b>
<b>03/02/1998</b>	56,70	
<b>24/02/1998</b>	33,90	
<b>15/04/1998</b>		
<b>04/08/1998</b>		
<b>21/08/1998</b>		

<b>11/10/1998</b>	46,70	
<b>11/12/1998</b>	85,70	
<b>15/04/1999</b>	82,80	CCM
<b>28/04/2000</b>		CCM
<b>17/08/2000</b>	25,50	CCM
<b>11/09/2000</b>	80,00	Frente Fria
<b>27/11/2001</b>	29,00	Chuva entre 50 e 70 no Sul de SC
<b>18/05/2002</b>	38,00	Ponte Serrada 69,7 mm
<b>15/11/2002</b>		Trovoadas
<b>05/12/2002</b>		
<b>21/12/2002</b>	29,40	Salto Veloso 141,2 mm (próx. Joaçada)
<b>01/01/2003</b>	16,50	Joinville 44,5 mm
<b>02/10/2003</b>		CCM no Paraguai
<b>31/10/2004</b>	30,00	Formação de um CCM (temporais pelo Estado)
<b>20/12/2004</b>	80,90	
<b>10/01/2005</b>	16,50	Indaial 108,4 mm (muita chuva LN, PN e Vale do Itajaí)
<b>03/04/2005</b>	76,90	CCM Paraguai associado a um FF em SC, 132 mm em São Miguel do O
<b>16/06/2005</b>	80,10	
<b>18/06/2005</b>	73,40	
<b>04/09/2005</b>	50,70	Granizo em Chapecó
<b>02/10/2006</b>	29,60	
<b>31/10/2006</b>		
<b>19/11/2006</b>	81,80	

<b>03/12/2006</b>		Frente Fria associada a
<b>04/01/2007</b>	11,70	Baixa do Chaco Baixa do Chaco (21,4 mm em Rio Negrinho)
<b>02/05/2007</b>	39,90	
<b>02/11/2007</b>	66,70	
<b>22/06/2011</b>	115,10	
<b>13/10/2011</b>	117,20	
<b>25/06/2014</b>	83,20	
<b>26/06/2014</b>	104,40	
<b>27/06/2014</b>	135,80	
<b>02/01/2015</b>	80,40	
<b>11/07/2015</b>	34,50	
<b>27/09/2015</b>	118,80	
<b>01/10/2015</b>	27,40	
<b>10/11/2015</b>	23,70	CCM (ventos de 70 a 90 km/h)
<b>27/11/2015</b>	50,70	CCM (ventos de 70 a 90 km/h)
<b>15/08/2016</b>	18,70	CCM
<b>17/10/2016</b>	22,00	Microexplosão
<b>27/08/2017</b>		

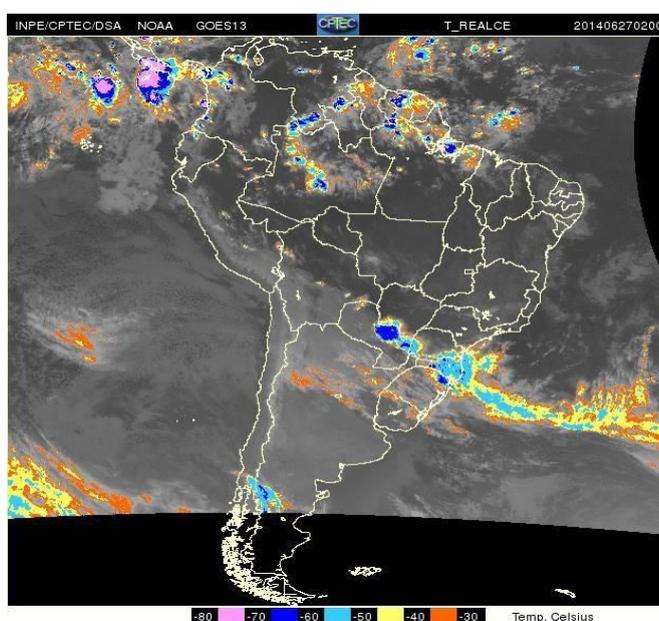
### 3. PRODUTO 04

#### 3.1 Tendências dos SCMs em SC

O gráfico 01 referente ao levantamento feito na tabela 02 mostra os casos ocorridos entre 1998 e 2017, num total de 47 eventos (cículos sem preenchimentos) de atuação da Baixa do Chaco (Baixa do Paraguai) e sua relação com o Fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul). Um exemplo

de atuação da Baixa do Paraguai que formou um SCM foi no dia 27/06/2014. Este sistema favoreceu a formação de núcleos de instabilidades em boa parte do estado com descargas elétricas mais concentradas no Extremo Oeste e Oeste do Estado, como mostra a imagem de satélite desse dia (Figura 1) ocorrendo chuva forte, na qual causou alagamentos e inúmeros transtornos à população, chegando a acumulados de chuva de 135 mm em 24 horas.

FIGURA 1: SCM ocorrido em 27/06/2014.



Fonte: Divisão de Satélites e Sistemas ambientais, INPE, <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>>

Em relação ao fenômeno ENOS, a figura 2 mostra as ocorrências de SCM's em Santa Catarina. Em anos de El Niño (símbolos vermelhos) um total de 21 eventos. Em anos de La Niña (símbolos azuis) foram registrados 14 casos e na fase neutra (símbolos cinzas) um total de 12 ocorrências.

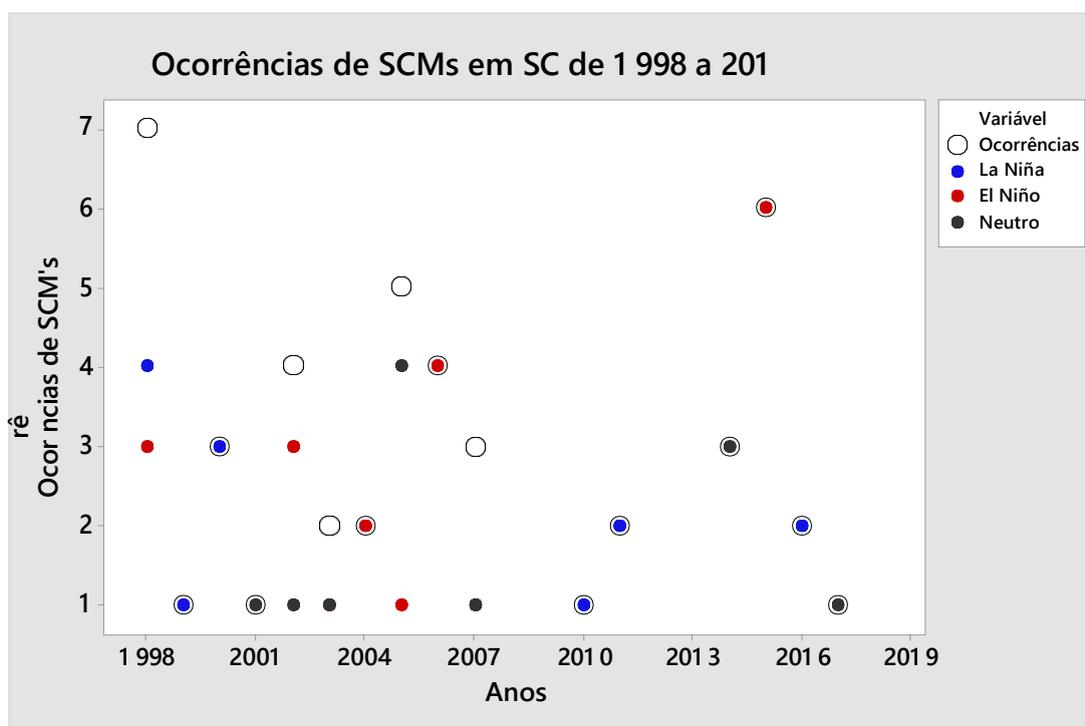
Com uso da estatística, foi possível saber o grau de tendência crescente ou decrescente nas ocorrências de SCM's em SC, por meio do teste de Mann Kendall e da correlação de Pearson. A análise de tendência do teste de Mann-Kendall é realizada observando-se o valor de Z. Se

considera a tendência significativa quando  $Z > 1,96$ , o que equivale ao valor de  $p < 0,05$  (nível de significância de 5%). No entanto, segundo SANTOS 2016, caso  $Z > 0$ , a tendência é positiva. Por sua vez, se  $Z < 0$ , revela uma tendência negativa. Por fim, caso o valor de  $Z = 0$ , não há existência de tendência.

Já a correlação de Pearson  $r$  mostra a relação linear entre as variáveis (Intensidade e direção) e seu  $p$ -valor mostra se, a correlação entre as variáveis é significativa, isto é, compara o valor de  $p$  com o seu nível de significância. Em relação a intensidade o coeficiente de correlação pode variar em termos de valor de  $-1$  a  $+1$ . A direção é indicada pelo sinal de cada coeficiente. Se ambas as variáveis tendem a aumentar ou diminuir em conjunto, o coeficiente é positivo, e a linha que representa a correlação inclina para cima. Se uma variável tende a aumentar à medida que as outras diminuem, o coeficiente é negativo, e a linha que representa a correlação inclina para baixo.

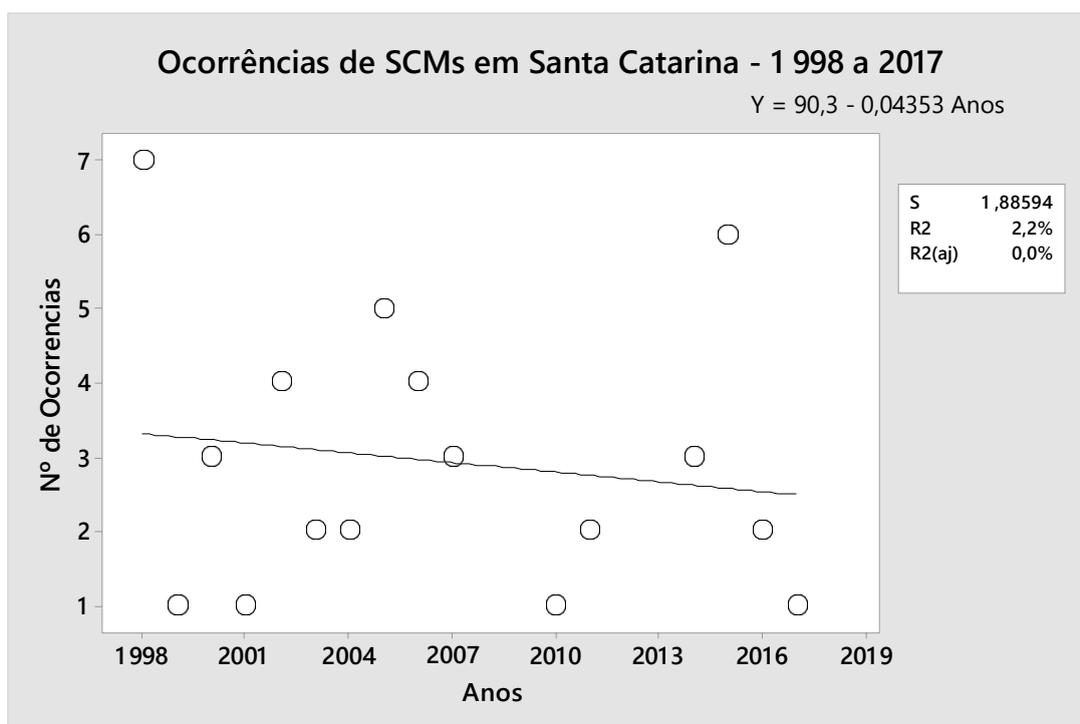
Em relação a  $p$ -valor, o mesmo indica um nível de significância (denotado como  $\alpha$  ou alfa) de  $0,05$ , ou seja indica se o coeficiente de correlação é significativamente diferente de  $0$  (um coeficiente de  $0$  indica que não existe uma relação linear). Valor de  $p \leq \alpha$ : a correlação é estatisticamente significativa. E valor de  $p > \alpha$ : a correlação não é estatisticamente significativa. Aplicando o teste de Mann Kendall para as ocorrências de SCM's em SC, encontrou-se  $z = -0,41$  mostra-se que não há uma tendência significativa e positiva nos eventos. Analisando o  $p$  valor =  $0,66$  e sendo que  $p$  valor  $> 0,05$  (5% de significância), não há evidências suficientes para determinar que exista uma tendência ascendente nas ocorrências. Já a correlação de Pearson com valor de  $-0,15$  e  $p$ -valor =  $0,58$  mostra que a relação entre anos e números de ocorrências é negativa e seu  $p$ -valor mostra que a relação entre as variáveis não tem tendência significativa.

FIGURA 2: SCM's ocorridos em Santa Catarina de 1998 e 2017



Ainda referente aos SCMs ocorridos entre 1998 e 2017, a figura 3 mostra a tendência nos 19 anos levantados. Percebe-se que se manteve uma média de 3 ocorrências por ano, sendo que os anos 1998 e 2015 tiveram maior registro de ocorrências, comparado aos outros anos. Tanto 1998 como 2015 foram anos de El Niño intenso, com fortes anomalias de aquecimento das águas no Pacífico Tropical. Em 1998, a atuação do El Niño ocorreu nos meses de verão e outono, enquanto em 2015 foi no período de inverno e primavera. Em fases de El Niño, observa-se uma maior atuação do jato de baixos níveis (JBN), o que contribui para o desenvolvimento de SCMs na região do Paraguai.

FIGURA 3: Ocorrência de SCMs em SC de 1998 a 2017



### 3.2 Tendências dos Tornados ocorridos em SC e RS

Com base no levantamento de tornados realizado no produto 02 (MMA e GIZ, 2018), a partir de diversas fontes. Tomando como base os casos elencados pelos setores energético e portuário, foram também levantados registros em boletins meteorológicos da EPAGRI/CIRAM e CPTEC/INPE, material disponível em jornais/mídia de Santa Catarina, Boletim Climanálise, estudos de casos em artigos científicos, etc. A tabela 03, mostra os casos de tornados numa amostra de 40 anos, 1976 a 2016 em SC.

TABELA 3: Ocorrências de Tornados em Santa Catarina

Município	Data	Evento Principa l	Anos de ENOS	Sist. AtmosféricoAt ua nte	Eventos Secundári os	Estação do Ano	Região de SC
Guarujá do Sul	08.08.1976	T	El Niño	Áreas de Inst. associados a FF		Inverno	Oeste
Bom Jardim da Serra	28.01.1977	T	El Niño	Áreas de Inst. associados a FF		Verão	P.Serrano
Maravilha	09.10.1984	T	La Niña	Áreas de Inst. associados a FF		Primaver a	Oeste
São Joaquim	13.05.1987	T	El Niño	Áreas de Inst. Associados a FF		Outono	P Serrano

Xanxerê	07.07.1987	T	El Niño	Áreas de Inst. associados a FF		Inverno	Oeste
Meleiro	27.02.1996	T	La Niña	CCM		Verão	Sul
Abelardo Luz	07.02.1998	T	El Niño	FF		Verão	Oeste
Abdon Batista	07.02.1998	T	El Niño	CCM associado a FF		Verão	P.Serrano
Joinville	07.02.1999	T	La Niña	CCM		Verão	Norte
Forquilha	24.11.1999	T	La Niña	CE profundo		Primavera	Sul
Piçarras	04.01.2002	T	Neutro			Verão	Vale Itajaí
Taió	10.02.2002	T	Neutro			Verão	Vale Itajaí
Witmarsum	21.11.2002	T	El Niño			Primavera	Vale Itajaí
Painel	19.02.2003	T	El Niño	NC associados a FF		Verão	P. Serrano
Campo Erê	22.12.2003	T	Neutro	Áreas de Inst. associados a FF no RS		Verão	Oeste
Itajaí	11.01.2004	T	Neutro			Verão	Vale Itajaí
Xanxerê	17.01.2004	T	Neutro			Verão	Oeste
Criciúma	03.01.2005	T	El Niño			Verão	Sul
Criciúma	03.01.2005	T	El Niño			Verão	Sul
São Joaquim	29.12.2005	T	La Niña			Verão	Sul
Florianópolis	02.01.2006	T	La Niña			Verão	G.Fpólis
Passo de Torres	16.01.2006	T	La Niña	LI associada a FF		Verão	Sul
Criciúma	25.01.2006	T	La Niña	FE e áreas instabilidade		Verão	Sul
Florianópolis	23.03.2006	T	La Niña			Outono	G.Fpólis
Lebom Régis	17.11.2006	T	El Niño	Núcleos convectivos		Primavera	P. Serrano
Lebom Régis	10.12.2006	T	El Niño	Núcleos convectivos		Primavera	P. Serrano
Campos Novos	22.07.2007	T	Neutro	Áreas de instabilidade	Granizo e chuva forte	Inverno	P.Serrano
Lebom Régis	29.10.2007	T	La Niña			Primavera	P.Serrano
Chapecó	14.11.2007	T	La Niña			Primavera	Oeste
Içara	25.12.2007	T	La Niña	Áreas de instabilidade		Verão	Sul
Papanduva	01.02.2008	T	La Niña			Verão	Norte
Tubarão	16.02.2008	T	La Niña			Verão	Sul

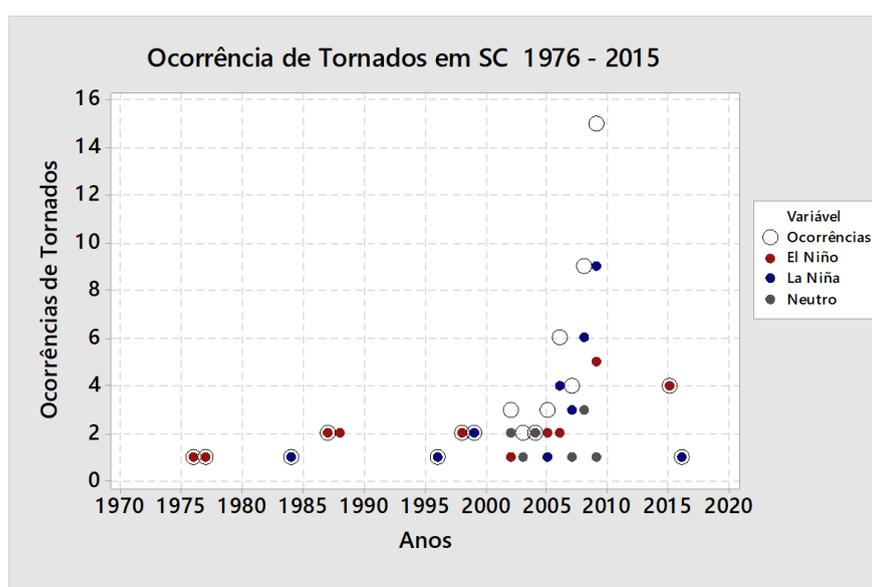
Correia Pinto	20.06.2008	T	La Niña	Célula Convectiva – Radar Simepar		Outono	P. Serrano
Zortéa	12.08.2008	T	Neutro	Sistema Frontal	Granizo	Inverno	P. Serrano
Cerro Negro	12.08.2008	T	Neutro	Frente Fria	Granizo	Inverno	P. Serrano
Papanduva	18.08.2008	T	Neutro			Inverno	Norte
Abelardo Luz	24.10.2008	T	La Niña			Primavera	Oeste
Canoinhas	26.10.2008	T	La Niña			Primavera	Norte
Urupema	31.12.2008	T	La Niña			Verão	P. Serrano
Urussanga	11.01.2009	T	La Niña	Cavado associado a FF/BP		Verão	Sul
Sombrio	31.01.2009	T	La Niña	VCAN e		Verão	Sul
Capivari de Baixo	01.03.2009	T	La Niña	JBN intenso e formação de BP		Verão	Sul
Turvo	08.03.2009	T	La Niña			Verão	Sul
Ituporanga	08.03.2009	T	La Niña			Verão	Vale Itajaí
Otacílio Costa	08.03.2009	T	La Niña			Verão	P. serrano
Criciúma	08.03.2009	T	La Niña		Chuva forte e Granizo	Verão	Sul
Ponte Alta	08.03.2009	T	La Niña			Verão	P. Serrano
Bocaina do Sul	08.03.2009	T	La Niña			Verão	P. serrano
Faxinal dos Guedes	13.05.2009	T	Neutro	Inst. Pré-frontal, FF no RS		Outono	Oeste
Guaraciaba	07.09.2009	T	El Niño	JST e BP		Inverno	Oeste
Salto Veloso	08.09.2009	T	El Niño			Inverno	Oeste
Santa Cecília	08.09.2009	T	El Niño			Inverno	P. serrano
Fraiburgo	27.09.2009	T	El Niño			Primavera	P. Serrano
Araranguá	28.09.2009	T	El Niño	JBN intenso e BP	Granizo	Primavera	Sul
Campos Novos	14.10.2009	T	El Niño		Granizo, queda de 3 Torres	Primavera	P. Serrano
Passos Maia	20.04.2015	T	El Niño	BP, JBN e FF no RS		Outono	Oeste
Ponte Serrada	20.04.2015	T	El Niño	BP, JBN e FF no RS		Outono	Oeste
Xanxerê	20.04.2015		El Niño	JBN e FF no RS		Outono	Oeste
Treze Ilhas	19.11.2015	T	El Niño				Norte
Rodeio	27.12.2016	T	La Niña	FF		Verão	Vale do Itajaí

SIGLAS: T=Tornado, BP = Baixa Pressão, LI= Linha de Instabilidade, JBN = Jato de Baixos Níveis, JAN = Jato de Altos Níveis, FF = Frente Fria, VCAN = Vórtice Cíclico de Altos Níveis, CCM = Complexo Convectivo de Mesoescala, CE = Ciclone Extratropical, NC = Núcleos Convectivos, FE = Frente Estacionária., ENOS = El Niño Oscilação Sul

A figura 4 mostra o número de ocorrências de tornados em SC, em cada ano desde 1976 a 2016 e sua relação ao fenômeno de El Niño, La Niña e neutralidade. E a base usada para contagem dos tornados foi por meio de levantamento anteriores como na climatologia de ESTIVALLET et al. (2009) e de MARCELINO (2004) e nos Boletins Meteorológicos da EPAGRI/CIRAM. O levantamento de ocorrência de tornados resultou em 61 casos num período de 40 anos. Percebe-se, no decorrer dos anos, um aumento na ocorrência, ou ainda um aumento nos registros. O aumento na ocorrência pode estar associado ao avanço da urbanização em áreas rurais, ao aumento de registros, em decorrência do avanço tecnológico nos meios de comunicação e a utilização de instrumentação meteorológica mais moderna, como radares meteorológicos (SILVA DIAS, 2011).

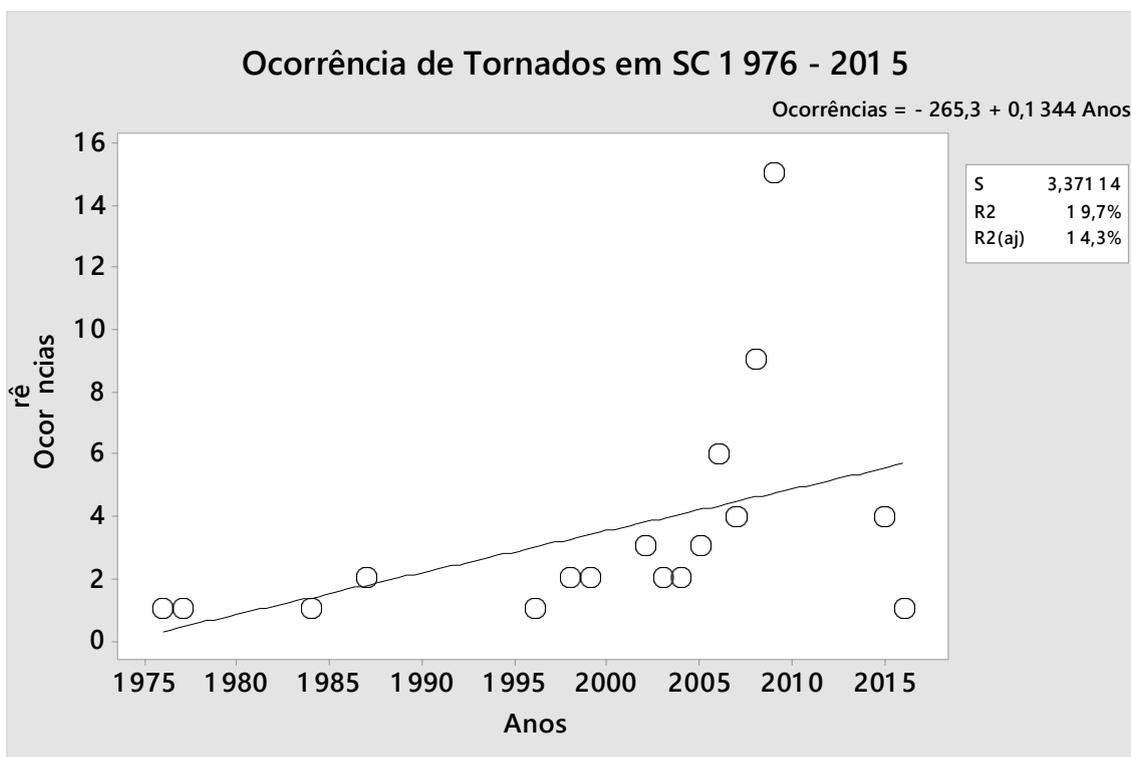
Em relação ao fenômeno ENOS, a figura 4 mostra que a frequência nas ocorrências tornádicas se registrou em maior número em anos de La Niña, um total de 28 eventos (símbolos azuis). Em anos de El Niño foram registrados 23 casos (símbolos vermelhos), já o fenômeno ENOS em sua fase neutra foi a que menos se constatou números de ocorrências tornádicas em SC, totalizando 10 ocorrências (símbolos cinzas).

FIGURA 4: Tornados ocorridos em SC entre 1976 e 2015



Ainda sobre os tornados ocorridos em SC foi possível, usando a estatística, saber o grau de tendência crescente ou decrescente por meio do teste de Mann Kendall e da correlação de Pearson. Aplicando o teste de Mann Kendall para as ocorrências de tornados em SC, encontrou-se  $z = 3,19$ , mostra-se que existe uma tendência significativa e positiva nos eventos. Analisando o  $p$  valor = 0,0007 e sendo que  $p$  valor  $> 0.05$  (5% de significância), há evidências suficientes para determinar que existe uma tendência ascendente nas ocorrências. Já a correlação de Pearson com valor de 0,44 e  $p$ -valor = 0,07, mostra que a relação entre os anos de ocorrência com os eventos de tornados é positiva fraca e sem tendência significativa. A Figura 5 mostra uma tendência de aumento das ocorrências ao longo dos anos.

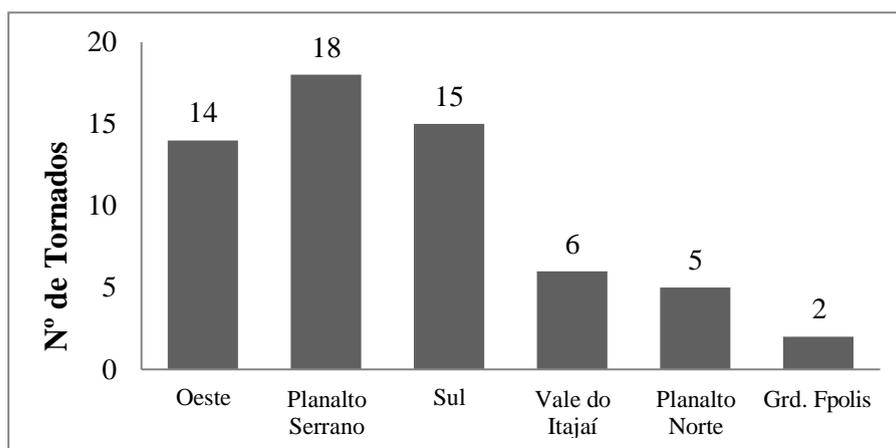
FIGURA 5: Ocorrências de Tornados em SC de 1976 até 2015



Sobre as ocorrências de tornados nas regiões de SC, a figura 6 mostra que o Planalto Serrano e Região Sul foram as que mais se registraram tornados, 18 e 15 eventos respectivamente. No entanto, analisando

para as regiões onde se localizam as LT's da Eletrosul – Biguaçu/Blumenau e Itá/Salto Santiago - tem-se um total de 22 ocorrências, considerando os eventos mostrados na figura 4 da região Oeste (Itá/Salto Santiago), Grande Florianópolis (Biguaçu) e Vale do Itajaí (Blumenau).

**FIGURA 6: Ocorrências de Tornados em SC, por regiões do Estado.**



Já a Figura 7 mostra os registros de tornados ocorridos no RS, no período entre 2001 a 2014 e sua relação ao fenômeno de El Niño, La Niña e neutralidade. O levantamento resultou em 63 casos ocorridos em um período de 14 anos. Sendo que na neutralidade resultou em 31 eventos, em anos de La Niña 23 ocorrências e em El Niño 9 eventos. Percebe-se que teve um decaimento na ocorrência ao longo dos anos. Para analisar a tendência dos eventos de tornados no RS, foi aplicado o teste de Mann Kendall, encontrou-se  $z = -0,0620970$ , mostra-se que existe uma tendência negativa nos eventos. Analisando o p valor = 0,524757 e sendo que p valor  $>0.05$  (5% de significância), não há evidências suficientes para determinar que existe uma tendência ascendente nas ocorrências. Já a correlação de Pearson com valor de  $-0,007$  e p-valor  $=0,982$ , mostra que a relação entre os anos de ocorrência com os eventos de tornados no RS é negativa, isto é, no passar dos anos os eventos tem tendência de diminuir e ainda seu p-valor diz que há evidências inconclusivas sobre a significância da associação entre as variáveis.

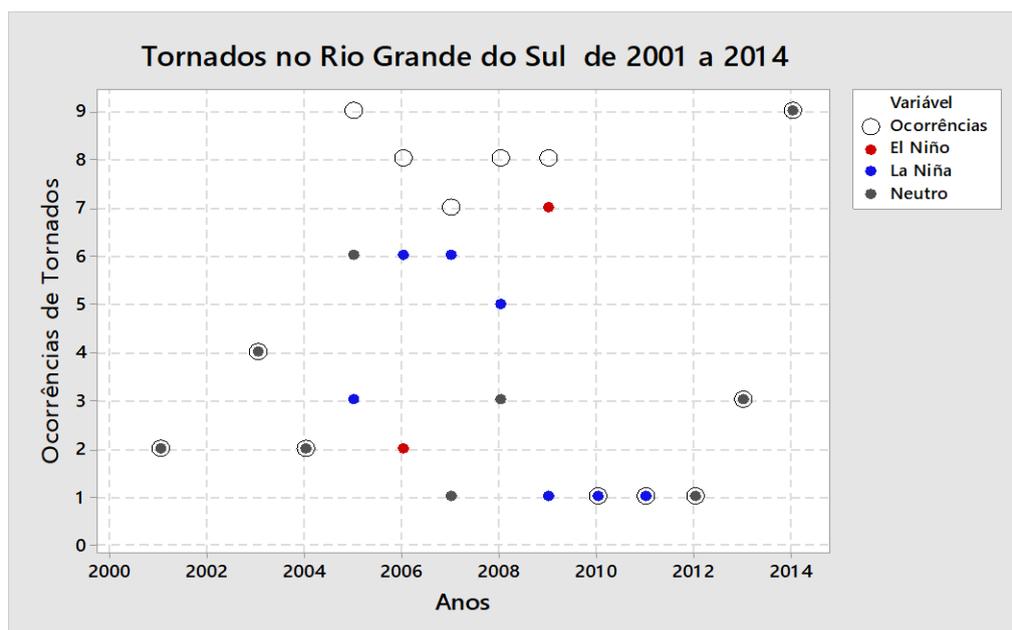
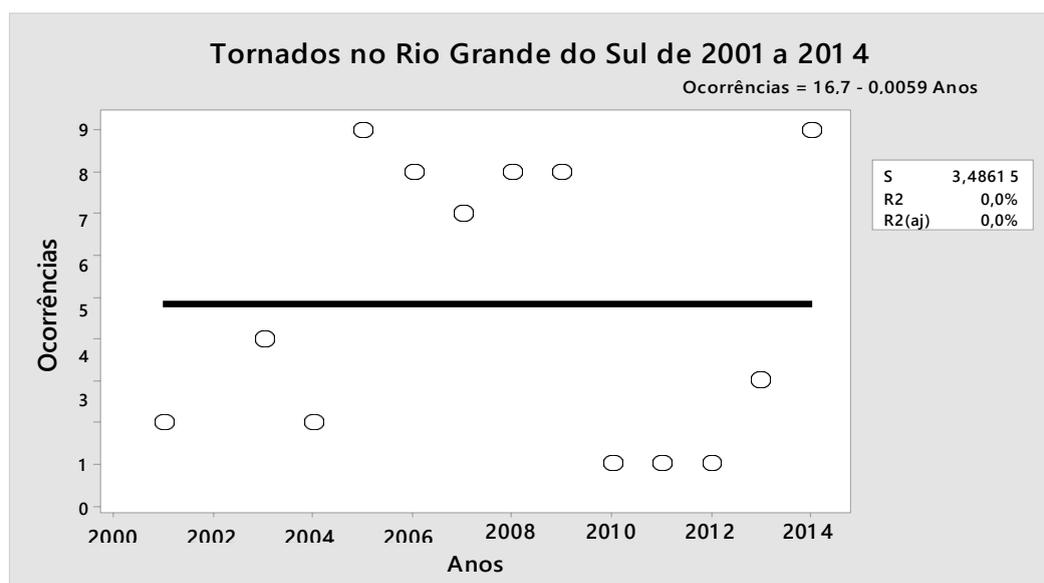


FIGURA 7: Tornados ocorridos em RS entre 2001 e 2014

Sobre a tendência nas ocorrências de Tornados entre 2001 e 2014 no RS, o gráfico abaixo, Figura 8 mostra a tendência nos 19 anos levantados. Percebe-se que se manteve uma média de aproximadamente 5 ocorrências por ano, sendo que os anos 2005 e 2014 tiveram maior registro de ocorrências, comparado aos outros anos. Em 2014 os 9 eventos ocorreram quando o oceano e a atmosfera estavam em neutralidade, ou seja não havia nem aquecimento nem resfriamento das águas no Pacífico Tropical.

FIGURA 8: Ocorrências de Tornados no RS de 2001 a 2014.



#### 4. CONCLUSÃO

Os SCMs são sistemas meteorológicos que se desenvolvem no Paraguai causando chuva extrema no oeste do RS e de SC. Algumas vezes esses eventos vêm acompanhados da ocorrência de tornados ou microexplosões, com temporais, ventos fortes e granizo. Para identificar os SCMs que atingiram SC entre 1998 e 2017, foram usados dados de precipitação com totais diários acima de 80mm/24h, imagens de satélite, cartas sinóticas e Boletins da Epagri/Ciram. Um total de 46 casos de SCMs foi identificado atingindo SC. Em uma análise preliminar, verificou-se que esses sistemas atingem com chuva intensa principalmente o oeste e norte de SC, com uma trajetória de deslocamento do Paraguai em direção ao Paraná.

Analisando a tendência de ocorrência de SCM em SC, manteve-se uma média de 3 ocorrências por ano. Os anos 1998 e 2015, de El Niño intenso, apresentaram maior registro de ocorrências. No entanto se conclui que estatisticamente não existe uma tendência no aumento das ocorrências em relação aos anos levantados.

Quanto às ocorrências de tornados, em SC verificou-se um aumento, analisando casos de 1976 a 2015, provavelmente pela maior facilidade de registro fotográfico dos eventos. No RS, foram 63 casos em poucos anos, entre 2001 e 2014, com uma tendência de decaimento no período.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANABOR, V. Sistemas Convectivos de Mesoescala no Sul da América do Sul: Propagação em Série Contra o Escoamento em Baixos Níveis. **TESE DE DOUTORADO. Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, RS, Brasil, 2008.

Climate Prediction Center, **Cold & Warm Episodes by Season**.  
Acessado em 26/02/2019,

<[https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)>

HOUZE Jr, R. A. **Mesoscale convective systems**. In: HOUZE Jr, R. A. (ed.) *Cloud Dynamics*. Academic Press, Inc., v. 53, p. 334-404, 1993

INSSE, A. C. W.; CÁSSIO, A. G.; SANTHIÉLY, L. S. CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL E A OCORRÊNCIA DE TORNADOS E TROMBAS D'ÁGUA NO RIO GRANDE DO SUL, NO PERÍODO DE 2001 A 2014. **XII SBCG**, Goiânia, 2016.

MACHADO L. A. T. E W. B. ROSSOW. Structural characteristics and radiative properties of Tropical Cloud Clusters. *Monthly Weather Review*, 121, 3234-3260, 1993.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 61, 1374-1387, 1980.

MMA e GIZ. Relatório produto 2: revisão bibliográfica, com foco na Região Sul, referente aos eventos meteorológicos causadores de danos e prejuízos às linhas de transmissão da Eletrosul (LT's) e ao Porto de Itajaí. **Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI)**. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2018.

SANTOS, V. O. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE TENDÊNCIAS DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UBERABA, **EM MINAS GERAIS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia/MG, 2016.

SILVA DIAS, M.A.F. Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo à Curto Prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Vol.2, 1987, p.133-150.

SILVA DIAS, M.A.F. Complexos Convectivos de Mesoescala sobre a Região

Sul do Brasil. **Climanálise**, 1,12, 1996.

SILVA DIAS, M. A. F. An Increase in the Number of Tornado Reports in Brazil.

**American Meteorological Society**, p. 209–217, 2011.

STUKER, E.; SCHUSTER, C. H.; SCHUTER .J. J. ; SANTOS D.C.; MEDEIROS, L.

E. ;COSTA, F.D. ; DEMARCO, G. ; PUHALES, F. S. Comparação entre os dados de vento das reanálises meteorológicas ERA-Interim e CFSR com os dados das estações automáticas do INMET no Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura v.38 Ed. Especial- IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia 2016**, p. 284– 290.