

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

Eventos Meteorológicos Causadores de Danos e Prejuízos às Linhas de
transmissão da Eletrosul (LT's) e ao Porto de Itajaí - Produto 2/5

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
www.giz.de/brasil

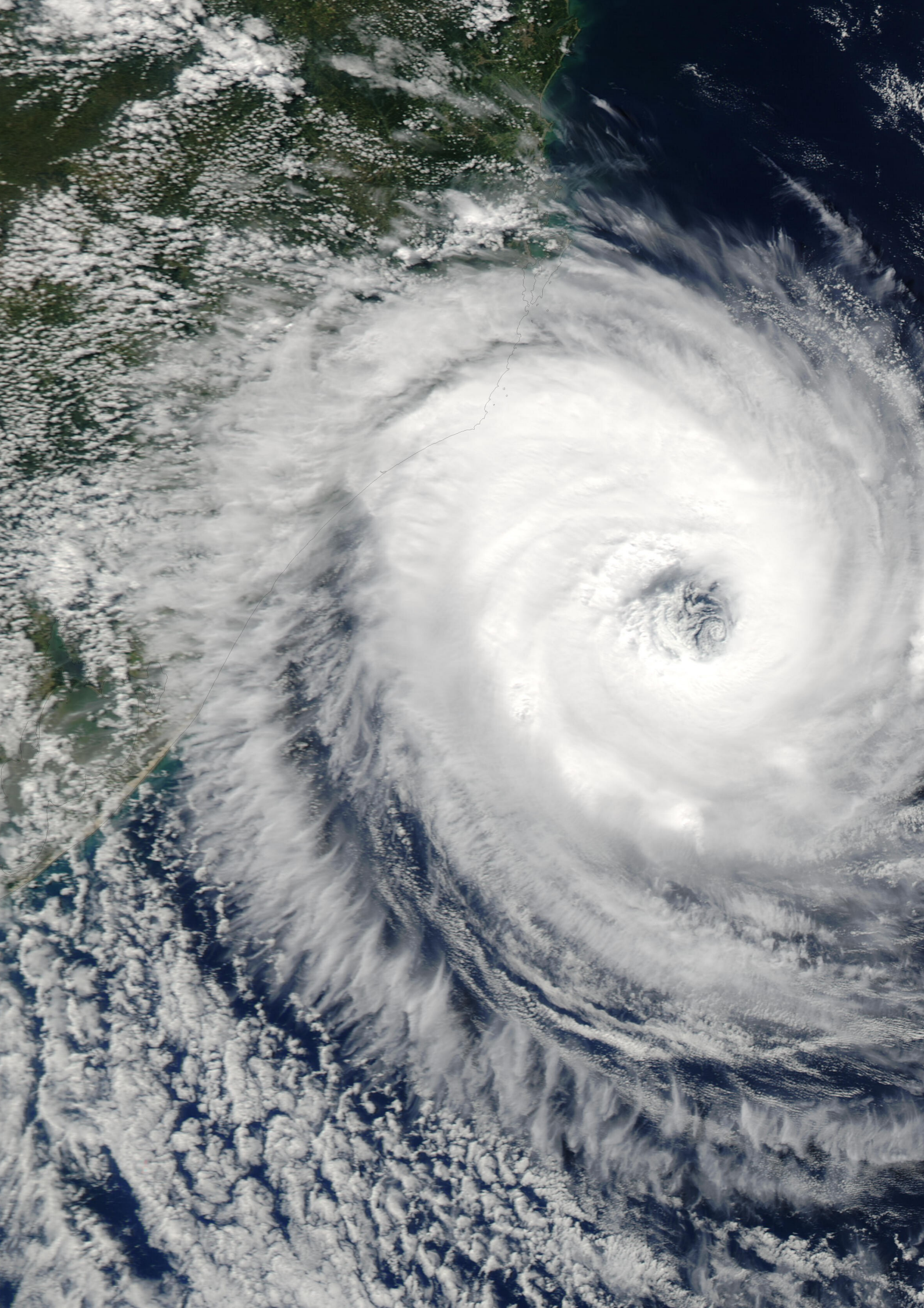
A encargo de:

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



Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	Objetivo	4
1.2	Justificativa.....	4
2.	DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO 02	5
3.	PRODUTO 2.....	6
3.1	Parte 1 - Revisão Bibliográfica.....	6
3.1.1	Tempestades Tornádicas	6
3.1.2	Frentes Frias (FFs)	10
3.1.3	Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)	12
3.1.4	Circulação Marítima em SC	13
3.1.5	Parte 2 - Levantamento dos Casos.....	14
3.1.6	Ocorrências de Tornados nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul..	15
3.1.7	Ocorrências de Tempestades com Vento forte	18
3.1.8	Temporais e Chuvas intensas em SC	21
3.1.9	Chuvas Intensas no Vale do Itajaí e Litoral de SC	24
4.	CONCLUSÃO.....	27
5.	REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, mais precisamente a região Sul está classificado como segunda zona do globo mais propícia a tempestades severas (NASCIMENTO, 2005). Santa Catarina (SC), em função de sua localização geográfica e sua orografia, se caracteriza pela relevante incidência de diversos eventos atmosféricos, como: enchentes, vendavais, precipitação de granizo, ressaca, estiagens entre outros. O encontro das massas de ar tropical e extratropical influencia o clima da região, favorecendo a ocorrências de tempestades severas como; tornados, microexplosões e outros fenômenos com alto poder destrutivo.

Diante disso, a influência de diferentes tipos de eventos atmosféricos para diversos setores tais como agricultura, geração de energia, transportes, zonas costeiras e, principalmente para a sociedade em geral, define um comportamento do tempo capaz de alterar significativamente o cotidiano da população. Portanto, torna-se imprescindível o estudo das variáveis meteorológicas e eventos atmosféricos para assim aplicar na prevenção e tempo de resposta em um evento que possa trazer danos à população .

Como exemplo de um estudo relevante, cita-se avaliar a variabilidade do vento visando este conhecimento na elaboração, execução e implementação em projetos de diferentes áreas, tais como a de geração de energia elétrica eólica e também na distribuição/transmissão de energia, haja visto que a ocorrência de fortes ventos afeta diretamente o setor elétrico em seus mais diversos aspectos.

Carvalho, (2015), apresenta um histórico de acidentes provocados por fortes ventos em Linhas de Transmissão (LT's), no estado de Minas Gerais. Entre os danos causados mais importantes, estão as quedas de torres de transmissão, que ocasiona a interrupção de distribuição de energia. Tendo em consideração esta influência, BUENO et al. (2011), salienta que estudos de probabilidade de ocorrência de rajadas de vento, assim como suas direções predominantes revelam-se de apreciável utilidade tanto para a concepção como para a operação do sistema elétrico.

Devido seus grandes impactos em SC a precipitação também, é uma variável meteorológica que deve ser entendida tanto espacial quanto temporalmente. Um modelo conceitual e um sistema eficaz de monitoramento da precipitação, em conjunto com o aprimoramento do conhecimento dos fenômenos que causam chuva, traria uma forma de amenizar e mitigar os efeitos destes eventos as infraestruturas.

Tendo em vista a importância de estudos sobre eventos meteorológicos com alto potencial de causar danos e prejuízos às infraestruturas como às linhas de transmissão da Eletrosul e ao Porto de Itajaí, dentre outras utilidades, este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento climatológico dos eventos meteorológicos na região Sul do Brasil. Além, da geração de banco de dados de acordo com as necessidades do CPTEC/INPE e dos setores de infraestrutura já mencionados. Estes estudos tem uma oportunidade quase que única no país, considerando a atual estrutura do estado de SC com relação a cobertura total por Radares Meteorológicos. A união da Pesquisa, Desenvolvimento e Operação na área Meteorológica de SC favorece o estado na prevenção de eventos extremos.

1.1 Objetivo

Elaborar uma 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.

1.2 Justificativa

O clima catarinense se caracteriza pela atuação de diversos sistemas meteorológicos, tais como: Sistemas Frontais, Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), Baixa do Chaco (BC), Ciclones Extratropicais (CE), entre outros. Estes sistemas causam eventos atmosféricos distintos que trazem danos e prejuízos às infraestruturas. As LT's são afetadas principalmente pela ocorrência de temporais com intensas rajadas de vento que podem ocorrer em qualquer região do estado catarinense e ainda pelas altas temperaturas aliadas mesmo a ventos fracos ou em situação de calmaria.

Já o Porto de Itajaí, Litoral Norte de SC, sofre diretamente com o regime de precipitação no Estado, registrando ocorrências de enxurrada rápida (*Flash Flood*) ou precipitação acumulada de 24 horas que pode causar alagamentos e/ou deslizamentos em certas regiões, principalmente no Vale do Itajaí eblitoral, como as enchentes históricas, de 1982-83, de 1995 (Florianópolis) e novembro de 2008.

2. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO 02

O Produto 2 consiste numa revisão bibliográfica para os sistemas e fenômenos meteorológicos que influenciam as LT's da Eletrosul e o Porto de Itajaí, além de um levantamento dos casos ocorridos. A revisão será para os seguintes sistemas e fenômenos meteorológicos que influenciam SC:

- Para as LT's, estudos para o Sul do Brasil relacionados à ocorrência de tempo severo, tempestades e tornados, uso de Índices de Instabilidade para previsão de tempestades, sistemas frontais/padrão sinótico associados a tempo severo em SC e sistemas convectivos de mesoescala (SCMs).
- Para o Porto de Itajaí, estudos de eventos de chuva intensa na região do Litoral Norte de SC e Vale do Itajaí, episódios de enchentes históricas na região, sistemas atmosféricos/padrão sinótico associados a esses eventos (sistemas frontais, vórtices ciclônicos e outros), episódios ENOS (El Niño Oscilação Sul) que causaram chuva intensa em SC.
- Baseado na revisão bibliográfica será relatado de cada fenômeno ou sistema atmosférico as condições meteorológicas favoráveis para sua formação; a região ou as regiões mais propícias para ocorrência; estação do ano de maior atuação; impactos causados às infraestruturas citadas; limiares para determinadas variáveis atmosféricas definidos em estudos como favoráveis para ocorrências dos eventos analisados.

O **Levantamento dos casos** será feito a partir de diversas fontes. Tomando como base os casos elencados pelos setores de energia e portuário, serão também levantados os registros em boletins meteorológicos da EPAGRI/CIRAM e CPTEC/INPE, material disponível em jornais/mídia de Santa Catarina, Boletim Climanalise, estudos de casos em artigos científicos, etc. Será dividido em duas categorias; casos de tempestade que influenciam as LT's da Eletrosul, e casos de chuvas intensas, no Litoral Norte e Vale do Itajaí, referentes ao Porto. Os casos serão expostos em tabela, identificando o tipo de evento, data de ocorrência, regiões atingidas e respectivo impacto, conforme informações disponíveis; temporais, vendavais, alagamentos, inundações, deslizamentos, entre outros.

3. PRODUTO 2

3.1 Parte 1 - Revisão Bibliográfica

3.1.1 Tempestades Tornádicas

Na América do Sul (AS), a região compreendida entre leste do Paraguai, sudoeste do Brasil e nordeste da Argentina foi identificada como uma zona que mais se registrou tempestades severas e tornados. DYER (1986) foi um dos primeiros pesquisadores na identificação desta zona. NASCIMENTO; DOSWELL III (2006) observaram que na região Sul do Brasil e da América do Sul, existe uma área de convecção profunda severa identificando áreas de maior ocorrência de tempo severo e de tornados.

A situação sinótica similar que descreve a formação de tornados existentes no EUA e na região Sul do Brasil foi encontrada por NASCIMENTO (2005). Nos EUA, o Jato de Baixos Níveis (JBN) transporta a umidade vinda do Golfo do México, impulsionado pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte (ASAN), as montanhas Rochosas fornecem um intenso cisalhamento do vento e movimento vertical e ainda a incursão da Corrente de Jato de latitudes médias, juntos formam a instabilidade convectiva suficiente para formação de tornados.

Na região Sul do Brasil, o JBN transporta ar úmido e quente da região Amazônica sobre o Estado e o escoamento em altos níveis pelo JBN influenciado pelo Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul (ASAS), esta junção de fatores favorece a formação de tempo severo no sul do Brasil. É importante destacar que os episódios de tornados geralmente são acompanhados de precipitações intensas, chuvas de granizo, ventos fortes, por também se originarem em áreas de intensa atividade convectiva. Em SC, tempestades severas e tornados podem ocorrer em todas as regiões. Além de situar-se numa área de convecção profunda, a sua localização geográfica, sua orografia e a atuação das massas de ar tropical e extratropical na região constitui uma região favorável à formação e intensificação de tempo severo. (FOSS, M. 2011).

As regiões de SC com maiores possibilidade de ocorrência de eventos extremos são as regiões Norte e Oeste e por diferentes motivos; no Norte, os fenômenos estão associados aos elevados índices de umidade pela proximidade com o oceano e a Serra do Mar, favorecendo a formação de nuvens convectivas profundas a barlavento. Já no Oeste, as ocorrências são associadas às passagens dos sistemas frontais, e a formação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que são áreas de instabilidade que se formam sobre o Paraguai e deslocam-se sobre o estado (MARCELINO, 2004).

Com o objetivo de compor uma amostra que definisse uma climatologia para tornados em Santa Catarina, MARCELINO (2004) fez um levantamento de 1976 a 2000, em arquivos da DEDC-SC, em jornais de SC e concluiu 23 ocorrências tornádicas, entre trombas d'água e tornados, em um período de 25 anos. Dos quais 15 foram confirmados e 8 como possíveis ocorrências do fenômeno, com a ressalva de que o número de tornados ocorridos no estado na época levantada poderia ser ainda maior. Outro resultado significativo da amostra levantada, descobriu-se que os meses de maiores ocorrências em Santa Catarina foram janeiro e novembro, sendo que a primavera concentrou 40% dos casos e o verão 35%. Com relação à classificação dos tornados, as intensidades variaram entre F0 e F3, segundo a Escala Fujita. A Tabela 1, mostra uma comparação entre a Escala Fujita e a escala Fujita Aprimorada e a

diferença em termos de velocidade do vento na nova classificação.

Tabela 1: Escala Fujita e Escala Fujita

Aprimorada. ESCALA FUJITA		ESCALA FUJITA		
Escala	Velocidade do vento (km/h)	Escala	Velocidade do vento (km/h)	Danos esperados
F0	65 - 116	EF0	105- 137	Leve
F1	117 - 180	EF1	138 - 177	Moderado
F2	181 - 253	EF2	179 – 217	Consideráveis
F3	254 - 334	EF3	218 - 265	Severos
F4	335 - 418	EF4	266 - 322	Devastadores
F5	419 - 512	EF5	Acima de 323	Incríveis

Fonte: Adaptada de FUJITA (1981), disponível em: <<http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/ef-scale.html>>.

Como resultado das análises, Marcelino (2004) encontrou 4 grupos com circulações atmosféricas distintas, em escala sinótica, que desencadearam os tornados no Estado de Santa Catarina. . As ocorrências estudadas foram divididas em 4 grupos. O Grupo 1 foi composto por episódios de tornados associados a difluência do escoamento zonal em altos níveis e formado pelos tornados ocorridos nos municípios de São Joaquim, Guarujá do Sul e Maravilha, nas estações do outono, inverno e primavera.

Em baixos níveis, foi marcado pela presença do JBN modulado pelo ASAS sobre o Oceano Atlântico. Os episódios do Grupo 2 estavam associados a sistema frontal, sendo composto por episódios de trombas d'água e tornados, sendo a maioria destes ocorridos no verão. Os eventos de trombas d'água, foram observadas no litoral dos municípios de Itapoá (1997 e 2000), São Francisco do Sul e Florianópolis, já os tornados ocorreram nos municípios de Bom Jardim da Serra e Xanxerê. Ressalta-se que os episódios desse grupo não foram originados por sistemas frontais e sim por áreas de instabilidades associadas aos sistemas frontais sobre o oceano, geralmente em estágio de dissipação.

O Grupo 3 composto por episódios de tornados que ocorreram na estação do verão, formados por CCMs – tais fenômenos se mostraram com suas características típicas, ocorreram no período da madrugada, com a presença do JBN e do Jato Subtropical. Já, o Grupo 4 é formado somente por um

episódio que ocorreu na primavera e foi relacionado com a presença de um ciclone extratropical profundo – estes ciclones são formados pela combinação do processo baroclínico somado a outros mecanismos (Roebber, 1984), se caracterizam pela rápida redução da pressão central e aumento na sua intensificação que, segundo Lim e Simmonds (2002), dificultam o prognóstico e podem causar sérias ameaças à vida humana e a propriedade em áreas próximas à costa ou de navegação. Com base nas análises, foi observado a atuação do JBN com muita regularidade e, na maioria das vezes, com elevadas intensidades. Para os episódios que ocorreram no verão à presença da Alta da Bolívia foi constante, apresentando-se muitas vezes dividida em dois centros.

ESTIVALLET et al (2009), realizaram uma climatologia de tornados no período de 1976 a 2009, baseando-se na climatologia feita anteriormente por MARCELINO (2004). Além disso, fizeram uso de dados de pesquisas científicas, dados do EPAGRI/CIRAM 2009, jornais, jornais online, arquivos pessoais, informes da DEDC- SC e de Instituições de Meteorologia. O estudo mostrou que ocorreram 77 tornados ao longo de 33 anos.

No período de verão, concentraram-se 61% das ocorrências, na primavera 16%, no outono 9% e no inverno 12%. Das climatologias feitas para o estado SC até o presente, conclui-se que sazonalmente, os tornados de SC têm uma maior ocorrência na primavera e verão. OLIVEIRA (2015), analisou sinóticamente a tempestade que formou o tornado em Xanxerê/ SC no dia 20 de Abril de 2015. Seu estudo mostrou que na região Sul, atuava em altos níveis o JAN que influenciou o escoamento sobre grande parte da região devido a sua extensão zonal.

Em baixos níveis, nos dois dias de estudo atuava um JBN III, segundo os critérios de referência de WHITEMAN; BIAN; ZHONG, 1997 adaptado de BONNER (1988). Ainda com relação a análise sinótica os campos de PNMM e vento em 10 metros mostraram que uma frente fria se encontrava entre o Paraguai e o Rio Grande do Sul no dia do evento tornádico. A presença deste sistema sugere que a atuação da frente fria teve um papel importante na preparação do

ambiente sinótico, servindo de combustível para formação da instabilidade sobre a região sul.

3.1.2 Frentes Frias (FFs)

Na América do Sul (AS), a região centro-sul do continente, foi identificada como altamente frontogenética (favorável à formação e intensificação de frentes). As FFs que percorrem o litoral sul-americano atingem, em geral, latitudes em torno de 20°S, onde tem início seu processo de dissipação, conhecido como frontólise e o máximo da frequência frontal ocorre no sul da Argentina no verão, em torno de 45°S.

Kousky (1979) analisou a ocorrência de frentes frias que atingiram o Nordeste do Brasil num período de 10 anos (1961 a 1970), tendo identificado uma maior frequência de passagem desses sistemas estações de inverno e primavera. Justi da Silva e Silva Dias (2002) determinaram uma climatologia de frentes frias na AS com base em pontos de grade, delimitados pelas latitudes entre 10° e 60°S e pelas longitudes entre 30° e 90°W, com dados de reanálise do NCEP no período de 1981 a 1999. O resultado mostrou maior frequência de sistemas frontais no litoral que no continente em torno da latitude de 35°S. Foi mostrado também que a região entre 15° e 40°S sobre o continente é altamente frontogenética.

Para o litoral de SC, uma climatologia da frequência de frentes frias feita por Rodrigues et al. (2004) mostrou que em 10 anos, foi possível identificar 429 sistemas com uma média mensal de 3 a 4 casos em todos os meses do ano. A frequência da passagem das FFs no período estudado foi ligeiramente maior de sistemas na primavera, com um número médio de 12,6 frentes frias, já nas outras estações a média é de 10 frentes frias. Os autores também concluíram que os meses de primavera, além de uma maior frequência de frentes, também apresentam uma menor variabilidade no número de frentes que, quando comparado com os outros meses do ano.

Como resultado de sua pesquisa, Andrade (2007) mostrou que há uma diminuição da ocorrência de sistemas frontais da Argentina em direção a latitudes mais baixas. Os critérios utilizados no estudo foram; a queda de temperatura em 925 hPa, o aumento da pressão ao nível médio do mar e a mudança da componente meridional do vento em 925 hPa de um dia para o outro. Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, a primavera é a estação de maior ocorrência de frentes frias. A autora também notou que no verão os sistemas não conseguem penetrar no interior, com tanta frequência, sendo esta estação a que apresenta menor número de sistemas frontais em todas as áreas estudadas.

Cavalcanti e Kousky (2009) analisaram a passagem de FFs de 1979 a 2005, usando como parâmetros a presença de ventos de sul com pelo menos 2 m/s, queda na temperatura de no mínimo 2°C e aumento da pressão ao nível médio do mar de pelo menos 2 hPa. Como resultado obtiveram um número médio anual de 45 passagens de frentes frias na costa leste do extremo sul da América do Sul e 30 passagens de frentes na costa leste da região sudeste do Brasil. Além do que, as maiores ocorrências de frentes durante todo ano, estão entre as latitudes entre 25°S e 30°S, e à medida que as latitudes diminuem, a frequência desses sistemas também diminui.

Outra climatologia foi feita das FFs, no período entre 1991 a 2008, desenvolvido por Jesus et al, 2016. Estudou-se a frequência das FFs e a contribuição desses sistemas com o regime de precipitação sazonal na região da bacia do Prata. Os autores usaram os modelos climáticos REMO e RegCM com foco na região sul do Brasil.

Foram utilizados dados da reanálise ERA-Interim, que foram posteriormente comparadas com os de uma estação meteorológica em Rio Grande (RS). A identificação das FFs considerou como critérios o giro da componente meridional do vento de norte para sul, o decréscimo da temperatura de 1 dia antes a 1 dia depois da passagem da frente. Foram encontradas, respectivamente as médias de 55,3, 53,1 e 51,8 de FFs por ano para os dados observados na estação de Rio Grande, no modelo REMO e no modelo RegCM4, (Jesus et al, 2016).

3.1.3 Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)

3.1.3.1 Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs)

Os SCM são constituídos por um aglomerado de nuvens convectivas e apresentam área com contínua precipitação que pode ser parcialmente estratiforme e parcialmente convectiva, e são sistemas que possuem formas variadas (Houze, 1993; Machado & Rossow, 1993). Estes sistemas podem se 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 CCMs são definidos como o conjunto de nuvens cumulonimbus (Cb) cobertos por uma espessa camada de cirrus (Ci), sua identificação, se faz por meio de observação de imagens de satélite devido seu formato aproximadamente circular e seu rápido desenvolvimento vertical que permite classificá-lo (MADDOX,1980). Na América do Sul (AS), os CCMs costumam ser um pouco mais duradouros, entre 10 e 20h e se desenvolvem um pouco mais tarde, sendo maiores e mais frequentes do que nos EUA (VELASCO e FRITSCH, 1987; DURKEE e MOTE, 2009). E estão diretamente associados a eventos com precipitação intensa e fortes rajadas de vento e tornados (Silva Dias, 1996).

As regiões preferenciais de ocorrência dos CCM são o norte da Argentina, o Paraguai e a região Sul do Brasil, no período de primavera e de verão. Sua trajetória se inicia a leste dos Andes e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai, partindo para atingir região Sul do Brasil, o Uruguai e a Argentina. Sua formação ocorre durante a noite, com um ciclo de vida entre 10 e 20h, sendo que as primeiras células que antecedem a classificação do evento como CCM podem aparecer já no início da tarde. Sua máxima extensão acontece durante a madrugada e a dissipação por volta das 12h (meio-dia) do dia seguinte (VELASCO e FRITSCH, 1987; SILVA DIAS, 1987).

Apesar dos CCM atuarem na mesoescala, eles são fortemente influenciados por sistemas da escala sinótica (BROWNING, 1986), tais como JBN, JANs, Alta da Bolívia, Baixa do Chaco ou ainda pela aproximação de frentes frias. Dos sistemas citados, os JBN, são os que mais influenciam na formação de CCM. A cordilheira dos Andes, pela sua topografia, bloqueia a passagem da umidade do Atlântico e da Amazônia para o Pacífico Equatorial, resultando no desenvolvimento de um jato fixo de norte. Esse fluxo é alimentado pela Alta Subtropical do Atlântico Sul e, ao defletir para o sul, forma os JBN, que atuam a cerca de 850 hPa.

3.1.4 Circulação Marítima em SC

O relevo de Santa Catarina contribui, fundamentalmente, na distribuição diferenciada da precipitação em distintas áreas do estado. Naquelas mais próximas às encostas de montanhas, as precipitações são mais abundantes, pois a elevação do ar úmido e quente favorece a formação de nuvens cumuliformes, resultando no aumento do volume de precipitação local. Neste sentido, são observados índices maiores de precipitação nos municípios próximos à encosta da Serra Geral, quando comparados aos da zona costeira. Como exemplo, as diferenças pluviométricas na porção sul do estado: a faixa litorânea entre Laguna e Araranguá apresenta, em alguns meses, uma percentagem inferior, em torno de 50%, em relação aos municípios próximos à escarpa da serra. Efeito parecido é verificado no Oeste e Meio-Oeste, onde a quantidade precipitada nas áreas próximas ao vale do Rio Uruguai é bem inferior às áreas mais ao norte, próximas às encostas das Serras do Capanema, da Fortuna e do Chapecó, onde ocorrem os maiores índices pluviométricos do Estado.

Santa Catarina, já registrou muitos desastres naturais, alguns deles ligados a circulação Marítima (Lestadas). Segundo HAAS (2002) a grande enchente de Tubarão em março de 1974, a enchente de dezembro de 1995 e a enchente de 2008 no litoral norte e Baixo Vale do Itajaí foram causados pelas chuvas com ventos do quadrante leste. O efeito da circulação marítima favorece o transporte de umidade do mar para o continente, como mostra a figura 01, o que resulta na formação de nuvens baixas e médias nas regiões litorâneas,

algumas vezes com chuva associada e sem descarga elétrica. Esta condição de tempo pode variar de algumas horas até uma semana, mas dura em média de 2 a 3 dias, com intensidade de chuva variando entre fraca a forte, dependendo das condições da circulação marítima e de outros sistemas atmosféricos também atuantes. No entanto os episódios de chuvas mais intensas ocorrem quando se verifica uma circulação de ventos de leste por um período de 3 a 4 dias consecutivos.

FIGURA 01: Circulação de ventos de leste, na costa de SC, atuação do ASAS.



Fonte: Epagri CIRAM (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/>)

HAAS (2012), afirmou que as chuvas de leste são geralmente, muito fortes e caracterizam-se pela presença de nuvens quentes e rasas, de longa duração e moduladas pelo relevo e/ou circulação local.

RODRIGUES (2011) analisou casos de chuva acumulada com mais de 200mm em 3 dias consecutivo para a grande Florianópolis/SC, entre 1979 e 2010, e verificou a atuação de um fluxo de leste na costa, confirmando a configuração de Lestada associado ao anticiclone do Atlântico e algumas vezes acompanhado de um Vórtice Ciclônico de altos Níveis (VCAN).

3.1.5 Parte 2 - Levantamento dos Casos

Os casos serão apresentados expostos em tabelas, com identificação de de local de ocorrência, do tipo de evento, do sistema atmosférico atuante, da data de ocorrência, das regiões atingidas e do respectivo impacto (quando

possível), que foram consolidadas a partir das informações disponíveis para os seguintes eventos; temporais, vendavais, alagamentos, inundações, deslizamentos, etc.

3.1.6 Ocorrências de Tornados nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul

A Tabela 2, mostra os tornados ocorridos no período entre 1976 a 2015, no estado de Santa Catarina, levantamento baseado na climatologia de ESTIVALLET et al (2009) e de MARCELINO (2004) e nos Boletins Meteorológicos da EPAGRI/CIRAM. O levantamento de ocorrências de tornados resultou em 60 casos ocorridos em 39 anos.

TABELA 2: Ocorrências de Tornados em Santa Catarina

Município	Data	Evento Principal	Sist. Atmosférico Atuante	Eventos Secundários	Estação do Ano	Região de SC
Guarujá do Sul	08.08.1976	T	Áreas de Inst. associados a FF		Inverno	Oeste
Bom Jardim da Serra	28.01.1977	T	Áreas de Inst. associados a FF		Verão	P.Serrano
Maravilha	09.10.1984	T	Áreas de Inst. associados a FF		Primavera	Oeste
São Joaquim	13.05.1987	T	Áreas de Inst. Associados a FF		Outono	P Serrano
Xanxerê	07.07.1987	T	Áreas de Inst. associados a FF		Inverno	Oeste
Meleiro	27.02.1996	T	CCM		Verão	Sul
Abelardo Luz	07.02.1998	T	FF		Verão	Oeste
Abdon Batista	07.02.1998	T	CCM associado a FF		Verão	P.Serrano
Joinville	07.02.1999	T	CCM		Verão	Norte
Forquilha	24.11.1999	T	CE profundo		Primavera	Sul
Piçarras	04.01.2002	T			Verão	Vale Itajaí
Taió	10.02.2002	T			Verão	Vale Itajaí
Witmarsum	21.11.2002	T			Primavera	Vale Itajaí
Painel	19.02.2003	T	NC associados a FF		Verão	P. Serrano
Campo Erê	22.12.2003	T	Áreas de Inst. associados a FF no RS		Verão	Oeste
Itajaí	11.01.2004	T			Verão	Vale Itajaí
Xanxerê	17.01.2004	T			Verão	Oeste
Criciúma	03.01.2005	T			Verão	Sul
Criciúma	03.01.2005	T			Verão	Sul
São Joaquim	29.12.2005	T			Verão	Sul
Florianópolis	02.01.2006	T			Verão	G.Fpólis

Passo de Torres	16.01.2006	T	LI associada a FF		Verão	Sul
Criciúma	25.01.2006	T	FE e áreas Instabilidade		Verão	Sul
Florianópolis	23.03.2006	T			Outono	G.Fópolis
Lebom Régis	17.11.2006	T	Núcleos convectivos		Primavera	P. Serrano
Lebom Régis	10.12.2006	T	Núcleos convectivos		Primavera	P. Serrano
Campos Novos	22.07.2007	T	Áreas de Instabilidade	Granizo e chuva forte	Inverno	P.Serrano
Lebom Régis	29.10.2007	T			Primavera	P.Serrano
Chapecó	14.11.2007	T			Primavera	Oeste
Içara	25.12.2007	T	Áreas de Instabilidade		Verão	Sul
Papanduva	01.02.2008	T			Verão	Norte
Tubarão	16.02.2008	T			Verão	Sul
Correia Pinto	20.06.2008	T	Célula Convectiva – Radar Simepar		Outono	P.Serrano
Zortéa	12.08.2008	T	Sistema Frontal	Granizo	Inverno	P. Serrano
Cerro Negro	12.08.2008	T	Frente Fria	Granizo	Inverno	P.Serrano
Papanduva	18.08.2008	T			Inverno	Norte
Abelardo Luz	24.10.2008	T			Primavera	Oeste
Canoinhas	26.10.2008	T			Primavera	Norte
Urupema	31.12.2008	T			Verão	P. Serrano
Urussanga	11.01.2009	T	Cavado associado a FF/BP		Verão	Sul
Sombrio	31.01.2009	T	VCAN e		Verão	Sul
Capivari de Baixo	01.03.2009	T	JBN intenso e formação de BP		Verão	Sul
Turvo	08.03.2009	T			Verão	Sul
Itaporanga	08.03.2009	T			Verão	Vale Itajaí
Otacílio costa	08.03.2009	T			Verão	P. serrano
Criciúma	08.03.2009	T		Chuva forte e Granizo	Verão	Sul
Ponte Alta	08.03.2009	T			Verão	P. Serrano
Bocaina do Sul	08.03.2009	T			Verão	P. serrano
Faxinal dos Guedes	13.05.2009	T	Inst. Pré-frontal , FF no RS		Outono	Oeste
Guaraciaba	07.09.2009	T	JST e BP		Inverno	Oeste
Salto Veloso	08.09.2009	T			Inverno	Oeste
Santa Cecília	08.09.2009	T			Inverno	P.serrano
Fraiburgo	27.09.2009	T			Primavera	P.Serrano
Araranguá	28.09.2009	T	JBN intenso e BP	Granizo	Primavera	Sul
Campos Novos	14.10.2009	T		Granizo, queda de 3 Torres	Primavera	P.Serrano
Passos Maia	20.04.2015	T	BP, JBN e FF no RS		Outono	Oeste
Ponte Serrada	20.04.2015	T	BP, JBN e FF no RS		Outono	Oeste
Xanxerê	20.04.2015		JBN e FF no RS		Outono	Oeste
Treze Tílias	19.11.2015	T				Norte

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 Ciclônico de Altos Níveis, CCM = Complexo Convectivo de Mesoescala, CE = Ciclone Extratropical, NC = Núcleos Convectivos, FE = Frente Estacionária.

A Tabela 3, mostra os registros de tornados ocorridos no Rio Grande do Sul o no período de 2001 a 2014. INSSE et al, (2016), analisaram as condições da circulação atmosférica regional, que favorecem as ocorrências de Tornados no Rio Grande do Sul fazendo um resgate histórico dos eventos de tornados que ocorreram no estado. A análise foi feita por meio de cartas sinóticas e imagens de satélite para a coleta de dados sobre sistemas atmosféricos atuantes. A autora construiu gráficos de sazonalidade e participação dos sistemas atmosféricos e por fim mapeou os municípios com maiores incidências dos eventos de Tornados. O levantamento resultou em 63 casos ocorridos num período de 14 anos.

TABELA 3 : Tornados no Rio Grande do Sul de 2001 a 2014.

Data	Evento	Minicípio
20/07/2001	Tornado	Viamão
20/07/2001	Tornado	Vacaria
08/07/2003	Tornado	Santa Maria
08/07/2003	Tornado	São Francisco Paula
12/11/2003	Tornado	Electra
11/12/2003	Tornado	Antonio Prado
11/01/2004	Tornado	Porto Alegre
11/01/2004	Tornado	Palmeiras do Sul
17/05/2005	Tornado	Engenho Velho
20/05/2005	Tornado	São Francisco De Paula
20/05/2005	Tornado	Santa Barbara do Sul
20/06/2005	Tornado	Crissiumal
29/08/2005	Tornado	Muitos Capões
10/09/2005	Tornado	Coxilha Cerva Velha
14/10/2005	Tornado	Ivoti
04/11/2005	Tornado	Viamão
16/12/2005	Tornado	Santa Barbara do Sul
01/01/2006	Tornado	Erebango
01/01/2006	Tornado	Getúlio Vargas
24/02/2006	Tornado	Porto Alegre
24/02/2006	Tornado	Mostardas
24/02/2006	Tornado	São Simão
02/03/2006	Tornado	Porto Alegre
18/12/2006	Tornado	Carlos Barbosa
20/12/2006	Tornado	Capão da Canoa
18/03/2007	Tornado	Capão da Canoa
29/09/2007	Tornado	Ronda Alta
20/10/2007	Tornado	Ronda Alta
28/10/2007	Tornado	Três de Maio
28/10/2007	Tornado	Vacaria

01/11/2007	Tornado	Três de Maio
14/11/2007	Tornado	Boa Vista do Buricá
05/01/2008	Tornado	Maquiné
05/09/2008	Tornado	Coxilha Velha
10/09/2008	Tornado	Pareci Novo
11/09/2008	Tornado	Mato Leitão
06/11/2008	Tornado	São Gabriel
08/11/2008	Tornado	Quintão
08/11/2008	Tornado	Rio Pardinho
25/12/2008	Tornado	Santa Vitoria do Palmar
27/03/2009	Tornado	Rio Grande
01/08/2009	Tornado	São João da Urtiga
22/09/2009	Tornado	Tupanci do Sul
14/10/2009	Tornado	Pontão
14/10/2009	Tornado	Espumoso
24/11/2009	Tornado	Três de Maio
03/12/2009	Tornado	Venâncio Aires
20/12/2009	Tornado	Charqueadas
22/07/2010	Tornado	Gramado
14/12/2011	Tornado	Capivari
28/7/2012	Tornado	Sta. Barbara do Sul
17/01/2013	Tornado	Encr. do sul/Pantano Grande
4/4/2013	Tornado	Redentora
03/05/2013	Tornado	Canguçu
1/2/2014	Tornado	Taim
8/2/2014	Tornado	São Francisco de Paula
24/02/2014	Tornado	Nova Petrópolis
16/03/2014	Tornado	São Gabriel
08/04/2014	Tornado	Vale do Taquari
12/04/2014	Tornado	Erebango/Tapejara
03/07/2014	Tornado	Ibarama
04/07/2014	Tornado	Rosário do Sul
20/09/2014	Tornado	Pedro Osório/Capão Do Leão

Fonte: INSSE et al, 2016

3.1.7 Ocorrências de Tempestades com Vento forte

No sul do Brasil, estudos mostram ventos predominantes de nordeste (NE) e leste (E) (Monteiro & Silva, 2003). A atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul posicionada entre o litoral sul e sudeste do Brasil, faz com que os ventos na região Sul mantenham-se com esta predominância. No entanto, há uma variação na direção dos ventos do quadrante norte ao sul, quando há a atuação de sistemas transientes, como a passagem de frentes frias que cruzam a região (OLIVEIRA, 1986), com características sazonais bem definidas.

Em Santa Catarina a influência do vento foi estudada por vários autores (SILVEIRA et al., 2014; MONTEIRO et al., 2011; CARDOSO et al., 2014; TRUCCOLO, 2011), os quais reforçam o predomínio de ventos de direção nordeste e leste sobre o estado. O relevo do estado catarinense influencia no fluxo de vento, com ênfase na região do Vale do Itajaí, que contribui para a formação de brisa vale-montanha, como sugere Truccolo (2011). No Rio Grande do Sul os ventos são definidos, principalmente pela sua localização geográfica. Este estado está posicionado na zona subtropical de alta pressão e conforme estudos de MORENO (1961), os ventos são de direção leste durante o ano, devido a influência da circulação dos sistemas de alta e baixa pressão.

A atuação de dois fenômenos, segundo o (ATLAS EÓLICO DO RIO GRANDE DO SUL, 2014), influenciam na direção dos ventos no RS. Sendo a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que resulta em ventos de leste-nordeste sobre o estado, e , a Baixa do Chaco – depressão barométrica do nordeste da Argentina – a atuação deste fenômenos juntos geram um gradiente de pressão que mantém a predominância de ventos leste-nordeste sobre o RS, com velocidades médias anuais de 19,8 km/h a 23,4 km/h.

A tabela 4, apresenta as informações referentes as principais ocorrências de tempestades, o impacto destes eventos nas infraestruturas de Linhas de Transmissão (LT's) da Eletrosul, município onde se localiza a infraestrutura o Local, data de ocorrência, nome das LT's, a estação do ano e causa provável. O levantamento permitiu identificarem 17 casos, em 20/07/2001, no RS, ocorreram fortes tempestades, tendo resultado na formação de dois tornados, um no município de Viamão e outro em Vacaria (INSSE et al, 2016 – Tabela 3).

TABELA 4: Eventos de Tempestades que impactaram as LT's da Eletrosul

Infraestrutura	Linha de Transmissão (LT's)	Município - Estado	Impacto	Causa provável	Data	Estação do Ano
Torres de Linhas de Transmissão	Campos Novos - Areia	Campos Novos/SC	Queda de 13 Torres 525 kV, Parte metálica afetada, fundações afetadas	Temporal com ventos fortes	18/09/1998	Inverno

Torres de Linhas de Transmissão	Farroupilha - Passo fundo	Casca/RS	Queda de 1 Torre 230 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	20/07/2001	Inverno
Torres de Linhas de Transmissão	Areia - Ivaiporã	Pinhão/PR	Queda de 3 Torres 525 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	30/09/2001	Primavera
Torres de Linhas de Transmissão	Campos Novos - Caxias	Lagoa Vermelha/RS	Queda de 1 Torre 525 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	08/12/2003	Primavera
Torres de Linhas de Transmissão	Cascavel do Oeste - Guaíba	Toledo/PR	Queda de 4 Torres 525 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	12/05/2004	Outono
Torres de Linhas de Transmissão	Campos Novos - Caxias	Muitos Capões/RS	Queda de 2 Torres 525 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	29/08/2005	Inverno
Torres de Linhas de Transmissão	Areia - Ivaiporã	Gurapuava/PR	Queda de 2 Torres 525 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	08/09/2009	Inverno
Torres de Linhas de Transmissão	Campos Novos - Nova Santa Rita	Capão Bonito do Sul/RS	Queda de 1 Torre 525 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	02/12/2009	Primavera
Torres de Linhas de Transmissão	Areia - Segredo	Reserva do Iguaçu/PR	Queda de 1 Torre 525 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	12/12/2010	Primavera
Torres de Linhas de Transmissão	Curitiba - Joinville Norte	Guraratuba/PR	Queda de 1 Torre 230 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	01/05/2014	Outono
Torres de Linhas de Transmissão	Areia - Bateias	Mallet/PR	Queda de 1 Torre 525 kV, Parte metálica afetada.	Alto índice de chuvas levando à instabilidade do solo e desmoronamento da estrutura	07/06/2014	Outono
Torres de Linhas de Transmissão	Areia - São Mateus do Sul	Pinhão/PR	Queda de 1 Torre 230 kV, Parte metálica afetada.	Temporal com ventos fortes	08/06/2014	Outono
Torres de Linhas de Transmissão	Itá - Salto Santiago 2	Xavantina/SC	Queda de 01 Torre 525 kV, Parte metálica afetada, fundações afetadas	Alto índice de chuvas levando à instabilidade do solo e desmoronamento da	14/07/2015	Inverno

				estrutura		
Torres de Linhas de Transmissão	Jorge Lacerda - Siderópolis 1	Tubarão/SC	Queda de 07 Torres 230 kV, Parte metálica afetada, fundações intactas	Temporal com ventos fortes	16/10/2016	Primavera
Cabos Condutores de Linha de Transmissão	Jorge Lacerda - Imbituba	Imbituba/SC	Danos aos cabos condutores 138 kV causados por entulhos arremessados pelo vento	Temporal com ventos fortes	17/10/2016	Primavera
Torre de Linha de Transmissão	Campos Novos - Nova Santa Rita	Feliz/RS	Queda de 01 Torre 525 kV, Parte metálica afetada	Alto índice de chuvas levando à instabilização do solo e desmoronamento da estrutura	18/10/2016	Primavera
Torre de Linha de Transmissão	Abdon Batista - Biguaçu	Palmeira/SC	Queda de 01 Torre 525 kV, Parte metálica afetada, fundações intactas	Temporal com ventos fortes	22/01/2018	Verão

3.1.8 Temporais e Chuvas intensas em SC

Os eventos da Tabela 5 são referentes aos registros de temporais, incluindo ocorrências de descargas atmosféricas, de granizo e de ventos fortes, obtidos nos Boletins Meteorológicos da EPAGRI/CIRAM de 2015 a 2017. Foram levantados um total de 30 casos de Temporais.

TABELA 5: Levantamento dos eventos de Temporais de 2015 a 2017.

Data	Evento	Sistema	Município	Região
13 e 14/06/2015	Temporais, Ventos fortes, Microexplosão	Frente Fria	Chapecó	Oeste
10 e 12/07/2015	Raios, temporal e granizo	Baixa Pressão	N/C	Oeste e Norte
13 e 14/07/2015	Raios, granizo e rajadas de vento de 70 a 90km/h	Ciclone/Frente Fria	N/C	Planalto Sul, Litoral Sul, Meio-

				Oeste
08/09/2015	Temporais localizados e granizo	Baixa Pressão e JST	N/C	Meio-Oeste
16/09/2015	Temporal e granizo		N/C	Todas exceto Oeste
17 a 18/09/2015	Temporal e granizo	Frente Estacionaria	N/C	Leste e Sul
26 e 27/09/2015	Temporal e granizo	Frente Fria	N/C	Oeste, Meio-Oeste e Planalto Sul
10/11/2015 e 27/11/2015	Raios e rajadas de vento de 70 a 90km/h	CCM	N/C	Oeste e Meio-Oeste
19/11/2015	Temporal, Microexplosão		Chapecó	Oeste
19/11/2015	Microexplosão		Jaraguá do Sul	Norte
19/11/2015	Tornado		Treze Tílias	Norte
9/12/15	Raios e rajadas de vento de 70 a 100km/h		N/C	Oeste e Norte
13/12/2015	Raios e rajadas de vento de 70 a 100km/h		N/C	Oeste e Norte
18/12/2015	Raios e rajadas de vento de 70 a 100km/h		N/C	Oeste e Norte
09/01/2016	temporais e alagamentos	Frente Fria	N/C	Oeste e Norte
13/01/2016	temporais e alagamentos	Frente Fria	N/C	Oeste e Norte
26/01/2016	Temporais com granizo, rajadas de vento de 60 a 80km/h	Frente Fria		Todas as regiões
30/01/2016	Temporais com granizo, rajadas de vento de 60 a 80km/h	Frente Fria		Todas as Regiões
09/02/2016	Temporais, Ventos fortes, alagamento e deslizamento	Frente Fria		Litoral e Norte
27/02/2016	Temporais, Ventos fortes, alagamento e deslizamento	Frente Fria		Litoral e Norte
31/03/2016	Temporal com Granizo	Baixa Pressão	Xanxerê	Oeste
15/05/2016	Raios, granizo, vento de 60 a 70 km/h/Microexplosão	Frente Fria		Planalto Norte
12 a 15/07/2016	Temporais com chuva forte	JST e sistema frontal		maioria das regiões
16/02/2017	Temporais com Granizo	Frente Fria e JBN		maioria das regiões

01 e 02/03/2017	Temporais com Granizo	Baixa do Paraguai e cavado		Oeste e Norte
12/03/2017	Temporais com Granizo	Frente Fria		maioria das regiões
16/03/2017	Temporais com Granizo	Frente Fria		
06/10/2017	Temporais (60 a 80 km/h) com granizo	Frente Fria		maioria das regiões
10/11/2017	chuva intensa, alagamentos, granizo	Frente Fria	Lages	Planalto sul

A Tabela 6, refere-se aos registros de chuvas intensas ocorridos no estado, os quais foram obtidos nos Boletins Meteorológicos da EPAGRI/CIRAM de 2015 a 2017. Foram levantados um total de 18 ocorrências.

TABELA 6: Chuva intensa em Santa Catarina entre 2015 a 2017

Data	Região/ Município	Sistema	Chuva (mm)
8 a 09/07/2015	Oeste Meio-Oeste e Planalto Sul	Frente Fria e Ciclone Extra Tropical	70 a 100/24h
13/07/2015	Oeste e Meio-Oeste (Chapecó, Maravilha, Seara)	Frente Fria e Ciclone	100 a 140/24h
14/07/2015	Oeste	Frente Fria e Ciclone	200 a 250/24h
17 a 18/09/2015	Planalto sul e Litoral Sul	Frente Estacionária	100 a 150/24h
26 e 27/09/2015	Oeste, Meio-Oeste e Planalto Sul	Frente Fria	100/48h
07 a 09/10/2015	Oeste, Meio-oeste, Planalto Sul e Litoral Sul	Frente Fria	100/48h
10 a 11/10/2015	Planalto Norte	Frente Fria	80 a 120/24h
10 a 11/10/2015	Grande Florianópolis e Litoral Norte	Frente Fria	100 a 120/24h
20 e 22/10/2015	Meio-oeste, Planalto Sul, Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Litoral Norte	Frente Fria	80 a 150//48h
09 e 14/12/2015	Oeste	Frente Fria	100 a 50/48h
02 e 03/03/2016	Oeste	Ciclone	100/48h
21/03/2016	Oeste e Meio-Oeste	Ciclone	60 a 100/24h
24 a 25/03/2016	Oeste	Ciclone	100/24h
24 a 26/03/2016	Caibi, Rio do Campo, Itapema	Ciclone	150 a 200/48h
10 e 13/04/2016	Litoral e Norte	Frente Fria	100/24h
22/04/2016	Oeste (Anitapolis), Sul (Urubici)	Frente Fria	80 a 100/24h
18 e 19/05/2017	Oeste	Baixa Pressão no Paraguai	100/24h
4/12/2017	Joinville	Frente Fria	100/24h

3.1.9 Chuvas Intensas no Vale do Itajaí e Litoral de SC

Entre os Estados do Sul, Santa Catarina foi e continua sendo o Estado mais afetado por grandes enchentes, principalmente no Vale do Itajaí e Litoral catarinense. No vale do Itajaí, têm-se relatos (SANTOS, 2010) que a primeira enchente ocorreu em 1848 e depois disso outros relatos indicam mais duas enchentes, uma em 1851 e outra em 1852. Mas, só em 1855 que se obteve registros de enchentes do Itajaí-Açú. E assim, foram várias ocorrências ; 1880, 1911, 1957(quatro enchentes), 1961, 1983, 1984, 2005, até chegar ao ano de 2008, onde novamente uma grande enchente, impacta a região.

Eventos de enchentes no Vale do Itajaí podem deixar estruturas portuárias e os diversos modais que integram a cadeia logística fora de operação por horas ou até dias. Também causam a sedimentação das vias navegáveis, exigindo mais obras de dragagem para conter a limitação do calado operacional. Portanto, abaixo, consta uma breve descrição de alguns dos eventos de enchentes que impactaram o porto de Itajaí, conforme tabela 8.

Em 1983 ocorreu uma enchente que entrou para a história de SC. No trimestre de junho/julho/agosto de 1983 as chuvas ficaram muito acima da média e causaram prejuízos em muitos setores econômicos, principalmente do setor portuário. No ano de 1983, a cidade se encontrava bem desenvolvida com população de cerca de 50 mil habitantes e então, vem uma enchente com uma cota máxima de 15,34m. Segundo, Silva Dias (2009), as perdas durante a enchente foram estimadas de aproximadamente US\$ 1,1 bilhão em todo Estado de Santa Catarina.

Em 1984, enchente se repete no Estado, os moradores da região ainda estavam se recuperando da ocorrida em 83. **A** ocorrência de enchentes em sequencia, fato que contribuiu para que muitos chamassem a década de 80 de a década de grandes enchentes no Vale do Itajaí, ainda mais porque o Rio Itajaí-Açú acabou atingindo um pico de 15,46 metros (SANTOS, 2010). O evento ocorreu a partir de 6 de agosto, ficando área da bacia do Itajaí-Açu e Itajaí Mirim submersa por mais 3 dias e a do Iguazu por 6 dias. Dos 199 municípios do Estado, 82 foram castigados pelas Enchentes, equivalente a 38%

do território catarinense. A enchente deixou 255,88 mil desabrigados e matou 19 pessoas.

Em 2008, mais precisamente em novembro, SC sofre mais uma nova grande enchente. Enchente que impressionou devido aos registros de cotas do Rio e das perdas materiais e humanas, que a cada dia evento era atualizado e aumentava constantemente. A cidade de Blumenau, Itajaí e Ilhota foram as mais atingidas. Em Itajaí (163.218 habitantes) toda a população foi afetada, 100 mil pessoas foram deslocadas, 18.208 desabrigadas, 1.929 desalojadas, 1.800 feridas e cinco mortas. Foram danificadas 28.400 residências, alagadas vinte unidades de saúde pública e 92 de ensino. O porto de Itajaí e centenas de quilômetros de rodovias e suas pavimentações foram danificados pela inundação.

Para o município de Itajaí, este agravante na economia local, ocorrido pela paralisação momentânea do porto, da indústria pesqueira e aliado aos estabelecimentos comerciais, gerou um grande prejuízo, um princípio de crise. Apesar de muitos estudos tentarem prever e estimar o real prejuízo e impacto da queda dos dois berços de atracação do porto e a paralisação momentânea da indústria pesqueira, o prejuízo pode ter sido bem maior do que realmente foi estimado (SANTOS, 2010).

Os terminais portuários viabilizam o acesso ao mercado internacional e atuam como catalisadores do crescimento econômico e o porto de Itajaí não é diferente para a economia regional e até nacional, considerado um dos importantes portos do país, no entanto, a cada ano que passa, esta cada vez mais exposto aos riscos associados a eventos climáticos.

A tabela 7 mostra as informações referentes aos principais casos que influenciaram as infraestruturas do porto de Itajaí, como; local, impacto na infraestrutura, data de ocorrência, causa provável, e observações gerais.

TABELA 7: Enchentes com impacto nas infraestrutura portuária.

Evento	Data	Local	Infra - estrutura	Impacto	Causa Provável	Nível Rio ITAJAÍ -AÇÚ	Sistema	Observações	Volume pluviométrico
1983	Junho	Itajai/S C	Berço 3 e 4	Ruptura dos berços 3 e 4	Enchente/C orrenteza	Sem Registros	Frente semi-estacionário com Jato Subtropical	Reconstruídos pela empresa COBRA ZIL contratada pela PORTOB RAS (CZ\$ 2.393.291,19 em 1984)	Sem Registros
1984	Agosto	Itajai/S C		Sem Registros		Sem Registros	Frente semi-estacionário com Jato Subtropical	Grande enchente	Sem Registros
2001	Outubro	Itajai/S C		Sem Registros		Sem Registros	Frente Fria com Baixa no Paraguai	Pequena enchente	Sem Registros
2008	20 a 24 de Novembro	Itajai/S C	Berços 2, 3 e Armazém 2	Ruptura completa do berço 2 e parte do berço 3. Abalo estrutural no Armazém 2 e assorimento e perda de profundidade do canal de acesso (Rio Itajai-Açú)	Enchente/C orrenteza	Sem Registros	Lestada Transporte de Umidade do oceano em 850 hPa	Custo das obras emergenciais custeadas pela União Federal totalizaram R\$ 350 milhões (base 2011) para reconstrução dos berços e dragagem de restabelecimento de profundidade	472,7 mm (fonte externa)
2011	8 a 10 de Setembro	Itajai/S C	Berço 1	Ruptura parcial do berço 1 (bob arrendamento da APM Terminals), que sofreu recalque nas estruturas)	Enchente/C orrenteza	1,64 m	Frente semi-estacionário com Jato Subtropical	Investimento na recuperação da estrutura em torno de R\$ 80 milhões (base 2017) Assumido s pela APM Terminal s)	396,33 mm de 10/08/11 a 11/09/2011
2013	20 a 23 de Setembro	Itajai/S C	Sem Registros	Sem Registros	Enchente	1,89 m	Frente semi-estacionário com Jato Subtropical	Pequena enchente	250,5 mm de 20/08/13 a 24/09/13
2014	7 a 9 de Junho	Itajai/S C	Canal de Acesso	Perda de profundidade do Canal de Acesso	Enchente/as soroamento	1,53 m	Frente semi-estacionário com Jato Subtropical	Investimento da União para dragagem de restabelecimento de profundidade estimada em R\$ 38 milhões.	269,6 mm de 07/05/14 a 10/06/14

2015		22 a 24 de Outubro	Itajaí/SC	Sem Registros	Sem Registros	Enchente	1,73 m	Ciclone e Fluxo de Leste	Pequena enchente e assoreamento	365,2 mm de 22/09/15 a 25/10/15
------	--	--------------------	-----------	---------------	---------------	----------	--------	--------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Os eventos da Tabela 8, chuvas causadas pela circulação marítima, foram obtidos a partir dos Boletins Meteorológicos da EPAGRI/CIRAM, tendo sido identificado um total de 14 casos, no período de 2015 a 2017.

TABELA 8: Ocorrências de chuva intensa no Litoral

Data	Região/Município	Sistema	Chuva (mm)
24/07/2015	Grande Florianópolis e Litoral Sul	Ciclone e Fluxo de Leste	> 100/24h
3 a 6/09/2015	Litoral Norte e Grande Florianópolis	Baixa Pressão na costa	60 a 80
26/10 a 05/11/2015	Joinville	Ciclone e Fluxo de Leste	220 a 360
4/11/2015	Joinville	Baixa Pressão	91,4/12h
10 e 11/01/2016	3 Barras	Baixa Pressão/ Paraguai	100/48h
10 e 11/01/2016	Papanduva	Baixa Pressão/ Paraguai	120/48h
10 e 11/01/2016	Joinville	Baixa Pressão/ Paraguai	140/48h
10 e 11/01/2016	Garuva	Baixa Pressão/ Paraguai	140/48h
20 e 21/02/2016	Litoral e Garuva	Frente Fria	211/48h
10 e 13/04/2016	Joinville	Frente Fria	177/48h
13/04/2016	Itapema, Luiz Alves	Baixa Pressão	100 a 120/24h
04 a 05/01/2017	Norte e Litoral Norte	Cavados e Baixa Pressão entre o litoral de SP e SC	60 a 80 mm/24h
18 e 19/05/2017	Garuva	Alta Pressão na Costa	144/48h
18 e 19/05/2017	Joinville	Alta Pressão na costa	120/48h

4. CONCLUSÃO

A região Sul do Brasil, foi classificada como uma região propícia a eventos severos. Em Santa Catarina as regiões Oeste e Norte, são as regiões que mais se registraram tempestades severas e tornados até então. Considerando a sazonalidade tem-se que a primavera e verão são as estações com maior probabilidade de ocorrências de eventos extremos.

Sobre o levantamento dos casos, foram coletados 60 casos de tornados em SC numa climatologia de 39 anos (tabela 2), já no RS foram 63 casos (tabela 3)

num período de 14 anos. Temporais em SC, que causaram impactos nas Linhas de transmissão ou nas Torres da Eletrosul foram 17 casos (tabela 4), estes seriam os mais importantes ou impactantes. Já o levantamento a partir dos Boletins Meteorológicos da EPGRI/CIRAM, mostrou 30 casos de Temporais (tabela 5) e 18 casos de chuva intensa (tabela 6) ocorridos em SC. Sobre as chuvas ocorridas no litoral de SC foram levantados 14 casos (tabela 7).

Sobre os limiares solicitados neste produto, foram encontrados baseados na literatura, no levantamento das ocorrências e nas informações da Defesa Civil do Estado. Os limiares para o Porto de Itajaí referentes a ocorrências de chuva, foram divididos em duas categorias; um limiar de 80 a 100 mm/dia, o qual já seria considerado significativo para causar danos moderados a fortes às infraestruturas ou ainda o limiar de 180mm a 200mm/3 dias considerando danos fortes a severos.

No levantamento dos casos foi visto que, nestas faixas a chuva já causa eventos de inundação, enxurrada e alagamentos, tais eventos podem causar danos às infraestruturas do Porto. Sobre o dado de rajada de vento, para temporais, que podem influenciar danos às infraestruturas das LT's da Eletrosul, tem-se que o valor mínimo seria de 80 a 100 km/h, valor médio de 100 a 120 km/h, como exemplo casos de microexplosão, e acima destes valores seriam na maioria casos de Tornados, que são tempestades muito destrutivas. Entretanto, os limiares descritos aqui são meramente baseados no levantamento de casos, sendo necessário, analisar as variáveis meteorológicas na data do evento para assim obter um limiar de chuva ou vento com um grau maior de confiabilidade.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, K. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**. 2007. 187 f. Tese (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007

BUENO, R. C. et al. Estudo de rajadas de ventos e direções predominantes em Lavras, Minas gerais, por meio da distribuição gama. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 789–796, 2011.

CARDOSO, C. DE S.; BITENCOURT, D. P.; MENDONÇA, M. Comportamento Do Vento No Setor Leste De Santa Catarina Sob Influência De Ciclones Extratropicais. v. 271, p. 39–48, 2012.

CARVALHO, H. **Avaliação dos Efeitos de Vento em Linhas de Transmissão**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS ESCOLA DE ENGENHARIA, 2015.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. **Parte I - Sistemas meteorológicos que afetam o tempo na América do Sul: Frentes frias sobre o Brasil**. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da Silva dias (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 135-147.

CRUZ G.; CAMARGO, C.; LOPES F. Verão 2007/08 atípico e problemático em Santa Catarina. In: **Revista Agropecuária Catarinense**, ISSN 0103 0779, vol 21, nº. 2, julho de 2008.

Da SILVA, L. J.; REBOITA, M. S. Precipitação associada com a passagem de frentes frias no inverno na Região Sul de Minas Gerais. In: **VI Seminário de meio ambiente e energias renováveis, 2011, Itajubá. VI Seminário de meio ambiente e energias renováveis, 2011**.

DYER, R. Rastros de Tornados no Sudoeste do Brasil, Leste do Paraguai e Nordeste da Argentina. **SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, p. 602, 1986.

ESTIVALLET, J. et al. **LA NIÑA E EL NIÑO A Influência nas ocorrências Tornádicas em Santa Catarina**. [s.l.] INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA, 2009.

FOSS, M. **Condições Atmosféricas Conducentes À Ocorrência De Tempestades Convectivas Severas Na América Do Sul**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 2011.

JESUS, E.M.; DA ROCHA, R.P.; REBOITA, M.S.; LLOPART, M.; DUTRA, L.M.M.; REMEDIO, A.R.C. Contribution of cold fronts to seasonal rainfall in simulations over the southern La Plata Basin. **Climate Research**, v. 68, p. 243-255, 2016.

JUSTI DA SILVA, M. G. A; SILVA DIAS, M. A. F. A Frequência de Fenômenos Meteorológicos na América do Sul: uma Climatologia. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002**, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: SBMET, 2002.

HAAS, R. 2002. **Simulações da chuva orográfica associada a um ciclone extratropical, no Litoral Sul do Brasil**, Tese de Doutorado do DCA – IAG – USP, São Paulo – SP, Dezembro de 2002.

HAAS, R. ; RAMOS DA SILVA, R ; HOMEM, M. G. P ; TIEDT, R. ; PEDROSA, J. ; LISBOA, L. dos R ; HOINASKI, L. . **Caracterização de água de Chuva no Litoral de Santa Catarina: Uma Possível Explicação para as Lestadas**. In: XVII CBMET, 2012, Gramado-RS.

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

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.

KOUSKY, V. E. **Frontal Influences on Northeast Brazil**. *Monthly Weather Review*, n. 107, pp. 1140-1153, 1979.

Maddox, R. A. (1980), Mesoscale convective complexes, *Bull. Am.Meteorol. Soc.*, 61, 1374–1387.

MARCELINO, I. P. V. O; FERREIRA, N J; CONFORTE, J C. Análise do episódio de tornado ocorrido no dia 07/02/98 no município de Abdon Batista – SC. **Anais... XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Belo Horizonte, 05 a 10 de abril 2003, INPE, p. 479-486.

MARCELINO, I. P. V. O. ANÁLISE DE EPISÓDIOS DE TORNADO EM SANTA CATARINA: CARACTERIZAÇÃO SINÓTICA E MINERAÇÃO DE DADOS. [s.l.] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2004.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961.

MONTEIRO, M. A.; CARDOSO, C. D. S.; CALEARO, D. S. Comportamento do vento no litoral sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, p. 3–7, 2011.

NASCIMENTO, E. L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil? **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.1, 121-140, 2005.

NASCIMENTO, E. L.; DOSWELL III, C. A. THE NEED FOR AN IMPROVED DOCUMENTATION OF SEVERE THUNDERSTORMS AND TORNADOES IN

SOUTH AMERICA. **Symposium on the Challenges of Severe Convective Storms**, n. Cd, 2006.

OLIVEIRA, R.. **Tornado De Xaxerê-2015: Análise Sinótica E Caracterização Das Condições Atmosféricas usando o Modelo WRF**. Trabalho de Conclusão de Curso (Meteorologia) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia**. 1986. 134 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1986.

REBOITA, M. S., AMBRIZZI, T., & ROCHA, R. P. D. (2009). Relationship between the southern annular mode and southern hemisphere atmospheric systems. **Revista Brasileira de Meteorologia**, **24(1)**, 48-55.

RODRIGUES, M. L. G. **Uma Climatologia de Frentes Frias no Litoral Catarinense com Dados de Reanálise do NCEP** . Dissertação de Mestrado. Programa de Pósgraduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

RODRIGUES, M. L. G.; Ynoue, R.; Alves, M. P., 2011. Episódios de chuva intensa na região da grande Florianópolis/SC: análise preliminar dos eventos e caracterização sinótica. IV Simpósio Internacional de Climatologia. **Anais...** João Pessoa – PB.

SANTOS, Caio F. dos. **A Enchente em Itajaí (SC): Relatos, Percepções e Memórias**. Dissertação de Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, FAED – UDESC, 2010.

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.

SILVEIRA, R. B. et al. Estudo de Caracterização da Direção Predominante dos Ventos no Litoral de Santa Catarina. **Anais do X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, p. 380–392, 2012.

TRUCCOLO, E, C. Estudo do comportamento do vento no litoral centro-norte de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 26. n. 3. p. 451-460, 2011.

VELASCO, I.; FRITSH, J. M. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92 (D8), 1987, p. 9591-9613.

WITEMAN, C. D.; BIAN, X.; ZHONG, S. Low-Level Jet Climatology from Enhanced Rawinsonde Observations at a Site in the Southern Great Plains. **Journal of Applied Meteorology**, v. 36, n. 10, p. 1363–1376, 1997.