

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

Análise de Frequência de Frentes Frias e Pré- Frontais  
com Potencial de Danos e Prejuízos - Produto 5/5

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)

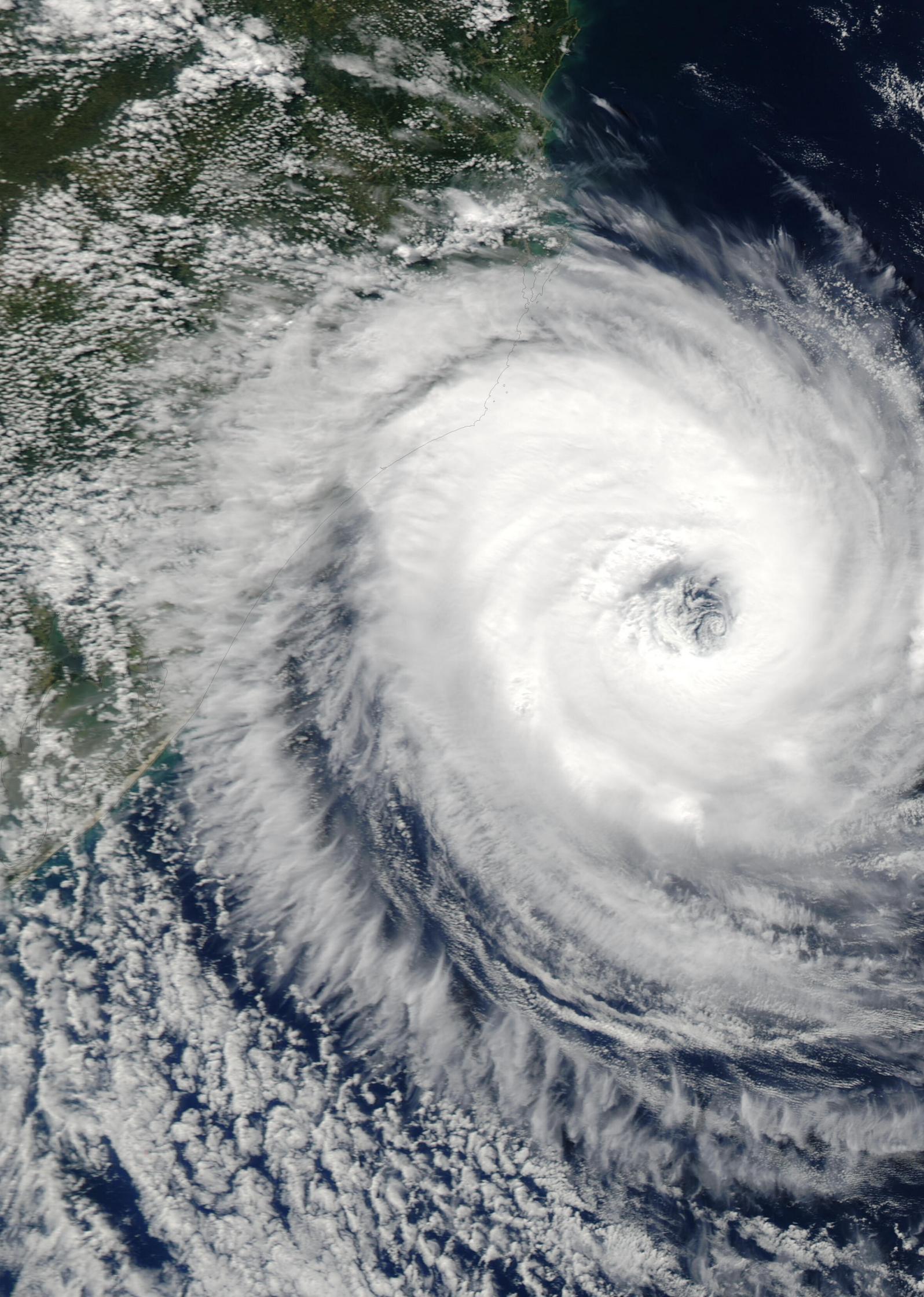
A encargo de:

**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

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Análise de temporais com passagens frontais.....</b>	<b>6</b>
3.1.1. <i>Descrição dos Índices de Instabilidade usados neste Produto .....</i>	9
<b>3.2 Análise de casos com altos volumes de precipitação na bacia do rio Itajaí .....</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADO .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Análise dos eventos de Pré – Frontais e Frentes Frias.....</b>	<b>12</b>
4.1.1 <i>Imagens de satélite .....</i>	13
4.1.2 <i>Campos de direção e magnitude do vento em 850 hPa .....</i>	15
4.1.3 <i>Informações de radiossondagem .....</i>	20
<b>4.2 Análises dos casos com altos volumes de precipitação na bacia do rio Itajaí.....</b>	<b>22</b>
4.2.1 <i>Registro de chuva de estações meteorológicas na Bacia do Rio Itajaí 22</i>	
4.2.2 <i>Campos de direção e magnitude do vento em 850 hPa .....</i>	23
4.2.3 <i>Campos de umidade específica e temperatura em 850 hPa .....</i>	26
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os eventos extremos que atingem Santa Catarina (SC), resultando em desastres naturais com sérios prejuízos econômicos, e ainda com perdas humanas, estão os temporais (Herrmann et al. 2007), acompanhados de fortes rajadas de vento, granizo e até tornados, atingindo especialmente o oeste do Estado (Brooks et al., 2003; Nascimento, 2005; Silva Dias, 2011). Outro desses eventos extremos são as chuvas intensas que atingem especialmente a região do litoral de SC e Vale do Itajaí, resultando em alagamentos, além de enchentes e deslizamentos de encosta em grandes áreas (Haas, 2002; Herrmann et al. 2007; Lima et al., 2009; Silva Dias, 2009).

Em geral, os temporais no sul do Brasil ocorrem em associação a passagens frontais ou Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), conforme analisado em relatórios anteriores dos Produtos 02 e 04 (MMA e GIZ, 2018). Especialmente as Frentes Frias (FFs) são sistemas frequentes provocando mudanças de tempo em Santa Catarina (Cavalcanti e Kousky, 2009). A região centro-sul da América do Sul (AS) foi identificada como altamente frontogenética, ou seja, favorável à formação e intensificação de sistemas frontais (Satyamurty e Mattos, 1989). Segundo Oliveira (1986), as FFs percorrem o litoral sul-americano até latitudes em torno de 20 °S, onde tem início seu processo de dissipação, conhecido como frontólise.

Justi da Silva e Silva Dias (2002) determinaram uma climatologia de FFS 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, em relação ao 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 FFs elaborada por Rodrigues (2003) 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 na primavera, com um número médio de 12,6 sistemas, já nas outras estações a média foi de 10 FFs. O autor ainda concluiu que os meses de primavera, além de uma maior frequência de sistemas, também apresentam uma menor variabilidade no número de frentes, quando comparado com os outros meses do ano.

Em relação a chuvas intensas no Vale do Itajaí, estudos anteriores analisaram eventos históricos como o El Niño de 1982-83 e as enchentes e deslizamentos/escorregamentos de encosta em novembro de 2008 (Herrmann et al. 2007). Estudos sobre El Niño apontam uma permanência da corrente de jato subtropical (JST) no sul do Brasil (Kousky e Cavalcanti, 1984), mantendo uma chuva persistente e intensa na região. Eventos como o de novembro de 2008, que resultou em totais de precipitação de 500 mm em apenas três dias (Lima et al., 2009 e Silva Dias, 2009), indicam a importância do fluxo de umidade transportado do oceano para o leste catarinense, contribuindo na formação de nuvens baixas com elevada capacidade de manutenção de chuva intensa (Rodrigues, Ynoue e Alves, 2011).

Portanto, se torna imprescindível o estudo das variáveis meteorológicas e eventos atmosféricos como Frentes Frias e ambientes de Pré-Frontais, além de casos de ocorrência de alto volume de precipitação, para assim aplicar na prevenção e tempo de resposta em um evento que possa trazer danos à população. Um exemplo de estudo relevante, é estudar, entender e aplicar a variabilidade dos temporais que causam vento forte e chuva intensa na execução e implementação em projetos de variadas áreas; como a de geração de energia elétrica eólica e também na distribuição/transmissão de energia, pois a ocorrência de fortes ventos afeta diretamente o setor elétrico em seus mais diversos aspectos. A precipitação, outra variável meteorológica que exige seu entendimento tanto espacial quanto temporal, devido seus grandes impactos em SC. 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, principalmente ao Porto de Itajaí. Neste contexto, os resultados deste estudo, pretende auxiliar na determinação de indicadores e limiares de eventos extremos causadores de danos as linhas de transmissão da Eletrosul e enchentes no vale do Itajaí.

## 2. OBJETIVO

O presente relatório tem como objetivo geral determinar as condições atmosféricas, entre baixos e altos níveis, em casos de:

- Temporais associados à passagem de frentes frias (FFs) e/ou ambiente de pré- frontal (dia que antecede à passagem da FF).
- Altos volumes de precipitação que atingem a bacia do rio Itajaí (> 80mm em 24 horas).

Como temporal, consideram-se os eventos de chuva acompanhados de vento forte (acima de 60 km/h) e descarga elétrica, também podendo ocorrer granizo e/ou chuva intensa. Embora outros sistemas atmosféricos possam resultar em temporais, como os SCMs, foram considerados, no presente relatório, os eventos associados a passagens frontais, tendo em vista a frequência significativa desses sistemas no Sul do Brasil, favorecendo mudanças bruscas de tempo. Os casos de frentes frias que não causaram temporais, não foram contabilizados.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste produto está dividida em duas partes, a primeira corresponde aos eventos de temporais com passagem de FFs e condições de Pré- frontais, já a segunda se refere aos eventos com altos volumes de precipitação que atingem a bacia do rio Itajaí.

### 3.1 Análise de temporais com passagens frontais

Para esta análise, será feito o levantamento de casos de FF com temporais, tendo como base os seguintes casos levantados no Produto 02 (MMA e GIZ, 2018):

- Casos de temporais com tornado;
- Casos de tempestades com impacto nas infraestruturas de Linhas de Transmissão da Eletrosul;
- Casos de temporais entre 2015 e 2017 identificados 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)), considerando-se os eventos mais severos, que causaram maiores danos e/ou atingiram áreas mais abrangentes no Estado de SC.

Assim, para todos esses casos de temporais apresentados no Produto 2 (MMA e GIZ, 2018) foram obtidos somente aqueles associados à passagem de FFs, seja pela atuação do sistema ou pela condição de pré-frontal (dia que antecede a passagem do sistema). Também foram considerados os casos mais recentes, dos últimos 10 anos (2009 a 2018), pela maior disponibilidade das informações para análise. No total foram selecionados 15 casos de temporais com frentes frias ou pré-frontais, conforme Tabela 01, que apresenta as seguintes informações: data e local do evento (Estado/município), e sistema atuante (FFs ou pré-frontais). Em todos os 15 casos, houve registro de temporal, e a Tabela 01 menciona as ocorrências associadas (e respectivo horário), como vendaval, granizo e tornado. Essas ocorrências foram registradas na região, mas não necessariamente na infraestrutura de Linhas de Transmissão (LT's) da Eletrosul.

Tabela 01: Eventos de Frentes Frias que atingiram SC entre 2009 e 2018.

CASOS	DATA	OCORRÊNCIA	SISTEMA	REGIÃO	RAJADA DE VENTO (km/h)	HOR A
01	14/10/2009	Granizo, queda de 3 Torres	Pré – Frontal	Planalto Serrano (Campos Novos/SC)	114 Campos Novos/SC	18
02	20/04/2015	Tornado	Pré – Frontal	Oeste (Xanxerê/SC)	83,8	16
03	13 e 14/06/2015	Temporais, Ventos fortes, Micro Explosão	Frente Fria	Oeste (Chapecó/SC)	76Água Doce/SC 97,4 Urupema/SC	02 02
04	13 e 14/07/2015	Raios, granizo e rajadas de vento de 70 a 90 km/h	Frente Fria	Planalto Sul, Litoral Sul, Meio-Oeste	159Urupema/SC 77(Oeste)	01 01
05	26 e 27/09/2015	Temporal e granizo	Frente Fria	Oeste, Meio-Oeste e Planalto Sul	68 (Sul)	02
06	26/01/2016	Temporais com granizo, rajadas de vento de 60 a 80 km/h	Frente Fria	Todas as regiões	105 Curitibanos/SC	14
07	30/01/2016	Temporais com granizo, rajadas 60 a 80km/h	Frente Fria	Todas as Regiões	81 Novo Horizonte/SC	05
08	15/05/2016	Raios, granizo, vento de 60 a 70 m/h/Microexplosão	Frente Fria	Planalto Norte	70 Planalto Norte 114 Urupema/SC	15 14
09	16 a 18/10/2016	Temporal com ventos Fortes	Frente Fria	Sul (Tubarão/ Imbituba/ SC)	96 Araranguá/SC	16
10	16/02/2017	Temporais com Granizo	Frente Fria e JBN	Maioria das regiões	60 Rancho Queimado/SC	19
11	12/03/2017	Temporais com Granizo	Frente Fria	Maioria das regiões	90 Curitibanos SC 117 Urubici	13 07

12	16/03/2017	Temporais com Granizo	Frente Fria		70 São Miguel do Oeste 92 Urubici	06 08
13	06/10/2017	Temporais (60 a 80 km/h) com granizo	Frente Fria	Maioria das regiões	84Lages SC	14
14	10/11/2017	Chuva intensa,	Frente Fria	Planalto sul	62 Novo Horizonte	11
		alagamentos, granizo			79 Dois Vizinhos	12
15	22/01/2018	Temporal com ventos fortes	Frente Fria	Planalto Sul (Palmeira – SC)	Sem registro	

Para identificar as condições atmosféricas predominantes em cada um dos 15 casos selecionados, foram obtidas as seguintes informações para cada um deles:

- **Registro de vento de estações meteorológicas:** Foram obtidos os registros de vento de noroeste acima de 40 km/h, para verificar as condições de pré-frontal, e registro de vento acima de 60 km/h, o que indica ocorrência de temporais. Os registros das medições de vento (intensidade e direção) foram obtidos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da rede de informações monitoradas pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidro-meteorologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM).
- **Campos em 850 hPa (aproximadamente 1.500m de altitude):** Foram obtidos campos da intensidade e direção do vento (componentes zonal  $u$  e meridional  $v$ ), em m/s; umidade específica ( $q$ ), em g/kg, e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) em 850 hPa, para identificar a região do Jato de Baixos Níveis (JBN), onde a velocidade fica acima de 15 m/s. Esses campos atmosféricos foram obtidos de dados de Reanálise do modelo do Centro Europeu de Previsão de Tempo (ECMWF), chamado de ECMWF

*Re-Analysis* (ERA-Interim). Os dados foram obtidos em pontos de grade com resolução espacial de  $0.25^\circ$  de latitude-longitude e resolução temporal de 6h, nos horários das 00, 06, 12 e 18 UTC, para três dias do episódio: dois dias anteriores (Pré – Frontal) e durante a ocorrência do fenômeno.

- **Perfil vertical da atmosfera:** A partir de dados de radiossondagem, das 00 UTC e 12 UTC, foram obtidos os registros de vento em 850 hPa (velocidade e direção do vento), temperatura em 500hPa e índices de instabilidade CAPE, CINE, K e TT. Essas informações do perfil vertical da atmosfera são registradas em estações localizadas em aeroportos. A escolha da estação (município) a ser usada em cada caso depende da disponibilidade de informações e da região mais impactada pelo evento.
- **Informações de granizo:** Foram levantadas informações de granizo associadas aos eventos analisados, utilizando informações da mídia e do banco de informações disponível na EPAGRI/CIRAM.

### *3.1.1. Descrição dos Índices de Instabilidade usados neste Produto*

Uma maneira de analisar a intensidades das tempestades é através de índices de instabilidade, os quais são frequentemente usados para auxiliar tanto a pesquisa quanto a previsão operacional de tempestades. Estes índices foram originalmente padronizados para as latitudes médias do Hemisfério Norte (HN), referindo-se, na maioria das vezes, a tempestades observadas nas planícies do meio oeste norte-americano. Tais índices envolvem um valor numérico que pode ser obtido através de diferenças entre a temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e a temperatura do bulbo úmido, entre outros parâmetros definidos entre duas ou mais superfícies isobáricas (NASCIMENTO, 2005; PAULA et al., 2015).

Alguns estudos de ajuste de índices de instabilidade para as regiões Sul

e Sudeste do país mostram a importância e a utilidade destes índices nas técnicas de previsão para estas regiões como, por exemplo, BENETI; SILVA DIAS, 1992; HALLAK; PEREIRA FILHO, 2012; SILVA DIAS, 2000. Neste Produto foram usados dados dos índices K, LI, TT, CAPE e CIN, de cada evento, obtidos das estações dos aeroportos Florianópolis e Foz do Iguaçu, Londrina. Além disso, foram usados como referência valores significativos dos índices para tempestades severas e tempestades convectivas locais que constam na literatura. Abaixo segue uma descrição resumida dos índices usados, maiores informações podem ser encontradas em HALLAK; PEREIRA FILHO, 2012; NASCIMENTO, 2005; PAULA et al., 2015; SILVA DIAS, 2000.

O índice K para ser significativo ( $>24$ ) deve haver calor em baixos níveis e grande oferta de umidade desde a superfície até 700 hPa. Uma camada seca em 700 hPa reduz o valor de K. O índice TT exige calor e umidade em 850 hPa e frio em 500 hPa e não restringe a umidade em 700 hPa. Se houver uma camada seca em 700 hPa isso não afeta TT. Portanto se ambos K e TT são altos a tendência é ter chuvas torrenciais. Se K é baixo e TT é alto ( $>44$ ), então a tendência é ter tempestades severas. Já o LI denota apenas a instabilidade da camada e é negativo (menor que -2) quando há umidade e calor nos níveis baixos e ar frio em 500 hPa (PAULA et al., 2015; SILVA DIAS, 2000).

Os índices CAPE (*Convective Available Potential Energy*) e CIN (*Convective Inhibition*) levam em consideração o termo de flutuabilidade da parcela de ar, este termo representa a geração de acelerações verticais associadas a variações de densidade no fluido atmosférico. O índice CAPE representa a flutuabilidade positiva da parcela de ar e pode ser obtido integrando da base ao topo da camada instável, onde as acelerações ascendentes são induzidas, ou seja, CAPE é uma medida verticalmente integrada do trabalho realizado pelo ambiente sobre a parcela de ar ao acelerá-la para cima. Então, correntes ascendentes intensas são teoricamente esperadas em ambientes com alto valor de CAPE. Valores típicos, em dias de

convecção moderada a intensa, variam entre 1000 e 4000 J/kg (FOSS, 2011; NASCIMENTO, 2005).

O CIN representa a fluuabilidade negativa, chamada Inibição Convectiva, a qual representa uma medida verticalmente integrada do trabalho, que deve ser realizado pela parcela de ar contra o ambiente para ascender forçadamente desde a superfície até o NCE. Valores típicos de CIN, em módulo, variam entre 0 J/kg (i.e., nenhuma inibição convectiva) e 50 J/kg, com valores acima de 100 J/kg sendo considerados altos, (NASCIMENTO, 2005).

### 3.2 Análise de casos com altos volumes de precipitação na bacia do rio Itajaí

Nesta etapa, são analisados os casos com elevados volumes de precipitação, registrados na bacia do rio Itajaí, que resultaram em enchente na região do Vale do Itajaí e afetaram a infraestrutura do porto de Itajaí. Esses eventos, apresentados no Produto 2 (MMA e GIZ, 2018), estão relacionados na Tabela 2, que mostra as informações referentes à data e local do evento. Todos os oito casos ocorreram em Itajaí e a Tabela 02 ainda menciona as ocorrências na região do Porto de Itajaí, como enchente, correnteza e assoreamento, além da altura do nível do rio Itajaí-Açu, disponível a partir de 2011.

Para identificar as condições atmosféricas predominantes, foram obtidas as seguintes informações para cada um dos casos:

- **Registro de chuva de estações meteorológicas:** Foram obtidos os registros de chuva na região da bacia do Rio Itajaí, com total igual ou acima de 80 mm em 24 horas, a partir de informações do banco de dados da ANA (Agência Nacional das Águas), INMET e rede de informações monitoradas na EPAGRI/CIRAM.
- **Campos em 850 hPa (aproximadamente 1.500m de altitude):** Foram obtidos campos da intensidade e direção do vento (componentes zonal  $u$  e meridional  $v$ ), em m/s; umidade específica ( $q$ ), em g/kg, e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) em 850 hPa.

Através desses campos serão identificadas regiões de entrada do fluxo de calor e umidade em baixos níveis que favorecem chuva intensa na região do vale do Itajaí (vento de leste/nordeste na costa sudeste do Brasil, com valores acima de 10 m/s, temperatura acima de 14 °C e umidade específica acima de 10 g/kg). Esses campos atmosféricos foram obtidos de dados de Reanálise do modelo do ECMWF (ERA-Interim). Os dados foram obtidos em pontos de grade com resolução espacial de 0.25° de latitude-longitude e resolução temporal de 6h, nos horários das 00, 06, 12 e 18 UTC, para três dias do episódio: dois dias anteriores e durante a ocorrência do fenômeno.

Tabela2: Eventos de enchentes com impacto na infraestrutura portuária.

<b>EVENTO</b>	<b>DATA</b>	<b>LOCAL</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>NÍVEL RIO ITAJAÍ-AÇU</b>
1983	06/07/83	Itajaí/SC	Enchente/ Correnteza	15,34 m
1984	07/08/84	Itajaí/SC	Enchente	15,46 m
2001	01 a 03 de Outubro	Itajaí/SC	Enchente	Sem Registros
2008	20 a 24 de Novembro	Itajaí/SC	Enchente/ Correnteza	Sem Registros
2011	8 a 10 de Setembro	Itajaí/SC	Enchente/ Correnteza	1,64 m
2013	20 a 23 se Setembro	Itajaí/SC	Enchente	1,89 m
2014	7 a 9 de Junho	Itajaí/SC	Enchente/ Assoreamento	1,53 m
2015	22 a 24 de Outubro	Itajaí/SC	Enchente	1,73 m

## 4. RESULTADO

### 4.1 Análise dos eventos de Pré – Frontais e Frentes Frias

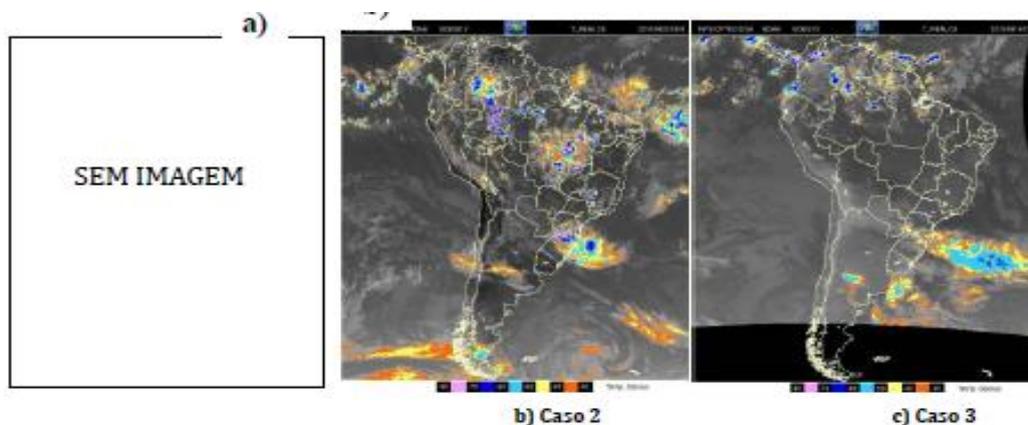
A seguir são apresentados os resultados das diversas análises realizadas para os eventos de FFs e/ou Pré-Frontais: imagens de satélite (Figura 1), campos de vento em 850 hPa (Figura 2), campos de umidade específica e temperatura em 850 hPa (Figura 3), dados de radiossondagem (Tabela 3).

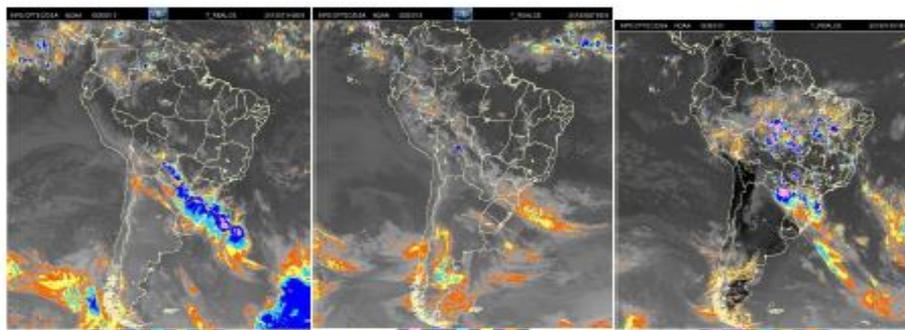
#### 4.1.1 Imagens de satélite

As imagens de satélite do canal infravermelho permitem localizar os maiores valores de radiância que correspondem aos topos de nuvens mais altos. Estes topos estão associados a temperaturas mais baixas, indicando presença de células convectivas mais intensas. As imagens do infravermelho podem ser realçadas, e esse realce considera a temperatura do topo das nuvens, permitindo identificar regiões com tempestades bem desenvolvidas.

A Figura 1 (a-o) mostra uma imagem no canal infravermelho realçada, referente a cada caso de Frente Fria (Tabela 1). No entanto para a análise dos casos foi usada uma sequência de imagens que permitiu visualizar o deslocamento das nuvens antes, durante e depois da passagem do sistema frontal. Na maioria dos casos, áreas de instabilidade são observadas sobre o sul do Paraguai, leste da Argentina e parte do Rio grande do Sul, enquanto que em SC atuava o Pré-Frontal. As imagens ilustradas abaixo mostram a instabilidade e sua atuação sobre Santa Catarina, no momento que foram registrados fenômenos como temporal, granizo entre outros. Em muitas imagens é possível observar a formação de super-células sobre o Estado, indicando a ocorrência de tornado e micro-explosão associados ao sistema frontal.

FIGURA 1: Imagem de satélite realçada no canal infravermelho, referente a cada caso de Frente Fria.

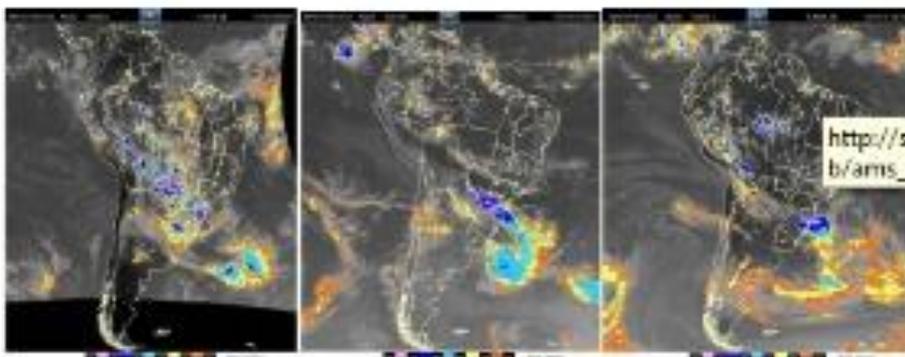




d) Caso 4

e) Caso 5

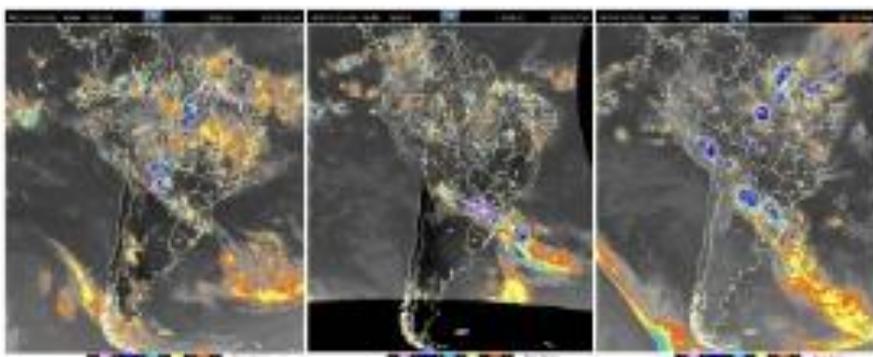
f) Caso 6



g) Caso 7

h) Caso 8

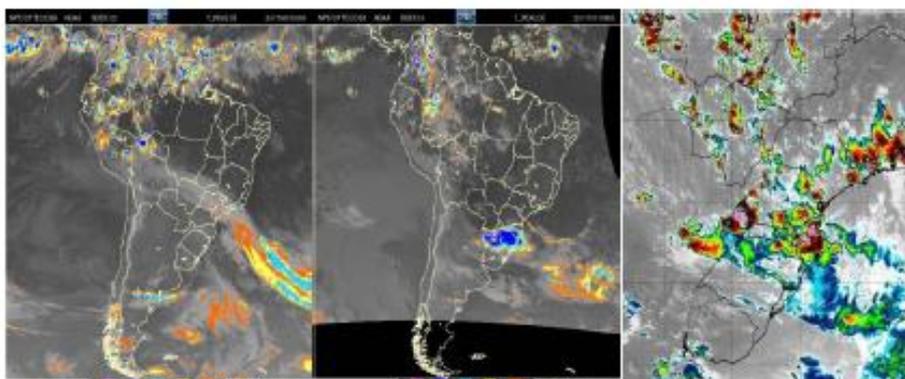
i)



j) Caso 10

k) Caso 11

l) Caso 12



m) Caso 13

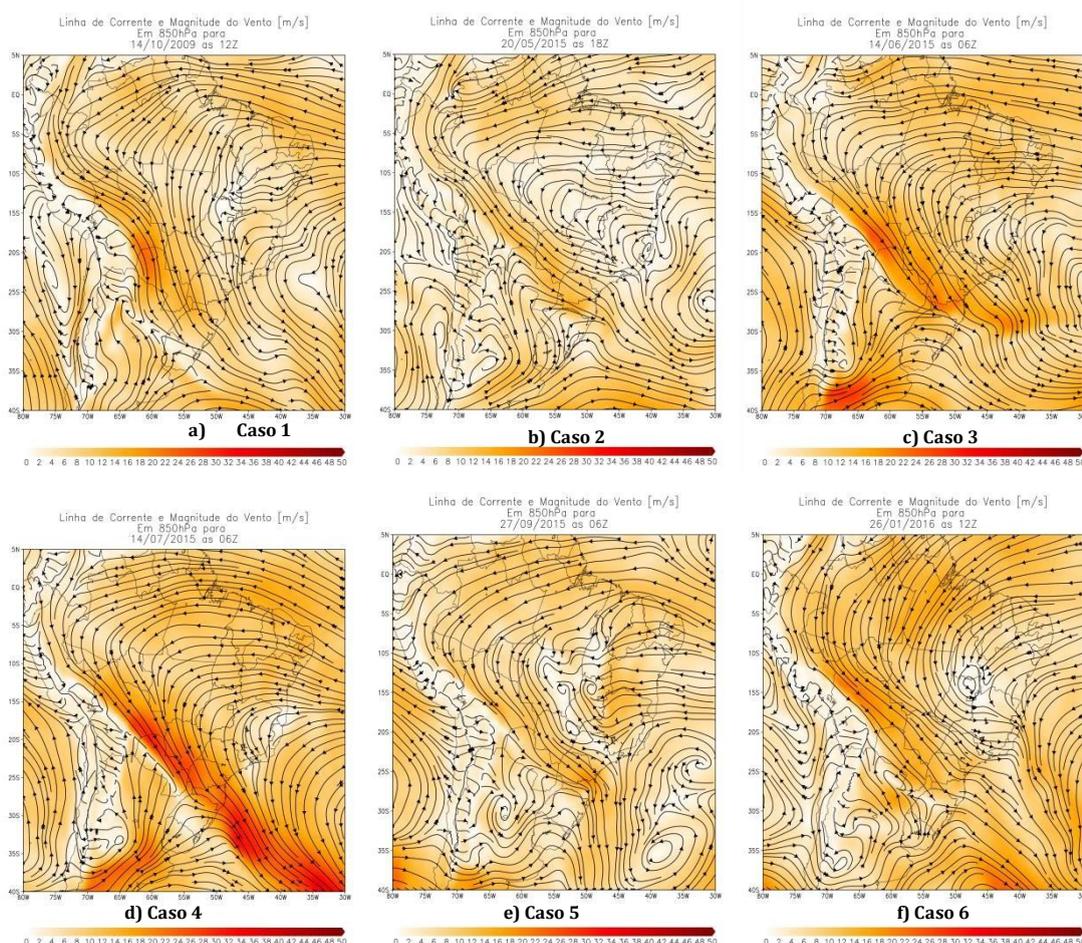
n) Caso 14

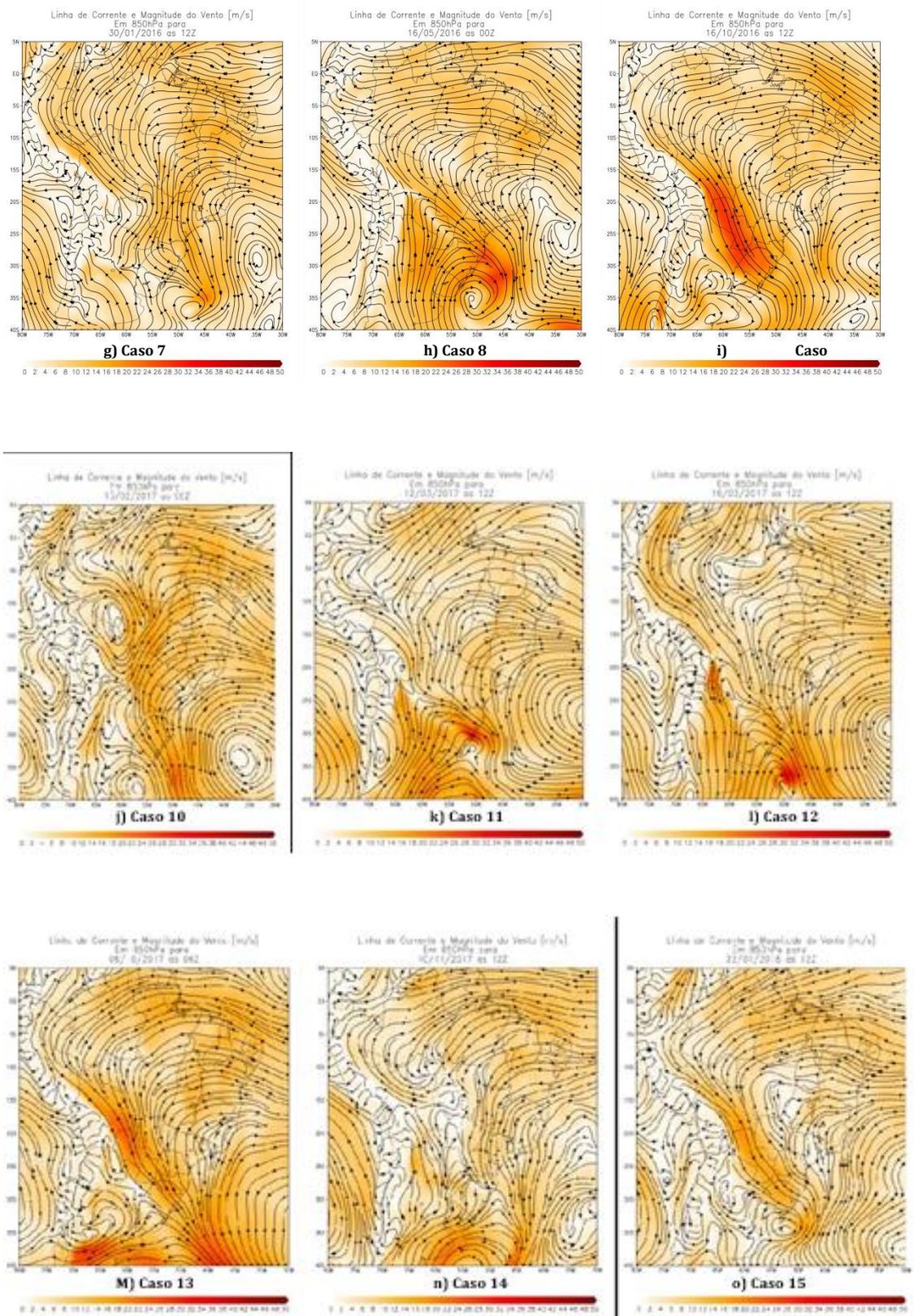
o) Caso 15 - 201801221830

### 4.1.2 Campos de direção e magnitude do vento em 850 hPa

A análise do campo de vento em 850 hPa (Figura 2) permitiu verificara presença do JBN, em um fluxo de noroeste transportando ar úmido do Norte para o Sul do Brasil, resultado da interação dos ventos alísios com a umidade amazônica.

FIGURA 2: De a-o seqüência de campos de Linhas de Corrente e Magnitude do Vento (m/s) no nível de 850 hPa, para os 15 casos de Frente Fria.





No caso 1 (Figura 2a), o JBN se mostrou em atuação a partir das 18 Z do dia anterior, sobre o Paraguai e Norte da Argentina. No entanto, caracterizou-se às 06Z do dia 14/10/2009, quando atingiu uma velocidade entre 20 e 22 m/s. Mas foi no horário das 12Z que o JBN atingiu máxima intensidade, chegando a 26 m/s e com fluxo bem

definido de noroeste. Este fluxo foi verificado também no caso 2 (Figura 2b), no horário de 00Z, sobre o sul da Bolívia, quando estava mais intenso, chegando a 24 m/s. No caso 3 (Figura 2c), o JBN se estendeu desde o sudeste da Bolívia, cruzando o Paraguai e chegando a SC com máxima intensidade (26 m/s), às 06 Z do dia 14/06/2015. No caso 4 (Figura 2d), o fluxo de noroeste se mostrou mais intenso no dia anterior ao evento, em 13/07/2015, chegando à velocidade máxima de 34 m/s, sobre o leste da Bolívia, Paraguai e estado do Mato Grosso do Sul, além de se estender sobre os estados do sul do País. O JBN se manteve intenso até as 12Z do dia 14/07/2015, quando o fluxo apresentava-se bem definido sobre o oeste catarinense.

Já no caso 5 (Figura 2e), o fluxo de noroeste se mostrou mais intenso ao norte de SC às 06Z do dia 27/09/2015, variando entre 16 e 18 m/s. O JBN, no caso 6 (Figura 2f), se mostrou mais intenso às 12Z, com velocidade de 24 m/s, atuando sobre a Bolívia. No caso 7 (Figura 2g), o fluxo de noroeste se limitava somente sobre a Bolívia, pois havia um fluxo de leste que se encontrava com o de noroeste, formando uma pista de vento de norte sobre o Mato Grosso do Sul, Paraná e SC, com velocidade de 18 m/s, às 12Z. No caso 8 (Figura 2h), do dia 15/05/2016, o fluxo de noroeste se mostrou mais intenso no dia anterior, chegando à velocidade máxima de 30 m/s, sobre o leste da Bolívia, Paraguai, norte da Argentina, oeste de SC e do RS. No caso 9 (Figura 2i), o fluxo de noroeste se mostrou mais intenso às 12 Z do dia 16/10/2016, chegando à velocidade máxima de 34 m/s, na mesma região do caso anterior. O JBN, no caso 10 (Figura 2j), foi parecido com o caso 7, pois se encontrava de noroeste na parte central do Brasil (MT), região na qual confluía com vento de norte/noroeste sobre SC, formando uma pista de vento com velocidade máxima de 18 m/s, às 06Z. O caso 11 (Figura 2k) foi diferente dos demais, devido ao fato da instabilidade no estado de SC não estar relacionada ao JBN, e sim à convergência que se formou sobre a região Sul, devido ao encontro dos ventos de noroeste, nordeste e sul/sudoeste. Neste caso, a velocidade média do vento foi de 14 m/s.

No caso 12 (Figura 2l), verificou-se um fluxo de noroeste atuando sobre o norte da Argentina e leste do Paraguai, com velocidade de 18 m/s, às 12h. No entanto, havia um fluxo de leste influenciando SC, fazendo com que os ventos predominantes no local fossem de norte. No caso 13 (Figura 2m), o fluxo de noroeste se mostrou mais intenso às 12Z do dia 06/10/2017, chegando à velocidade máxima de 28 m/s, sobre o sul da Bolívia e Paraguai. No caso 14 (Figura 2n), foi verificado que não havia atuação do JBN. E no caso 15 (Figura 2 o), o fluxo de noroeste se mostrou mais intenso às 12Z do dia 16/10/2016, chegando à velocidade máxima de 20 m/s, sobre o leste da Bolívia, Paraguai, norte da Argentina, oeste de SC e do RS.

Portanto, com exceção de dois casos (11 e 14) da Tabela 1, os demais foram acompanhados do predomínio do JBN, cuja região de maior atuação foi verificada, em geral, a leste da Bolívia, Paraguai e norte da Argentina, com intensidade entre 20 e 30 m/s, e direção de noroeste. Em três casos, no entanto, a confluência do JBN, posicionado em latitudes mais ao norte, com o fluxo proveniente da borda oeste da Alta Subtropical do Atlântico Sul, provocou um vento de norte em SC, e com velocidades máximas de 18 m/s, ou seja, menores em relação a valores bem mais intensos do JBN, que em alguns casos chegou a 30 m/s.

#### *4.1.1. Campos de umidade específica e temperatura em 850 hPa*

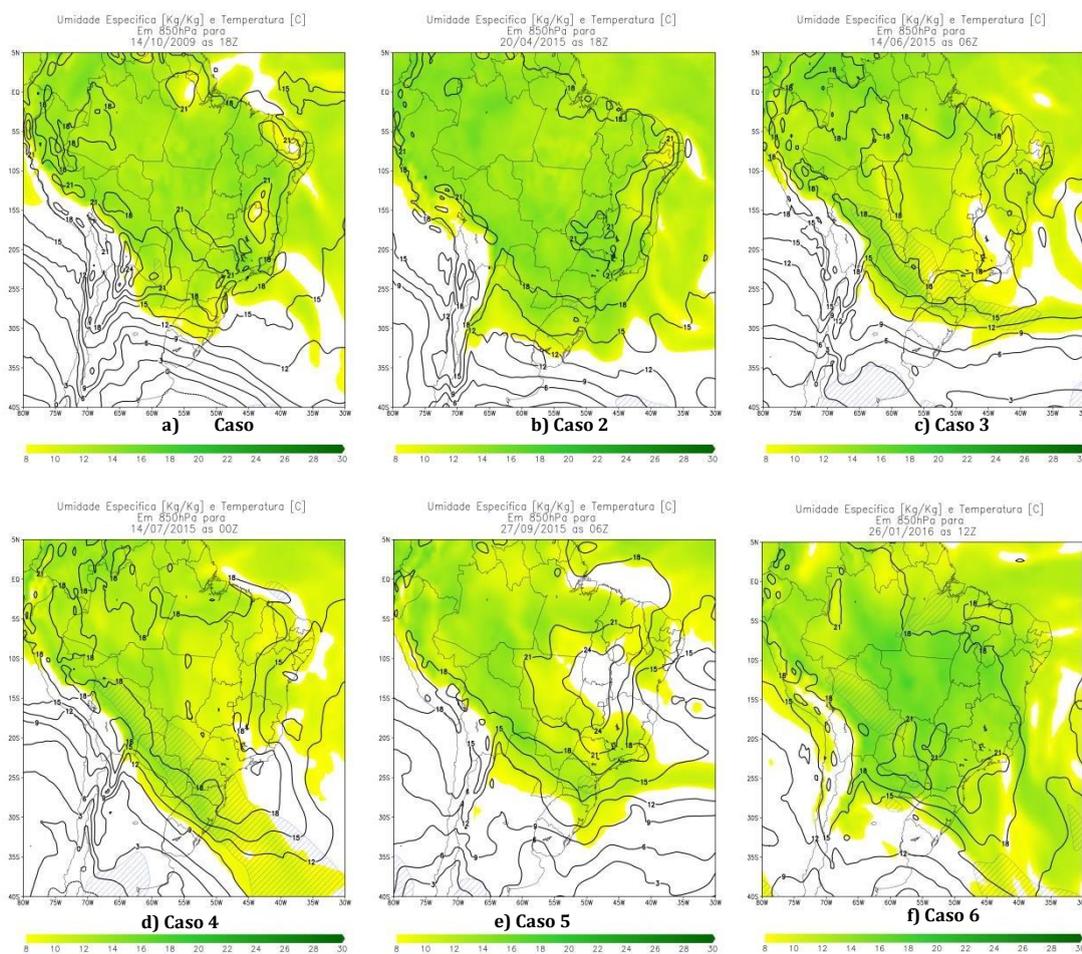
Na Figura 3, são mostrados os campos de umidade específica e temperatura em 850 hPa. Estas variáveis são de fundamental importância para a ocorrência de instabilidade e formação de tempestades. Em geral, o transporte de umidade e calor do norte para o sul do Brasil é verificado no próprio fluxo do JBN.

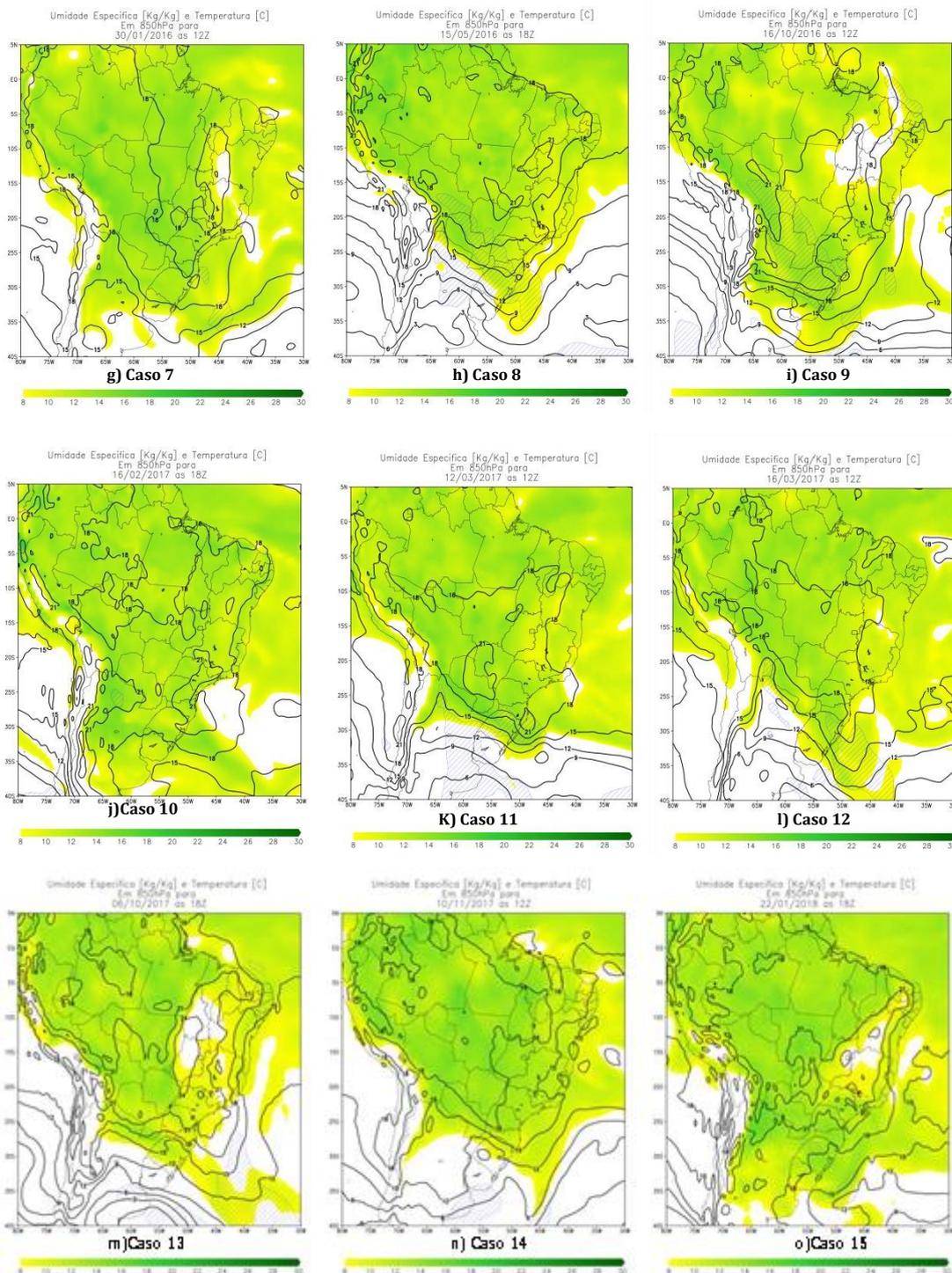
No primeiro e segundo casos (Figuras 3a e 3b), verificou-se que havia uma maior concentração de umidade (chegando em 12 g/kg) justamente na região de maior intensidade do jato. No terceiro e (Figura 3c), o fluxo de umidade trazido pelo JBN ficou em 9 g/kg. Os casos de 5

a 9 (Figuras 3e, 3f, 3g, 3h, 3i), e de 11 a 15 (Figuras 3k, 3l, 3m, 3n, 3o), (ou seja, a maior parte deles) foram parecidos com os dois primeiros: umidade máxima de 12 g/kg e justamente na região de maior intensidade do jato.

O quarto caso foi o que mostrou um maior aporte de umidade (de 12 g/kg) num tempo de seis horas antes do horário de maior intensidade do JBN. No décimo caso, ao contrário, havia uma quantidade maior de umidade (também de 12 g/kg) no período de 12 horas depois que o jato estava mais intenso.

FIGURA 3: De 3a a 3o, seqüência de imagens de campos de Umidade Específica e Temperatura no nível de 850 hPa, para os 15 casos de Frente Fria.





#### 4.1.3 Informações de radiossondagem

Na Tabela 03, são apresentadas, para cada caso de Frente Fria, as informações do local e dos seguintes valores de dados da radiossondagem analisada: velocidade e direção do vento em 850

hpa, temperatura em 500 hpa e índices de instabilidade CAPE, CIN, K, TT, para os horários das 00Z e 12Z do dia da ocorrência do evento.

**Tabela 03:** Dados de radiossondagem para os casos de Frente Fria.

Casos	Cidade Radiossondagem	V <sub>850</sub> (°) 00Z/12Z	V <sub>850</sub> (km/h) 00Z/12Z	T <sub>500</sub> (°C) 00Z/12Z	CAPE 00Z/12Z	CIN 00Z/12Z	K 00Z/12Z	TT 00Z/12Z
01	Foz do Iguaçu /PR	15/330	33/59	-9,3/ -7,9	0/0	-495/-487	10/34	43/47
02	Londrina/ PR	285/310	16/30	-4,9/ -6,5	1652/850	-23/-135	39/ 33	50/45
03								
04	Florianópolis/S C	330/340	96/ 79,6	-9,5/ -9,1	412/0	-617/-464	37/37	50/47
05	Florianópolis/S C	55/310	9/42,5	-7,7/-8,1	XXXXX	XXXX	30/35	39/44
06	Florianópolis/S C	290/275	20/24	-5,3/-4,5	1241/33	-245/-352	37/33	46/42
07	Florianópolis/S C	180/140	55,6/31	-6,5/-9,3	XXXXX	XXXXX	19/20	27/26
08	Florianópolis/S C	X /350	X /61	X/ -10,3	X/10	X/ -6,8	X/ 0	X/ 37
09	Foz do Iguaçu /PR	5/315	48/66,7	-3,5/-5,5	1463/297	-208/-284	42/41	47/49
10	Foz do Iguaçu /PR	20/0	27,7/31	-4,9/-5,9	1934/446	-117/-176	37/22	46/45
11	Foz do Iguaçu /PR	350/280	37/44	-4,1/-5,3	1365/1479	-125/-127	38/38	48/46
12	Florianópolis/S C	345/340	33/59	-7,3/-7,1	941/195	-12/-208	9/16	45/44
13	Florianópolis/S C	0/305	66,7/76	-8,9/-7,1	351/181	-475/-415	17/39	52/48
14	Foz do Iguaçu /PR	120/315	9/30	-6,9/-7,9	857/1413	-50/-73	28/41	47/49
15	Foz do Iguaçu /PR	330/320	24/59	-6,1/-5,5	13/655	-427/-206	37/32	49/46

Fonte: University of Wyoming, Department of Atmospheric Science, disponível em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>.

Para os casos 1, 9, 10, 11, 14 e 15, foi usada a radiossondagem do município de Foz do Iguaçu, que se localiza no estado paranaense, divisa com SC. Através desta informação, foi possível analisar a atuação do JBN na região Sul do Brasil, mostrando a direção predominante do vento de noroeste (NW) com intensidade variando entre 30 a 60 km/h. Os índices termodinâmicos indicaram forte instabilidade no dia das ocorrências dos eventos. Por exemplo, nos casos 9, 10 e 11, o CAPE estava com valores altos, de 1463J/kg, 1934 J/kg e 1365J/kg, respectivamente.

O caso 2, referente ao dia 20/04/2015, de um pré-frontal atuando em SC juntamente com o JBN, resultou na formação de um tornado em Xanxerê.

A estação de ar superior do município de Londrina, no Paraná, indicou que havia muita instabilidade no Oeste catarinense e muita energia potencial disponível na atmosfera, devido ao valor alto do índice CAPE, de 1652 J/kg. O valor CIN representou pouca inibição convectiva, enquanto os outros índices, K e TT, também mostraram uma condição bem favorável de tempestade severa.

Para os casos 04, 05, 06, 07, 08, 12 e 13, foi usada a estação de ar superior do município de Florianópolis, que indicou a atuação do JBN, menos para o caso 07, para o qual mostrava um fluxo de nordeste (NE), como mencionado anteriormente no item 3.1.2. Pela análise dos índices de instabilidade, diferentemente dos demais casos, estes mostraram uma atmosfera com instabilidade moderada, e com destaque para os casos 06 e 12, que registraram CAPE de 1241 J/kg e 941 J/kg, respectivamente.

#### 4.2 Análises dos casos com altos volumes de precipitação na bacia do rio Itajaí

##### 4.2.1 Registro de chuva de estações meteorológicas na Bacia do Rio Itajaí

A tabela 4 mostra os registros de chuva na região da bacia do Rio Itajaí, com total igual ou acima de 80 mm em 24 horas, a partir de informações do banco de dados da Agência Nacional das Águas (ANA), INMET e rede de informações monitoradas na EPAGRI/CIRAM.

Tabela 4: Eventos e registros de chuvas ocorridas na bacia do Rio Itajaí

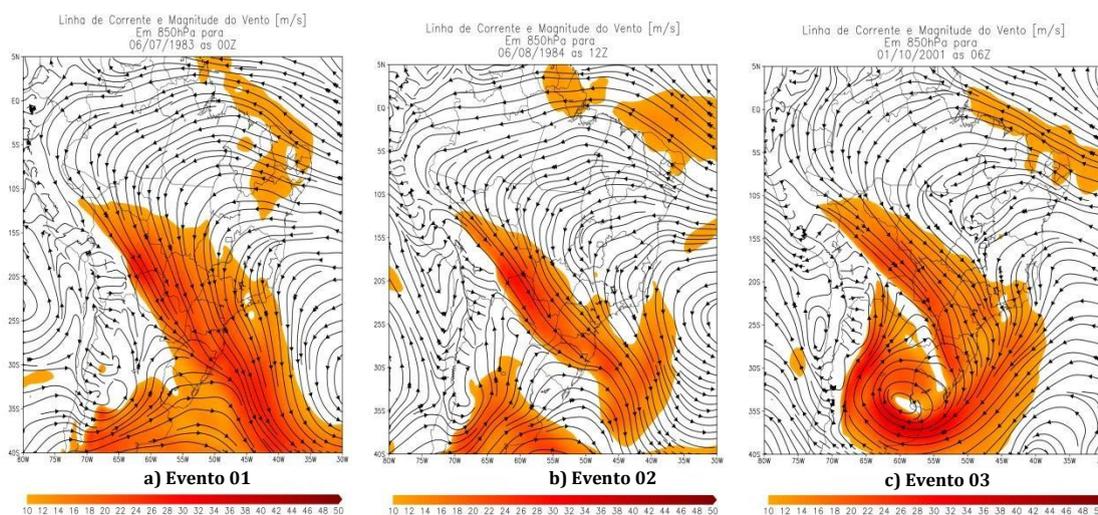
EVENTO	DATA	LOCAL	CHUVA (m) na Bacia do Rio Itajaí
1983	06/07/83	Itajaí/SC	
1984	07/08/84	Itajaí/SC	
2001	Outubro		
2008	20 a 24 de Novembro	Blumenau	250,9 mm dia 24 e 494,4 mm em apenas dois dias.
2011	8 a 10 de Setembro	Rio dos Cedros	132,3 mm nos dias 8 e 9 de setembro.
2013	20 a 23 de Setembro	Itajaí/SC	

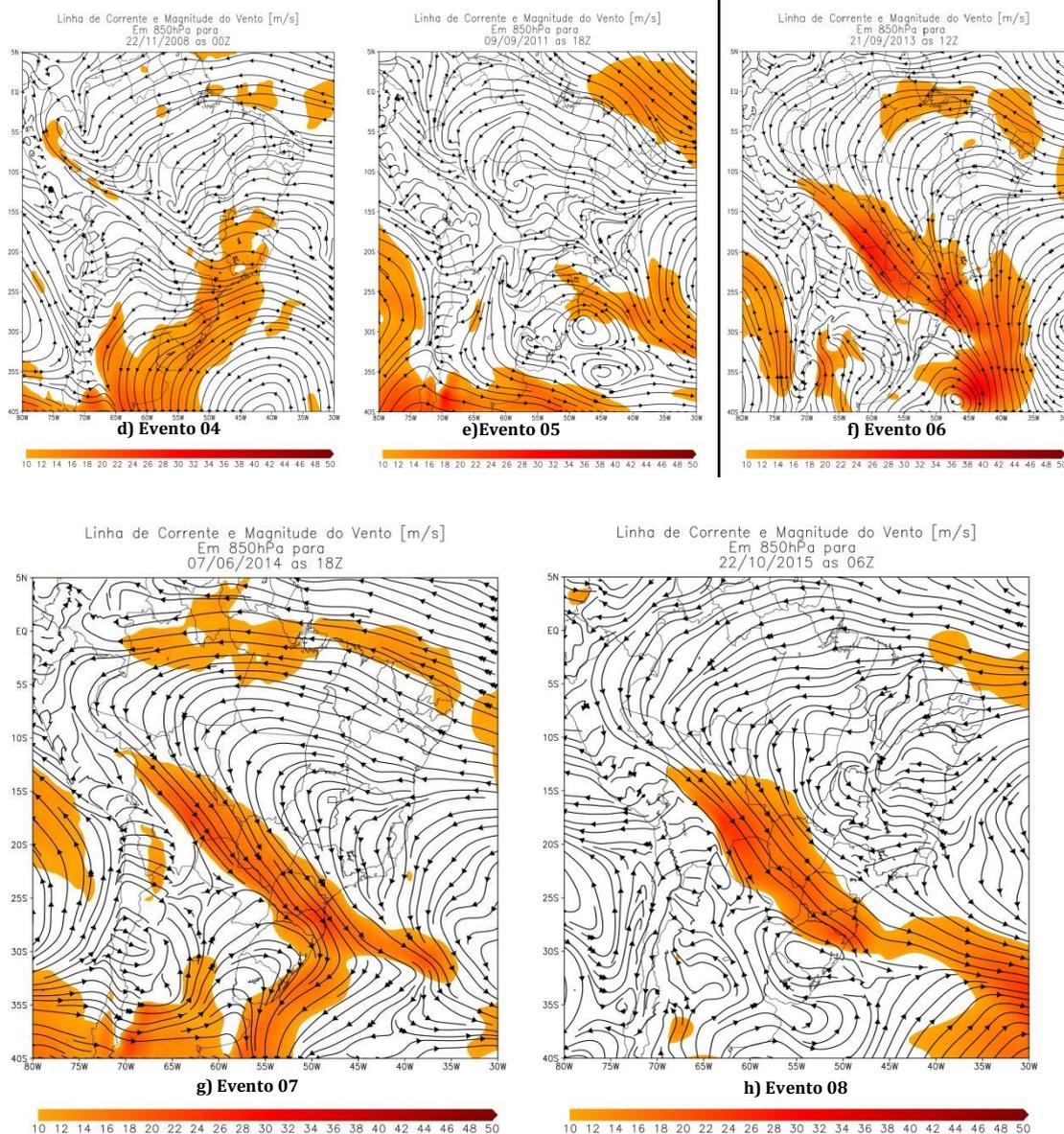
2014	7 a 9 de Junho	Itajaí/SC	
2015	22 a 24 de Outubro	Itajaí/SC	

#### 4.2.2 Campos de direção e magnitude do vento em 850 hPa

Com a análise do campo de vento em 850 hPa buscou-se identificar regiões de entrada do fluxo de vento de leste/nordeste, com valores acima de 10 m/s, na costa sudeste do Brasil em baixos níveis que favorecem chuva intensa na região do vale do Itajaí. A Figura 4, mostra os campos de vento com direção predominante e máxima intensidade, referente aos eventos de alta precipitação na região portuária de Itajaí.

FIGURA 4: De 4a a 4h seqüência de imagens dos campos de Linhas de Corrente e Magnitude do Vento (m/s) no nível de 850 hPa, para os oito casos de chuva intensa que afetaram o Porto de Itajaí.





No evento de 1983 (Figura 4a), o fluxo de ventos sobre SC, no dia 05 de julho as 00Z se iniciou de norte, com velocidade de 10 m/s. No decorrer dos horários sinóticos o fluxo ficou de noroeste e aumentando de intensidade chegando a 24 m/s no dia 06/07 as 00Z. Neste evento, a chuva teve início no dia 5 de julho e continuou sem parar pelos dias subsequentes, afetando toda a região do Vale de Itajaí e região sul do estado de Santa Catarina. No dia 09 de julho o rio Itajaí Açu atingiu o nível máximo, 15 metros e 34 centímetros. A cidade catarinense mais afetada foi Blumenau, ficou alagada por 32 dias, com casas ilhadas e sem qualquer tipo de comunicação.

No evento de 1984 (Figura 4b), em SC, atuava um fluxo de noroeste desde o dia 05 de agosto no horário das 06Z, este fluxo se estendia desde a Bolívia, Paraguai até os estados brasileiros Mato Grosso do Sul, Paraná e Santa Catarina, com velocidade de 22m/s. A enchente de 84, conhecida popularmente, durou apenas alguns dias, porém o rio atingiu um nível maior que no ano de 1983. No dia 7 de agosto de 1984 foi registrada a marca de 15,46 metros.

Em 2001 (Figura 4c), evento de enchente ocorrido de 01 a 03 de outubro em SC, havia dois fluxos de vento atuando no Sul do Brasil. Um fluxo oriundo da Amazônia, de noroeste e outro de nordeste atuando mais na região sudeste do país. No entanto, no decorrer do avanço dos horários sinóticos, percebeu-se o predomínio do fluxo de noroeste favorecendo o transporte de umidade e calor para SC. Já, no evento de 2008 (Figura 4d), 20 a 23 de novembro, havia um fluxo de Leste no dia 20 as 00Z, trazendo umidade do mar para a costa catarinense. Mas, foi no dia 21/11 a partir das 00Z, que o fluxo ficou de nordeste, mantendo esta direção até o dia 23/11. Atingido sua máxima intensidade dia no dia 22/11 as 00Z.

O evento de 2011 (Figura 4e), caso de enchente ocorrido entre 08 e 10 de setembro, foi provocado por uma frente estacionária entre o sul do Paraguai, SC e litoral do PR, estendendo-se pelo Atlântico. Esse sistema provocou bastante chuva em SC, principalmente na região norte e Vale do Itajaí. Em 850 hPa, no dia 08, o fluxo era de norte/noroeste com uma intensidade abaixo de 10 m/s. Percebeu-se a presença de uma área de baixa pressão alongada entre o RS e Paraguai associado a frente estacionária em superfície, mantendo o tempo instável em grande parte do estado. O fluxo de vento sobre SC nos dias 09 e 10 foi predominante de oeste/sudeste.

No evento de 2013 (Figura 4f), de 20 a 23 de setembro, o vento no dia 20 era de nordeste sobre SC as 06Z com velocidade de 12 m/s, no horário da 12Z do mesmo dia, ocorreu uma confluência de ventos de

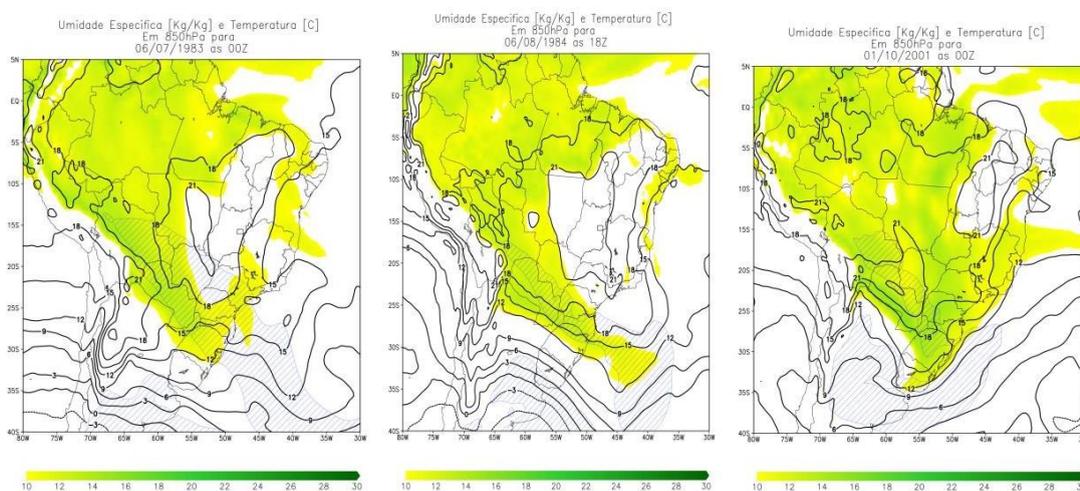
nordeste e noroeste abrangendo o Paraguai, norte da Argentina, parte do Paraná e oeste de SC. Com o passar dos horários sinóticos o fluxo de noroeste e nordeste atuaram com maior intensidade no norte e Vale do Itajaí, principalmente no dia 21 as 12Z chegando a 24 m/s.

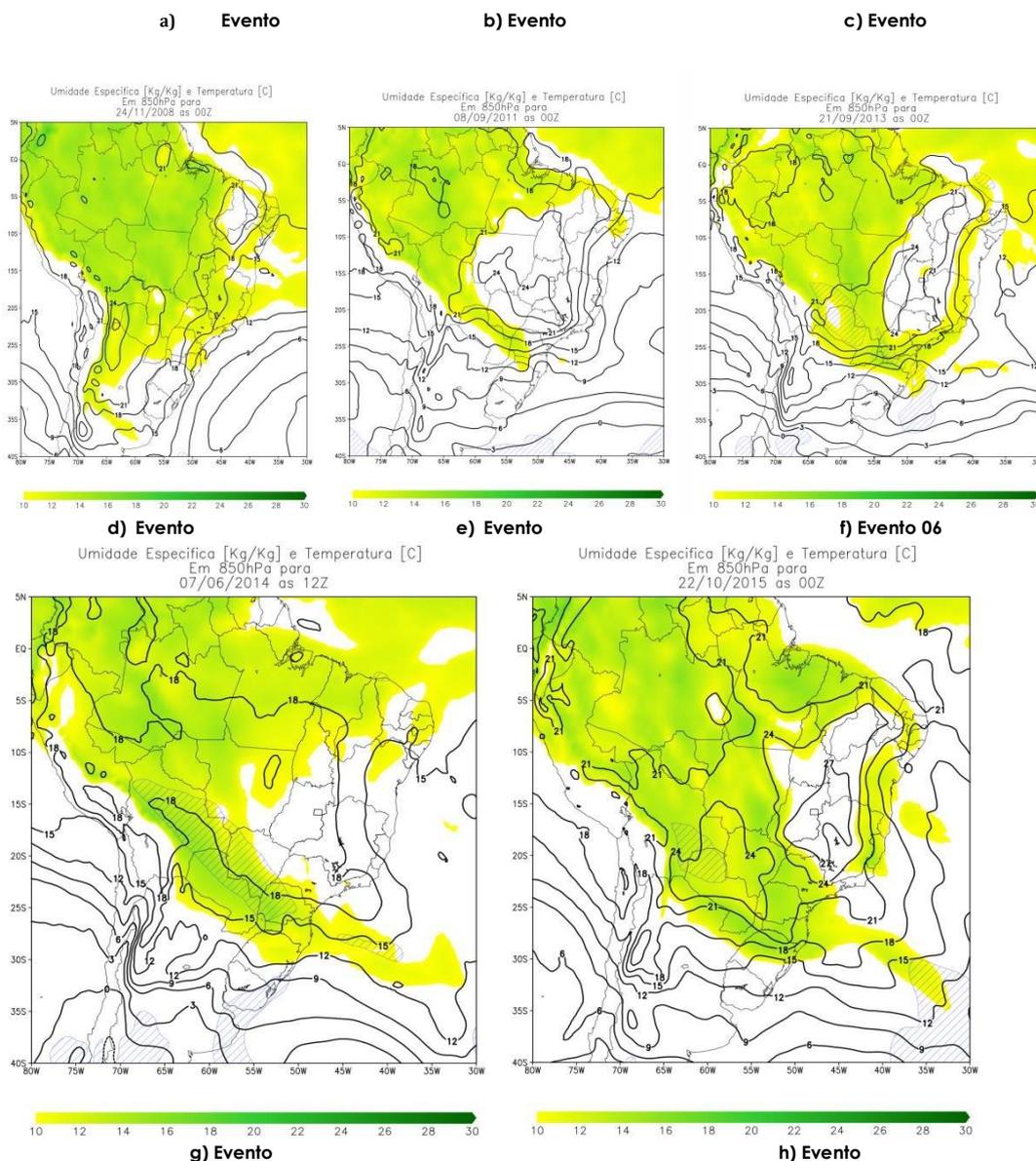
Em 2014, evento de 07 a 09 de junho (Figura 4g) fluxo de noroeste, um típico JBN se mostrou em atuação desde o primeiro horário do dia 07, sobre o Paraguai, Norte da Argentina e nos estados brasileiros como; Mato Grosso do Sul, Paraná e SC, chegando a sua máxima intensidade às 18Z, com velocidade entre 20 e 24 m/s. No evento de 2015 (Figura 4h), 22 a 24 de novembro, predominou no dia 22 até as 12Z um fluxo de noroeste, o qual favorecia o transporte de umidade pra Santa Catarina com intensidade entre 20 a 22 m/s, nos demais dias analisados o vento ficou de oeste de fraca intensidade, menor que 10 m/s.

#### 4.2.3 Campos de umidade específica e temperatura em 850 hPa

Neste tópico, são analisados os campos de umidade específica e temperatura em 850 hPa (Figura 5) de oito eventos que favorecem a ocorrência de chuva intensa na região do vale do Itajaí e que influenciaram as infraestruturas portuárias.

FIGURA 5: De 5a a 5h sequência de campos de Umidade Específica e Temperatura no nível de 850 hPa, para os 8 casos (a), b) de chuva intensa no vale do Itajaí.





No evento de 1983 (Figura 5 a), desde o início do evento havia transporte de umidade e calor para o Sul do Brasil com direção de noroeste, no entanto o maior aporte de umidade e calor em SC se deu no segundo dia do evento, 06/07 às 00Z chegando em 12 g/kg e 15°C, respectivamente. Em 1984 (Figura 5b), não foi diferente de 1983, o fluxo de umidade e calor era de noroeste e também ocorrendo o maior aporte no segundo dia do evento, 06/08, com valores de 12 g/kg de umidade e 18°C de temperatura. O evento de 2001 (Figura 5c), comparado aos dois eventos anteriores de chuva intensa, já se iniciou com valor maior de umidade, 14 g/kg no primeiro dia, 01/10, no entanto nos dias seguintes ficou com valor abaixo encontrado nos eventos de

1983/84, já a temperatura ficou em média de 18°C.

Em 2008 (Figura 5d) evento de 20 a 24 de novembro, o fluxo de umidade na maioria dos dias ficou abaixo do limiar estabelecido na metodologia, que seria igual ou maior que 10g/kg, um valor de umidade significativo para ocorrência de chuva intensa. Somente no dia 24 na região norte e vale do Itajaí, a umidade ficou em 12g/kg, com fluxo de calor entre 15 e 18°C. Em 2011 (Figura 5e), a maior quantidade de umidade sobre SC foi no primeiro horário sinótico (00Z) do dia 08/11, com valor entre 10 e 12 g/kg, os demais horários e dias ficaram abaixo de 10 g/kg, já a temperatura ficou entre 12 e 15°C. No evento de 2013 (Figura 5f), a maior presença de umidade e calor em SC foi no dia 21 de setembro as 00Z, com valor entre 12 e 14g/kg e temperatura de entre 15 e 18°C. Já em 2014 (Figura 5g), evento de 07 a 09 de junho, o aporte de umidade e calor sobre SC foi durante todo o evento e com valores em torno de 12g/kg e 15°C. O evento de 2015 (Figura 5h) foi um evento onde o fluxo de calor e umidade foi mais intenso comparado aos eventos analisados anteriormente, com umidade entre 14 e 16 g/kg e temperatura de 21°C e estes valores permaneceram até início do dia 23 de outubro, depois disso, o fluxo continuou atuando, no entanto com menor intensidade.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme a análise dos eventos de temporais e frentes frias, por meio de imagens de satélite, campos de vento, umidade específica em 850 hPa e índices de instabilidades, percebeu-se que na maioria dos casos, 15 no total, havia muita instabilidade em Santa Catarina,. Além disso, a análise do campo de vento em 850 hPa, permitiu verificar a presença do JBN, um fluxo de noroeste transportando ar úmido do Norte para o Sul do Brasil, resultado da interação dos ventos alísios com a umidade amazônica. O fluxo de umidade e calor sobre o estado ocorreu na maioria dos casos quando a atuação do JBN se encontrava mais intensa. A combinação destas variáveis é de fundamental importância

para a ocorrência de instabilidade e formação de tempestades. Sobre os índices termodinâmicos foram obtidos de diversas estações de ar superiores localizadas no Sul do Brasil. Em todos os casos analisados foi possível detectar forte instabilidade sobre Santa Catarina, como exemplo são os casos 9, 10 e 11, onde o CAPE estava com valores altos, chegando a 1463 J/kg, 1934 J/kg e 1365 J/kg, respectivamente.

Com análise dos casos com altos volumes de precipitação na bacia do rio Itajaí buscou-se identificar regiões de entrada do fluxo de calor e umidade em baixos níveis que favorecem chuva intensa na região do vale do Itajaí (vento de leste/nordeste na costa sudeste do Brasil, com valores acima de 10 m/s, temperatura acima de 14 °C e umidade específica acima de 10 g/kg). Estes limiares propostos na metodologia referente a direção do vento de nordeste infelizmente foi encontrado em um só caso, no entanto os limiares para o fluxo de umidade e calor foram encontrados na maioria dos 8 casos analisados, com umidade entre 12 e 14 g/kg e temperatura em média de 18°C, tendo o evento de 2015 marcando 21°C.

Portanto, os limiares propostos na metodologia para análise dos casos, tanto de Frentes Frias e Pré-Frontais, quanto de altos volumes de chuva ocorridos em Itajaí, foram encontrados na maioria dos casos estudados. Indicando que os resultados encontrados e descritos acima poderão ser usados como subsídio para auxiliar na determinação de indicadores e limiares de eventos extremos causadores de danos as linhas de transmissão e enchentes no vale do Itajaí. Os eventos de Frentes Frias e Pré – Frontais são bem comuns em SC, em média de 4 casos por mês com um total médio de 48 frentes frias por ano. Neste estudo foram analisados 15 casos de Frentes Frias e Pré- Frontais que causaram algum dano às infraestruturas do estado. Para um resultado preliminar da frequência de temporais causados por frentes frias, num período de 10 anos analisados neste produto seria de 3% a cada 10 anos, mas esta frequência se considerou somente os quinze casos estudados, mas se sabe que ocorreram mais temporais durante os 10 anos que não foram

estudados devido a inviabilidade de tempo para tal estudo. Sobre a robustez da informação climática, pode-se afirmar que é confiável o resultado encontrado. Para os casos de enchentes ocorridos no vale de Itajaí, pode se afirmar que a frequência é bem menor que as tempestades ocorridas pelas Frentes Frias. Pois, em SC em média se tem um caso de enchente no ano, tirando o caso de 1973 e 1974, os demais não ocorrem em anos seguidos, por isso fica difícil mensurar a frequência destes eventos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BENETI, C. A. A.; SILVA DIAS, M. A. F. Análise Do Desempenho De Índices De Instabilidade Como Previsores De Tempestades Na Região Centro-Sul Do Brasil. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, p. 467–471, 1992.

BROOKS, H. E.; DOSWELL, C. A.; KAY, M. P. Climatological Estimates of Local Daily Tornado Probability for the United States. **WeatherandForecasting**, v. 18, n. 2 cm, p. 626– 640, 2003.

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**.

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.

HALLAK, R.; PEREIRA FILHO, A. J. **Análise De Desempenho De Índices De Instabilidade Atmosférica Na Previsão De Fenômenos Convectivos De Mesoescala Na Região Metropolitana De São Paulo Entre 28 De Janeiro E 04 D Efevereiro De 2004**. p. 173–206, 2012.

HERRMANN, M. L. P. Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina, período 1980 a 1995. 1997. 59 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

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.

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

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.

MMA e GIZ. Relatório produto 4: 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. **Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI)**. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Brasília, DF, 2018.

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, p. 121–140, 2005.

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.

PAULA, L. A. et al. ESTUDO DOS INDICES INSTABILIDADE EM PRIMAVERAS DE EL NIÑO NO SUL DO BRASIL. **XII Congresso Argentino de Meteorología . CONGREGMET XII. CONGREGMET XII**, 2015.

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.

SILVA DIAS, M. A. F. ÍNDICES DE INSTABILIDADE PARA PREVISÃO DE CHUVA E TEMPESTADES SEVERAS. **Instituto Astronômico e Geofísico Universidade de São Paulo**, 2000.

SATYAMURTY P.; Mattos L. F. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. Mon. Wea. Rev., v. 117, n. 6, p. 1355-1364, 1989.

SILVA DIAS, M. A. F. An Increase in the Number of Tornado Reports in Brazil. **American Meteorological Society**, p. 209–217, 2011.

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.