

## ANÁLISE DE POSSÍVEL TORNADO NA CIDADE DE TAPEJARA, RIO GRANDE DO SUL

### Analysis of possible tornado in the city of Tapejara, Rio Grande do Sul

Jessica Zanivan  
Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim  
[jessica.zanivan@hotmail.com](mailto:jessica.zanivan@hotmail.com)

Rafaela Pollon  
Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim  
[rafaelapollon17@hotmail.com](mailto:rafaelapollon17@hotmail.com)

Pedro Murara  
Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim  
[pedro.murara@uffs.edu.br](mailto:pedro.murara@uffs.edu.br)

**Aceito em 25/05/2020**

**Recebido em 29/04/2020**

**RESUMO:** Eventos de origem climática ou meteorológica correspondem a quase 90% dos episódios extremos ocorridos no planeta. Pesquisas apontam que a frequência e intensidade de tais episódios têm aumentado nos últimos anos em decorrência das mudanças climáticas ocasionadas por ação antrópica. Os tornados são episódios extremos de grande relevância devido aos fortes impactos provocados e tem ocorrido com maior frequência nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Neste sentido, o estudo realizado buscou analisar um evento extremo ocorrido em 2014 em Tapejara, um município localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, popularmente identificado como tornado. Para este estudo, foram utilizados dados meteorológicos das três estações oficiais mais próximas do município, além da análise de imagens de satélite e cartas sinóticas. Foi elaborado também gráfico de análise rítmica que possibilitou identificar a variabilidade dos elementos climáticos no dia do evento, bem como, os sistemas atmosféricos atuantes. Os resultados apontaram para ocorrência de uma frente fria durante o evento em análise e, as velocidades dos ventos na região, não se caracterizam pela ocorrência de um tornado e sim, pela ocorrência de rajadas de ventos que causaram queda de árvores e destelhamento que repercutiram em perdas e prejuízos para o município.

**Palavras-chave:** Análise rítmica; Eventos extremos; Impactos Urbanos.

**ABSTRACT:** Events of climatic or meteorological origin correspond to almost 90% of the extreme episodes that occurred on the planet. Research shows that the frequency and intensity of such episodes have increased in recent years as a result of climate change caused by anthropic action. Tornadoes are extreme episodes of great relevance due to the strong impacts caused and have occurred more frequently in the South and Southeast regions of Brazil. The article analyzes an extreme event that occurred in 2014 in Tapejara, a municipality located in the northwest region of the state of Rio Grande do Sul, popularly identified as a tornado. Meteorological data from the three official stations closest to the municipality were used, in addition to the analysis of satellite images and synoptic charts. A graph of rhythmic analysis was also drawn up, which made it possible to identify the variability of climatic elements on the day of the event, as well as the atmospheric systems acting. The results pointed to the occurrence of a cold front during the event under analysis and, the wind speeds in the region, are not characterized by the occurrence of a tornado, but by the occurrence of gusts of wind that caused trees to fall and debris that reverberated in losses and losses for the municipality.

**Keywords:** Rhythmic analysis; Extreme events; Urban Impacts.

## INTRODUÇÃO

Eventos extremos podem ser conceituados como anormalidades ou também desvios comportamentais de modelos climáticos moderados ou habituais. Anomalias de origem climática e meteorológica correspondem a cerca de 85% dos episódios extremos no planeta (SANT'ANNA NETO, 2005). Tais eventos podem repercutir na forma de enchentes, ondas de calor, secas prolongadas, tufões e até mesmo tornados. A intensidade e a frequência de eventos extremos são temas crescentes, frente as incertezas de alguns elementos que envolvem a sua gênese, bem como, sua associação nos últimos anos às mudanças climáticas provocadas pelas ações antrópicas (MARENGO, 2008)

As escalas temporais de eventos extremos podem variar de dias até milênios, sendo que para as atividades humanas, os episódios extremos de curto e médio prazo que correspondem a mudanças bruscas relacionadas à meteorologia e a climatologia, respectivamente, são as mais notáveis devido aos fortes impactos provocados (MARENGO, 2008).

No Brasil, as estiagens, vendavais e tempestades estão entre os eventos meteorológicos extremos comuns e recorrentes devido aos tipos climáticos do território nacional. Porém, causam grandes prejuízos socioeconômicos e ambientais, por conta das ações antrópicas de produção do espaço nas áreas urbanas e rurais (SILVEIRA et al., 2014).

Um fenômeno extremo bastante preocupante que é capaz de acarretar imensos danos aos locais atingidos sendo registrados com maior frequência em algumas regiões brasileiras nas últimas décadas: o tornado (BERTONI, 2013).

Em geral os tornados são ainda confundidos e classificados erroneamente pelo senso comum apenas como vendavais e tempestades, principalmente, pela falta de registro fotográfico ou equipamentos mais específicos para a sua detecção, o que dificultam as caracterizações e afirmação do evento ocorrido com maior precisão (MOREIRA; SILVEIRA, 2013).

Conceitualmente, cabe destacar que tornado diferencia-se do furacão. Enquanto o tornado ocorre em superfícies terrestres, o furacão é um fenômeno que ocorrem nos oceanos, quando a velocidade dos ventos supera os 118km/h. Ambos são caracterizados por centros de baixa pressão em que os ventos sopram para dentro, ao redor deste centro (INMET, 2019), ou seja, são identificados pela formação de ciclones, no entanto, o furacão, é um ciclone que ocorre no Oceano, com dimensões superiores a 500km e que, dependendo de sua localização no globo, pode receber outras nomenclaturas como ciclone tropical ou tufão, quando ocorrem no Oceano Pacífico (CPTEC, 2018).

Outros dois fenômenos envolvendo ventos fortes que podem ser confundidos na identificação e conceituação da ocorrência de um tornado são as rajadas de vento e as microexplosões. As rajadas de vento se caracterizam por mudanças bruscas do vento em um intervalo de tempo curto. Este fenômeno, segundo a Escala Beaufort

(Figura 1), se caracteriza por agitação de folhas e queda de árvores até o destelhamento de imóveis, devido a velocidade dos ventos que são superiores 10km/h ou 3,6m/s (INMET, 2019).

A classificação da intensidade dos ventos usualmente pode ser efetuada pela Escala Beaufort, a qual foi descrita no século XIX pelo hidrógrafo britânico Francis Beaufort. O destaque desta escala é repercussão que os ventos, em média, representam nos ambientes aquáticos e terrestres, ou seja, guarda uma relação de comparação da velocidade do vento com as suas possíveis repercussões no espaço.

Grau	Designação	nós	km/h	m/s	Aspecto do mar	Efeitos em terra
0	<i>Calmaria</i>	<1	<2	<1	Espelhado	Fumaça sobe na vertical
1	<i>Bafagem</i>	1 a 3	2 a 6	1 a 2	Pequenas rugas na superfície do mar	Fumaça indica direcção do vento
2	<i>Aragem</i>	4 a 6	7 a 11	2 a 3	Ligeira ondulação sem rebentação	As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar
3	<i>Fraço</i>	7 a 10	13 a 19	4 a 5	Ondulação até 60 cm, com alguns <i>carneiros</i>	As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento
4	<i>Moderado</i>	11 a 16	20 a 30	6 a 8	Ondulação até 1.5 m, <i>carneiros</i> frequentes	Poeira e pequenos papéis levantados; movem-se os galhos das árvores
5	<i>Fresco</i>	17 a 21	31 a 39	9 a 11	Ondulação até 2.5 m, muitos <i>carneiros</i>	Movimentação de árvores pequenas; superfície dos lagos ondula
6	<i>Muito Fresco</i>	22 a 27	41 a 50	11 a 14	Ondas grandes até 3.5 m; borrifos	Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda chuva aberto
7	<i>Forte</i>	28 a 33	52 a 61	14 a 17	Mar revolto até 4.5 m com espuma e borrifos	Movem-se as árvores grandes; dificuldade em andar contra o vento
8	<i>Muito Forte</i>	34 a 40	63 a 74	17 a 21	Mar revolto até 7.5 m com rebentação e faixas de espuma	Quebram-se galhos de árvores; circulação de pessoas difícil
9	<i>Duro</i>	41 a 47	76 a 87	21 a 24	Mar revolto até 9 m; borrifos afectam visibilidade	Danos em árvores; impossível andar contra o vento
10	<i>Muito Duro</i>	48 a 55	89 a 102	25 a 28	Mar revolto até 12 m; superfície do mar branca	Árvores arrancadas; danos na estrutura de construções
11	<i>Tempestade</i>	56 a 63	104 a 117	29 a 32	Mar revolto até 14 m; pequenos navios sobem nas vagas	Estragos abundantes em telhados e árvores
12	<i>Furacão</i>	>64	>119	>33	Mar todo de espuma; visibilidade nula	Grandes estragos

Figura 1. Escala de Beaufort.

Já as microexplosões são caracterizadas por correntes de ar descendentes a partir de uma nuvem que se espalham horizontalmente ao tocar o solo. Os dois fenômenos, micro explosão e tornado, são muito parecidos, porém as microexplosões não caracterizam-se pelo ar em rotação (espiral) e a descarga do impacto gerado pela rápida descida do fluxo de ar se dá em linha reta, como um corredor de vento (FUJITA, 1981; OLIVEIRA, 2016; DIAS; GRAMMELSBACHER, 1991).

Os tornados podem ser definidos como violentas colunas giratórias de ar ao redor de um eixo central que se caracterizam por sua extensão vertical entre a base de uma nuvem convectiva, do tipo *cumulunimbus* e a superfície terrestre, normalmente visível com o formato de um funil. O centro do tornado tem pressão baixa, geralmente associado a localidades caracterizadas por elevadas temperaturas, o que atrai o ar, enquanto a rotação define a força centrífuga que afasta o ar para fora da rotação. Essas forças que atuam na configuração do tornado são oriundas das diferenças de pressão do ar (DIAS, 2007).

Para ser caracterizado como tornado, os ventos que formam o fenômeno devem causar danos na superfície terrestre (MASATO et. al, 2006; NOAA, 2018). Muito embora o fenômeno esteja associado a tempestades que se desenvolvem em localidades quentes e úmidas, o tornado apresenta como peculiaridade a zona de destruição ocasionada pelo “funil” ou “redemoinho” que caracteriza e marca uma trajetória linear durante a sua atuação (MASATO et. al, 2006).

A extensão do diâmetro de um tornado está entre 100m até 1km, seu tempo de vida desde poucos minutos até meia hora e sua velocidade de deslocamento é, em geral, entre 20 e 50 km/h, cuja classificação de sua intensidade varia na escala de F0 até F5 conforme os danos provocados (quadro 1). Essa classificação é adotada a partir de pesquisas desenvolvidas por Ted Fujita, meteorologista norte-americano que estuda o meio-oeste americano, região onde há maior ocorrência de tornados no mundo (DIAS, 2007).

**Quadro 1.** Escala de Fujita de classificação de Tornados.

Escala de Fujita	
F0	velocidades de 65 a 120 km/h – danos leves: alguns danos a chaminés, galhos e árvores quebrados, árvores de raízes rasas são arrancadas, danos em cartazes.
F1	velocidades de 120 a 180 km/h – danos moderados: o limite inferior é a velocidade de furacão; ocorrem destelhamentos, veículos grandes, como caminhões, são derrubados; automóveis em movimento são desviados para fora das estradas.
F2	velocidades de 180 a 250 km/h – danos consideráveis: telhados inteiros são levantados, grandes árvores são arrancadas ou partidas, objetos leves se transformam em mísseis sendo arremessados a uma certa distância.
F3	velocidades de 250 a 330 km/h – danos severos: telhados e paredes derrubados; trens descarrilados e tombados, maioria das árvores arrancadas, carros pesados levantados do chão e atirados.
F4	velocidades de 330 a 420 km/h – danos devastadores: casas totalmente demolidas, estruturas com fundações frágeis atiradas a alguma distância, carros atirados, grandes objetos transformados em mísseis.
F5	velocidades acima de 420 km/h – danos inacreditáveis: casas arrancadas de suas fundações e atiradas a distâncias consideráveis, carros transformados em mísseis e atirados a distâncias superiores a 100 m, árvores arrasadas, ocorrência de fenômenos incríveis.

Fonte: DIAS, 2007.

No Brasil, os tornados apresentam maior registro na região Sul, seguida pelas regiões Sudeste e Centro-Oeste. O norte da Argentina e o Paraguai são regiões preferenciais de ocorrência na América do Sul (NASCIMENTO, 2005; DIAS, 2007; SILVA DIAS,

2011). No entanto, acredita-se que os registros devem ser superiores aos dados disponíveis para essas regiões devido ao fato de erroneamente o fenômeno ser classificado como vendaval, ciclone ou até mesmo tempestade.

Para o estado do Rio Grande do Sul, o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais apresenta oito registros oficiais de tornados, durante o período de 1991 a 2012, sendo a região do Norte do estado gaúcho identificada com a maior ocorrência do fenômeno (CEPED, 2013).

Segundo Dias (2007), em regiões com agricultura extensiva, associadas a áreas relativamente planas, com cultivo de soja por exemplo, como é o caso da região Norte do Rio Grande do Sul, os tornados podem deixar marcas circulares, com diâmetros da ordem de 100m, em intervalos desigualmente espaçados (Figura 2). Reportagem e noticiários com essas marcas são recorrentes no norte gaúcho e oeste de Santa Catarina (OR, 2020).



**Figura 2.** Marcas circulares na lavoura de milho. **Fonte:** OR (2020)

No dia 12 de abril de 2014 por volta das 5:30 horas, o município de Tapejara, localizado na região Norte do Rio Grande do Sul (Figura 3), foi assolado por fortes ventos, que segundo relatos de moradores duraram poucos minutos, resultando em decreto de emergência para o município devido aos estragos intensos estimados em 10 milhões de reais, conforme levantamento realizado pela Prefeitura do município (G1, 2014).

A suspeita de que o fenômeno ocorrido fosse alguma espécie de vento na forma de redemoinho partiu dos próprios habitantes logo pela manhã, quando pôde ser visualizado que as árvores estavam caídas em várias direções e pelo fato de folhas de zinco que cobriam residências e estabelecimentos comerciais estarem torcidos. Diante da magnitude do fenômeno, partimos da hipótese da ocorrência de que um tornado tenha ocorrido no município de Tapejara.

Considerando o exposto apoiamos nossa análise de identificação do tornado na climatologia dinâmica, por meio da compreensão genética dos fatos climáticos, ou seja, uma análise qualitativa fundamentada especificamente na proposta de Monteiro (1971) por meio da análise rítmica. Segundo o autor,

“[...] o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima e unidade de tempo cronológico pelos menos diárias, compatíveis com a representação da

circulação regional geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo” (MONTEIRO, 1971, p. 9).

Uma vez que o fenômeno em análise apresenta uma temporalidade inferior a escala diária, horas de atuação, a sua gênese poderá ser mais bem compreendida por meio da caracterização e análise dos elementos climáticos dias anteriores a ocorrência do evento, bem como, sua análise horária durante o intervalo identificado nos registros de sua manifestação. Ainda de acordo com o autor,

“[...] só a análise rítmica detalhada ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região” (MONTEIRO, 1971, p. 12).

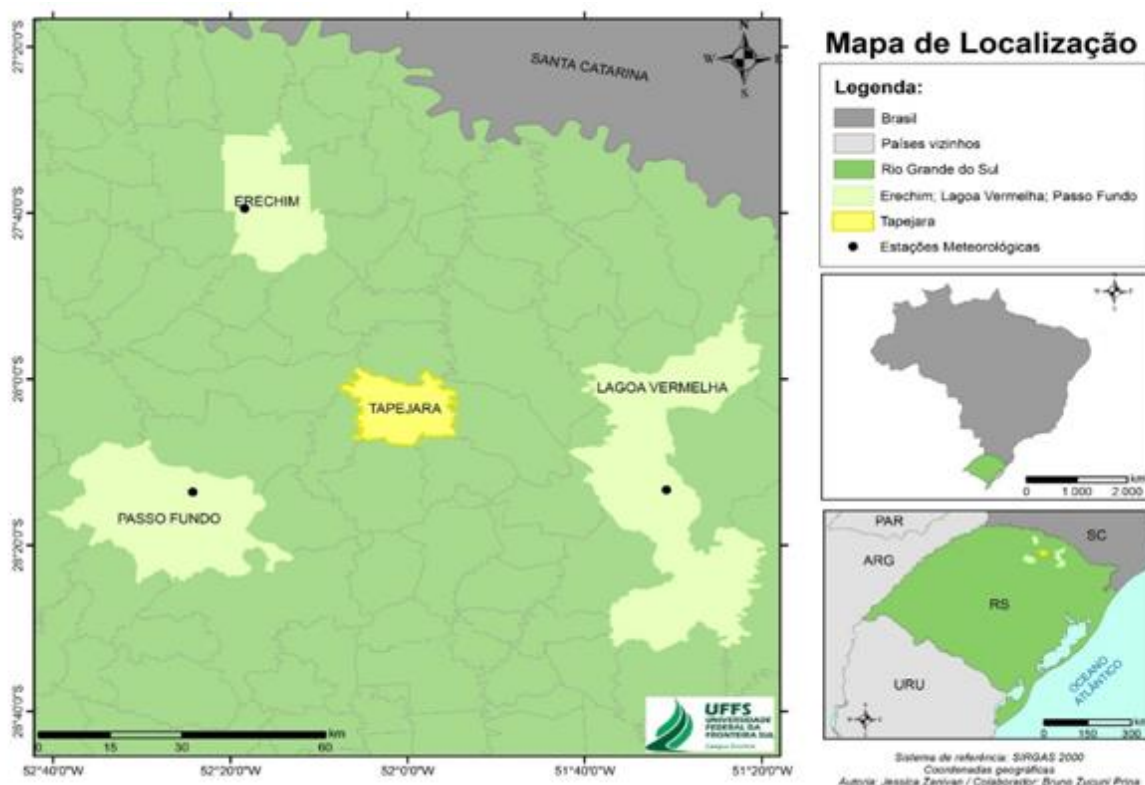
Portanto, a análise da busca pelo ritmo climático, seja este em uma abordagem temporal da ordem do fenômeno, possibilitará a compreensão da sua gênese e desenvolvimento por meio da identificação dos tipos de tempo. Esta análise deve estar associada a dinâmica atmosférica em escala regional, ou seja, umas integrações das escalas de análise que permitirá compreender o fenômeno atmosférico enquanto um evento extremo para a localidade em análise.

Neste contexto que o estudo buscou analisar um evento extremo ocorrido em 2014 em Tapejara, um município localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, popularmente identificado como tornado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Tapejara não possui estação meteorológica oficial, por isso a base de dados utilizada para a análise do fenômeno foi efetuada a partir de três municípios próximos que possuem estações meteorológicas: Passo Fundo (50 km de distância), Erechim (60 km de distância) e Lagoa Vermelha (58 km de distância). O mapa de localização da figura 3 facilita o entendimento da maneira com que o estudo do episódio foi embasado.

A partir de dados das estações meteorológicas de cidades próximas, tornou-se imprescindível realizar um levantamento das variáveis mais importantes que possam ter afetado na formação do fenômeno. Conforme Doswell e Bosart (2000), os elementos que mais contribuem para a intensa atividade convectiva - ambiente propício para desenvolvimento de tornados- são umidade, instabilidade e movimentos verticais. Todavia, nem todas essas informações puderam ser obtidas, portanto a análise foi baseada em parâmetros disponíveis, os quais incluem precipitação, temperaturas mínimas e máximas, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção dos ventos.



**Figura 3.** Mapa de localização da cidade de ocorrência do possível tornado e dos municípios vizinhos que possuem estações meteorológicas oficiais.

Informações referentes à intensidade das rajadas de vento ao longo do dia também foram analisadas a fim de verificar se houve aumento da velocidade dos ventos próximo ao horário em que o episódio aconteceu. Além disso, a análise das imagens de satélite e cartas sinóticas de campos meteorológicos durante os dias anteriores à ocorrência do fenômeno possibilitaram verificar a localização e evolução das nuvens *cumulonimbus* para a formação do possível tornado além da tentativa de identificação de sistemas meteorológicos atuantes.

Os dados das três estações meteorológicas foram coletados junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e, para a análise foram consideradas as variáveis pressão atmosférica, velocidade dos ventos, direção dos ventos, rajadas de vento, precipitação, umidade relativa do ar e temperatura, todas na escala diárias.

É importante ressaltar que tornados ocorrem em meio a uma atmosfera totalmente instável, por isso a análise da temperatura, precipitação e umidade fornecidos pela estação meteorológica Passo Fundo foi a escolhida por ser a mais próxima e auxiliar no estudo da atmosfera já que essas três variáveis são extremamente importantes na identificação das condições de tempo atmosférico.

Além dos dados das estações meteorológicas, foram utilizadas imagens do Satélite obtidas junto ao site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos- CPTEC, as quais mostram a evolução de bandas de nuvens sobre o continente sendo possível realizar uma análise da temperatura das nuvens de acordo com a altura. Essas

imagens possibilitaram verificar se a nuvem que atuava sobre a área de estudo era uma *cumulonimbus*, caracterizada pela formação de tornados. Em paralelo, também foi realizada uma análise sinótica de campos meteorológicos por meio de cartas sinóticas disponibilizadas pelo Centro de Hidrografia da Marinha– CHM, possibilitando comparação entre imagens de satélite e cartas sinóticas, visualizando áreas de alta e baixa pressão e associando-as ao avanço de possíveis frentes.

De posse de todos os dados e informações elaboramos gráfico de análise rítmica caracterização das condições atmosféricas por meio da identificação dos sistemas atmosféricos atuantes. Nesta etapa, priorizamos apenas a elaboração do gráfico de análise rítmica de uma localidade, Erechim, pelo fato de os sistemas atuantes nesta cidade serem os mesmos das demais cidades utilizadas na análise.

Por fim, para melhor compreensão do fenômeno, buscamos analisar também as rajadas de vento máximas ocorridas de hora em hora, durante o dia de registro do fenômeno nas três estações meteorológicas em estudo, cujo objetivo foi verificar a variação dos ventos durante a madrugada, anterior à ocorrência, e ao longo do dia, posterior a ocorrência do possível tornado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Boletim de Monitoramento e Análise Climática de abril de 2014, descreve que as chuvas estiveram acima da média para parte da Região Sul, repercutindo em de eventos extremos em algumas localidades. As temperaturas máximas registradas estiveram abaixo da média histórica e as mínimas ligeiramente acima da média para o Sul do Brasil. Quanto a atuação de sistemas frontais, durante o mês de abril foram contabilizados 5 sistemas frontais que atingiram o território brasileiro, dos quais três tiveram trajetórias registradas na estação meteorológica de Passo Fundo (CLIMANALISE, 2014).

Para a localidade em estudo, o gráfico de análise rítmica (Figura 4) revela a atuação de um sistema frontal no dia de ocorrência do fenômeno. A frente fria avançou pelo estado do Rio Grande do Sul no dia 11 de abril alcançando a área de estudo ao final do dia e atuando principalmente no período noturno e início da manhã do dia seguinte.

É possível identificar uma variação da pressão atmosférica (pressão mínima) em decréscimo a partir do dia 10, com mínima de 918,5 mb, no dia 12 de abril (Figura 4). Embora a umidade relativa do ar tenha apresentado valores variando de 97% a 76% no dia 11 de abril, diminuindo sua mínima para 62% no dia seguinte, registros de precipitação pluvial de 21,6mm foram registrados no dia 11 de abril, anterior ao dia do evento e 39,4mm no dia 12 de abril (Figura 4).



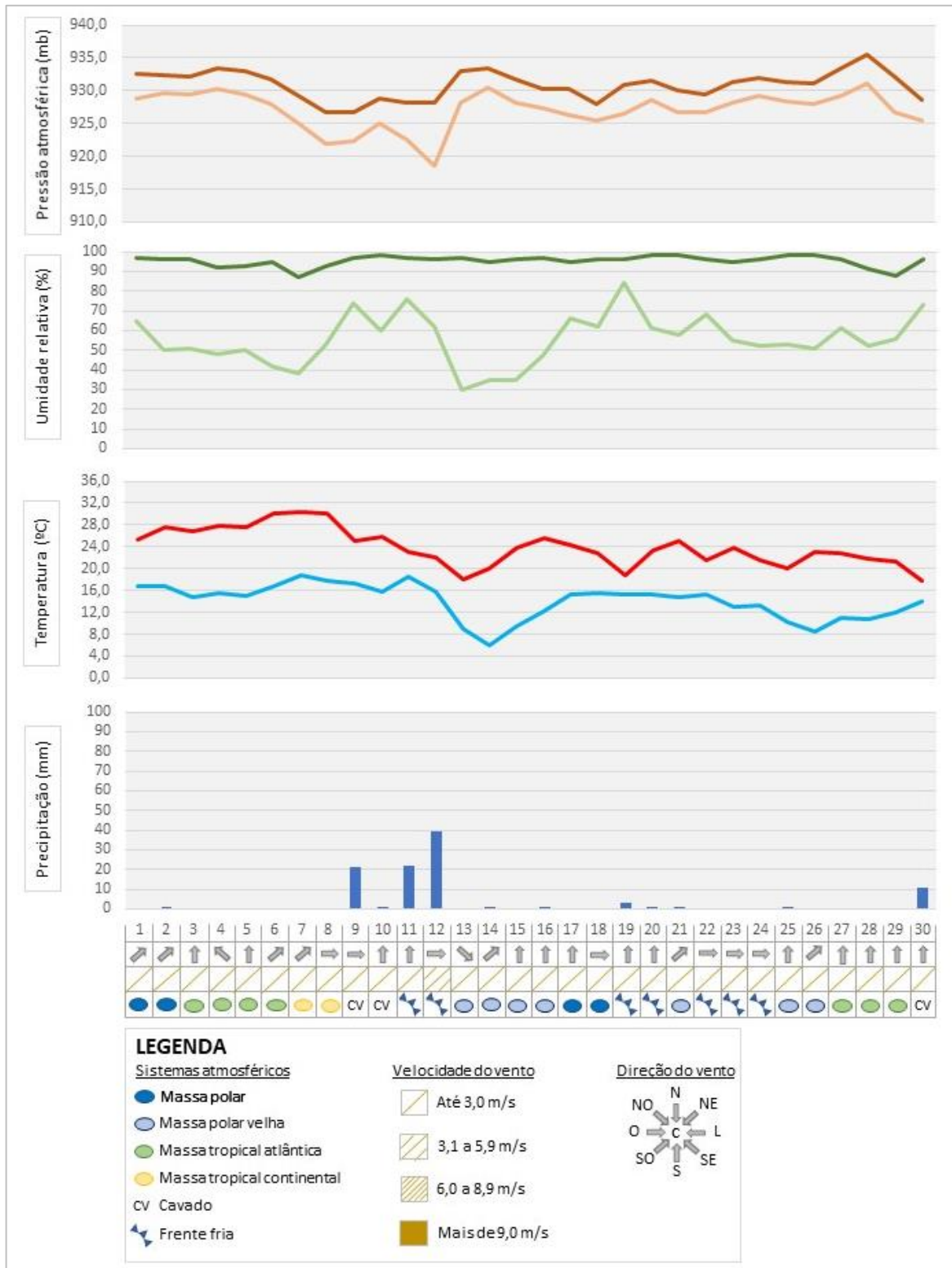
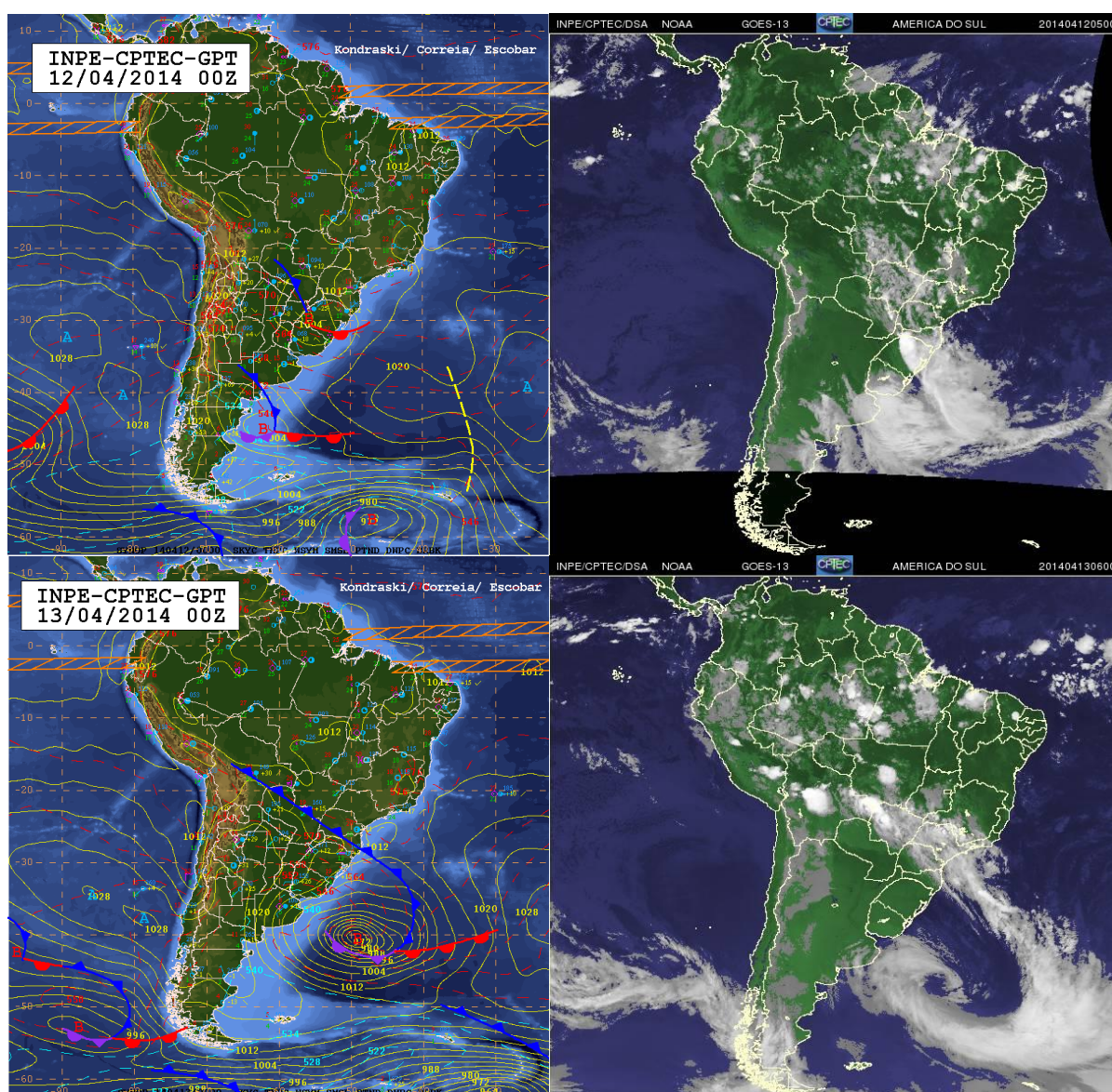


Figura 4. Gráfico de análise rítmica de abril de 2014, Erechim. Org: Autores

Cabe destacar que no dia 13 de abril, após ocorrência do fenômeno, não foram registradas chuvas e as temperaturas variaram entre 18,1°C de máxima e 9,1°C de mínima, assim como, a umidade relativa do ar mínima registrada foi de 30% e, a pressão atmosférica diária variou entre 928,1mb e 932,9mb (Figura 4). Estes valores registrados no dia 13 de abril confirmam a atuação de um sistema polar que passa atuar após a passagem de uma frente fria na região norte do estado gaúcho.

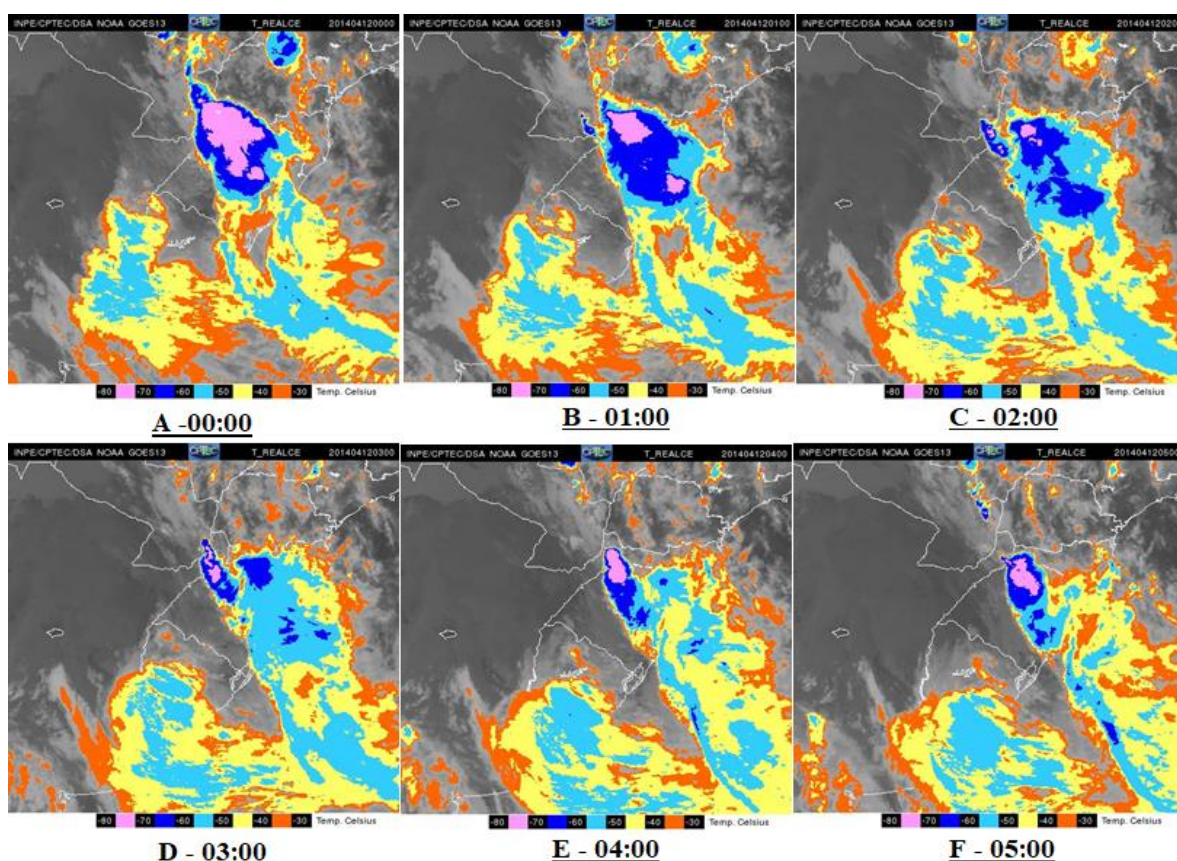
A análise das imagens de satélite e cartas sinóticas complementam o estudo obtido a partir dos dados apresentados no gráfico de análise rítmica (Figura 4), uma vez que possibilitam visualizar a evolução das bandas característica de atuação de uma frente fria sobre o norte do estado do Rio Grande do Sul, nos dias 11 e 12 de abril (Figura 5).



**Figura 5.** Carta sinótica e imagem de satélite, América do sul, dias 12 e 13 de abril de 2014.  
Org: Autores.

A partir das imagens do Satélite Goes-13 (Figura 6), em uma configuração que permite verificar a temperatura das nuvens, foi possível identificar sobre a área de estudo a atuação de nuvens com temperaturas inferiores a  $-70^{\circ}\text{C}$  na madrugada de ocorrência do episódio. De acordo com essas imagens de satélite, é possível afirmar que o quesito de temperatura das nuvens e tempo de duração são obedecidos para o enquadramento do sistema frontal. A temperatura das nuvens variando entre  $-80^{\circ}\text{C}$  e  $-30^{\circ}\text{C}$ , nos permite concluir que se tratava de formações de grande extensão vertical, característica de nuvens *cumulonimbus* (Figura 6).

Esse tipo de nuvem possui desenvolvimento vertical e pode atingir grandes altitudes. São responsáveis pela formação de tempestades severas, granizo, relâmpagos e por vezes tornados. Intensas correntes de ar ascendentes e descendentes que se deslocam dentro da imensa nuvem *cumulonimbus* pode gerar uma rotação dessas correntes de ar, originando assim o tornado.



**Figura 6.** Evolução das bandas de nuvens sobre a região Sul do Brasil no dia 12 de abril de 2014, entre as 00:00 e as 05:00. Org: Autores.

As rajadas de vento máxima também são informações bastante relevantes quando se diz respeito a ocorrência de um tornado, já que permitem realizar a classificação da intensidade dos ventos. Para isso seria de extrema valia que os dados fossem retirados do local onde o evento ocorreu, no entanto isso não é possível, por isso as informações de rajadas de vento máxima coletadas nas estações meteorológicas mais

próximas Passo Fundo, Erechim e Lagoa Vermelha (Tabela 1) possibilitaram verificar o comportamento dos ventos durante o dia da ocorrência do fenômeno.

**Tabela 1:** Dados de rajada de vento máxima a cada hora em três estações meteorológicas

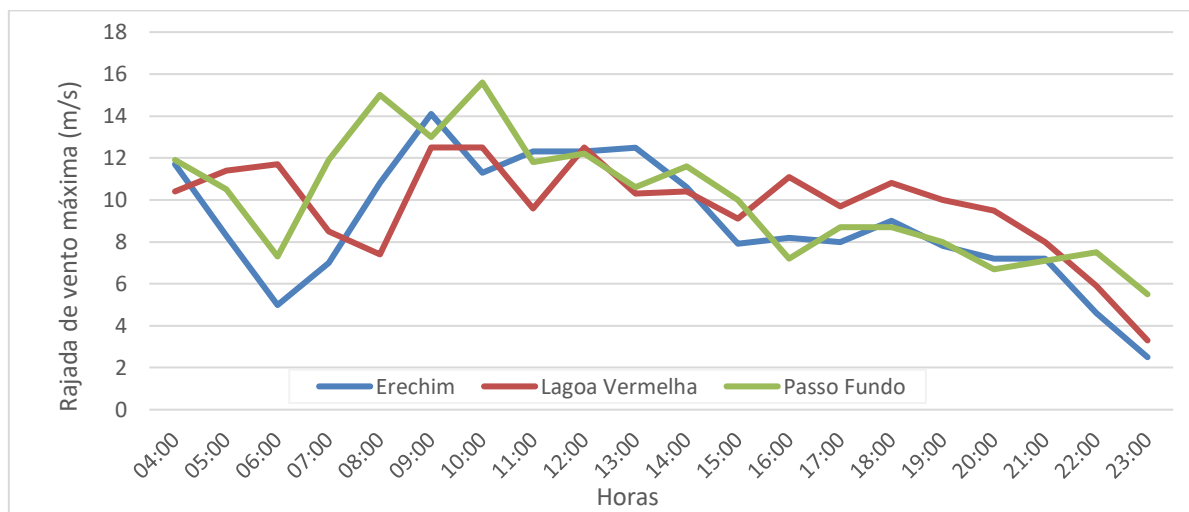
Horas	Rajada de vento (m/s)		
	Erechim/RS	Lagoa Vermelha/RS	Passo Fundo/RS
00:00	6,1	8,8	9,8
01:00	5,1	10,4	9,0
02:00	5,0	9,6	7,9
03:00	11,7	7,7	10,3
04:00	11,7	10,4	11,9
05:00	8,3	11,4	10,5
06:00	5,0	11,7	7,3
07:00	7,0	8,5	11,9
08:00	10,8	7,4	15,0
09:00	14,1	12,5	13,0
10:00	11,3	12,5	15,6
11:00	12,3	9,6	11,8
12:00	12,3	12,5	12,2
13:00	12,5	10,3	10,6
14:00	10,6	10,4	11,6
15:00	7,9	9,1	10,0
16:00	8,2	11,1	7,2
17:00	8,0	9,7	8,7
18:00	9,0	10,8	8,7
19:00	7,8	10,0	8,0
20:00	7,2	9,5	6,7
21:00	7,2	8,0	7,1
22:00	4,6	5,9	7,5
23:00	2,5	3,3	5,5

**Fonte:** INMET, 2018. Org: Autores.

Uma vez que o evento foi registrado na madrugada do dia 12 de abril, os dados de rajadas de vento apresentados na tabela 1 revelam a sua intensidade dos ventos. Com destaque para o horário compreendido entre 4:00 e 5:00 que, conforme informações da população local foi quando ocorreu o fenômeno do tornado, identificamos variações entre 8,3m/s em Erechim e um máximo 11,9m/s em Passo Fundo. Esses valores de rajadas de vento podem ser interpretados, segundo a escala de Beaufort (Figura 1), com a nomenclatura de ventos *fresco* (movimentação de árvores pequenas; superfícies dos lagos ondula) a  *muito fresco* (movem-se ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda-chuva aberto), o que ao nosso entendimento não se configuraria como ventos suficientemente fortes para ocorrência de um tornado.

No entanto, uma distribuição dos ventos ao longo do dia 12 de abril (Figura 7) revela que os ventos compreendidos entre 8:00 da manhã até as 12:00 foram mais intensos na região – máximas de 14,1m/s em Erechim; 12,5m/s em Lagoa Vermelha e 15m/s em Passo Fundo – caracterizados como *forte* (Tabela 1 e Figura 7). Segundo escala

de Beaufort, a repercussão espacial de vento forte é associada ao movimento de árvores grandes e dificuldades em andar contra o vento (figura 1).



**Figura 7.** Rajadas de vento máximas das estações de Erechim, Lagoa Vermelha e Passo Fundo, dia 12/04/2014. Org: Autores.

De acordo com a escala de Beaufort, os ventos ocorridos na região no dia do fenômeno em estudo vão da brisa leve, ocorrendo apenas movimento das folhas das árvores, até ventos fortes, onde árvores inteiras são capazes de se movimentar e torna-se difícil caminhar contra o vento. Na figura 8, uma imagem de um recorte da cidade de Tapejara, após a ocorrência do fenômeno.



**Figura 8.** Edificações destruídas em Tapejara – RS, dia 12 de abril de 2014.

Fonte: <http://www.g1.com.br/>

Frente ao impacto resultante na cidade de Tapejara, os ventos esperados devem ter sido da ordem de 17m/s a 21m/s, ou seja, vento *forte* que são caracterizados pela quebra de galhos de árvores; circulação de pessoas se torna difícil (figura 1). Nestas condições, os valores estariam associados a uma velocidade média de 63km/h a 74km/h o que apresentaria na escala de Fujita (Quadro 1) na categoria de um tornado F0.

## CONCLUSÃO

Após a pesquisa realizada, nota-se a dificuldade existente em configurar um evento de tornado devido à complexidade da sua formação e a dificuldade em conseguir registrar esse fenômeno, visto que são necessários equipamentos mais específicos. E ainda, devido os registros de ventos fortes e relatos dos moradores locais e as notícias divulgadas pela imprensa local/regional identificar que o evento ocorreu durante a madrugada, seu registro visual, bem como fotográfico não foi possível.

A distância das estações meteorológicas do local onde o desastre aconteceu também prejudica na identificação, ademais, mesmo que existissem estações meteorológicas em Tapejara, ainda assim seria difícil identificar o fenômeno devido a sua pequena extensão.

Cabe destacar que as técnicas de análise aqui aplicadas foram de grande valia para caracterizar o fenômeno que ocorreu no dia 12 de abril de 2014, na cidade de Tapejara. Apoiados no gráfico de análise rítmica, bem como nas imagens de satélite e dos registros de ventos que ocorrem na região de estudo, concluímos que não ocorreu um tornado em Tapejara, diante do fato de os ventos na região não ultrapassarem valores de 60km/h, na escala de Fujita e superiores a 17m/s na escala de Beaufort.

Reconhecemos que os valores da velocidade dos ventos ocorreram nas cidades vizinhas, no entanto, diante dos dados e da metodologia aplicada, refutamos a possibilidade de ocorrência de micro explosão, devido ao fato de este fenômeno ser pontual, ou seja, não apresentar continuidade no território.

No entanto, sugere-se que o fenômeno que ocorreu em Tapejara, no dia 12 de abril de 2014 tenha sido uma rajada de vento, que segundo conceituação do INMET, se caracteriza por mudanças bruscas do vento em um intervalo de tempo curto, sua repercussão espacial está associada a agitação de folhas e queda de árvores e, até o destelhamento de imóveis, devido aos ventos que atingem velocidades superiores a 10km/h ou 3,6m/s.

Como possibilidade de medidas mitigatórias para a resolução deste problema, por se tratar de um fenômeno natural que não pode ser evitado, a implementação de radares e o constante monitoramento da dinâmica atmosférica (dos ventos, principalmente) se configura como uma das possibilidades de identificação destes fenômenos, bem como, associado a alertas por parte da Defesa Civil Municipal.

A Defesa Civil Municipal (2019) propõe aos municípios a elaboração de um Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal, onde são identificadas áreas de risco e estabelecidas regras de assentamento da população. É importante, quando possível, que sejam emitidas notas de alerta sobre as condições climáticas, quando há risco de vendaval e orientação sobre os cuidados a serem tomados pela população.

## REFERÊNCIAS

BERTONI, B.G.L. *Estudo de caso de tornados, uso e ocupação do solo, topografia e análise meteorológica destes eventos atmosféricos no Sul e Sudeste do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.J.; DIAS, M.A.F.S. Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. In DIAS, M.A.F.S.; ROZANTE, J.R.; MACHADO, L. A. T. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 181- 190.

CHM. CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA - Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação. *Cartas sinóticas*. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

CEPED. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. *Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2013.

CLIMANALISE. *Boletim de Monitoramento e Análise Climática*. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Cachoeira Paulista, SP. Vol. 29. Número 04. abril/2014. CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Brasil. *Banco de dados de imagens*. 2014. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic?i=br>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

DIAS, M.A.F.S. Furacões e tornados: um espetáculo de rotação na atmosfera terrestre. *REVISTA USP*, São Paulo, n.72, p. 44-53, dezembro/fevereiro, 2007.

DIAS, M.A.F.S.; GRAMMELSBACHER, E.A.A possível ocorrência de um tornado em São Paulo no dia 26 de abril de 1991: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 6, p. 513-522, 1991.

DEFESA CIVIL (Paraíba). Governo da Paraíba. *Como agir em caso de desastre - Tornado*. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pb.gov.br/dicas-que-salvam/tornado>>. Acesso em: 01 dez. 2019.

DOSWELL III, C.A.; BOSART, L.F. Extratropical synoptic-scale processes and severe convection. In: DOSWELL III, C.A. (Ed.) *Severe Convective Storm*. A Meteorological Monograph: American Meteorological Society, 2000.

FUJITA, T.T. Tornado e sand down bursts in the context of generalized planetary scales. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 38, n. 8, p. 1511-1524, 1981.

G1. *Globo Comunicações*. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2014/04/temporal-destroi-ginasio-derruba-postes-e-deixa-desabrigados-no-rs.html>. Acesso em: 01 dez. 2019.

INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia*. Glossário. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario#C>. Acesso em: 01 dez. 2019.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. In: MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. Fundação brasileira para o desenvolvimento sustentável – FBDS, [2008?]. Disponível em: <[http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf)>. Acesso em: 1 dez. 2019.

MASATO, K.; MENDONÇA, M. MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O; MARCELINO, E.M. GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006.

MOREIRA, G.L.; SILVEIRA, V.C. Estudo de caso de um possível evento de tornado em Santa Barbara do Sul – RS. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 16, 2013, Foz do Iguaçu*. Anais. Pelotas: INPE, 2013, p. 1853-1859.

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

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. *What is a tornado?* Disponível em: <<http://www.noaa.gov/stories/tornadoes-101>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

OLIVEIRA, M.V. Fenômeno Meteorológico: *Micro Explosão*. 2016. Disponível em: <<http://marlivieira.blogspot.com.br/2016/06/fenomeno-meteorologico-micro-explosao.html>>. Acesso em: 3 nov. 2019.

OR. Observatório Regional. *Estranhas marcas aparecem em lavoura no Noroeste do RS*. Disponível em: <https://www.observadorregional.com.br/estranhas-marcas-aparecem-em-lavoura-no-noroeste-do-rs/>. Acesso em: 13 mar. 2020.



SILVA DIAS, M.A.F. Na increase in the number of tornado reports in Brazil. *Weather Climate and Society*, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 209–217, 2011.

SILVEIRA, R.B.; ALVES, M.P.A.; MURARA, P. Estudo de caracterização da direção predominante dos ventos no litoral de Santa Catarina. In: *Anais do 10º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. Curitiba, Paraná, 2014.

SANT'ANNA NETO, J.L. Eventos climáticos extremos e impactos socioambientais: a vulnerabilidade da América Latina em questão. In: *Anais do Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL)*, 10, 2005, São Paulo/SP.