

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

LORIANE GOMES DE ALMEIDA

ATUAÇÕES TORNÁDICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 1932 E 2022

PONTA GROSSA-PR
2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

LORIANE GOMES DE ALMEIDA

ATUAÇÕES TORNÁDICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO ENTRE 1932 E 2022

Trabalho de Conclusão de Curso de
Licenciatura em Geografia da
Universidade Estadual de Ponta Grossa;
Apresentado para obtenção do título de
Licenciada em Geografia.

Orientadora: Karin Linete Hornes

PONTA GROSSA-PR
2023

FOLHA DE APROVAÇÃO
ATA DE DEFESA

Aos 9 dias do mês de novembro de dois mil e vinte e três, na Estação meteorológica, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos(as) professores(as): Dra. Karin Linete Hornes (Presidente-Orientador), Ms. Mário César Lopes (membro) Ms. Luis Guilherme Gonçalves Cunha (membro) para a análise do trabalho de Conclusão de Curso sob o Título “Atuações tornádicas no estado de São Paulo entre 1932 e 2022”, elaborado pela concluinte Loriane Gomes de Almeida do Curso de Licenciatura em Geografia. Aberta a sessão, a autora teve vinte minutos para a apresentação do seu trabalho, sendo, posteriormente, arguida pelos integrantes da Banca. Após o procedimento da avaliação, chegou-se aos seguintes resultados:

O trabalho foi considerado: aprovado

Nada mais havendo a tratar, encerrou-se a presente sessão, da qual lavrou-se a presente ata que vai assinada por todos os membros da Banca Examinadora.

1) Presidente: Dra. Karin Linete Hornes



2) Membro 1: Ms. Mário César Lopes



3) Membro 2: Ms. Luis Guilherme Gonçalves Cunha



Ponta Grossa, 09 de novembro de 2023.

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO ÉTICO

Eu, Loriane Gomes de Almeida RA: 20003102, RG: 58.289.986.-2, asseguro que o Trabalho de Conclusão de Curso foi por mim elaborado e portanto, responsabilizo-me pelo texto escrito que apresenta os resultados de minha pesquisa científica.

Atesto que todo e qualquer texto, que não seja de minha autoria, transcrito em sua íntegra ou parafraseado de outros documentos, estejam eles publicados ou não, estão devidamente referenciados conforme reza a boa conduta ética, o respeito aos direitos autorais e à propriedade intelectual.

Tenho conhecimento de que os textos transcritos na íntegra de outras fontes devem apontar a autoria, o ano da obra, a página de onde foi extraído e ainda apresentar a marcação de tal transcrição, conforme as regras da ABNT. No caso de paráfrase, o trecho deve vir com a referência de autoria e ano da obra utilizada.

Além disso, declaro ter sido informado pelos responsáveis do Curso de Licenciatura em Geografia das leis que regulam os direitos autorais e das penalidades a serem aplicadas em caso de infração, conforme constam na Lei 10.695 de julho de 2003.

Sendo assim, declaro que estou ciente de que, caso infrinja as disposições que constam na Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998, serei responsabilizado juridicamente pelos meus atos e terei que arcar com qualquer prejuízo moral e financeiro deles decorrentes.

Ponta Grossa, 02 de julho de 2023



Assinatura do Acadêmico

DEDICATÓRIA

Quero dedicar esta monografia à minha orientadora Karin Linete Hornes cuja dedicação e paciência, além da motivação e incentivo serviram como pilares de sustentação para a conclusão deste trabalho. Grata por esta orientação preciosa.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer meu companheiro Lucas Melo da Silva e a minha Mãe Lourdes Aparecida dos Santos que com muito esforço me ajudaram a entrar e permanecer na instituição, dedico também a minha família e minha amiga Larissa de Souza Oliveira que acreditaram em mim, e me motivaram para a conclusão desta monografia.

RESUMO

Os tornados são um dos fenômenos mais devastadores da natureza. Centenas de atividades tornádicas com ventos inimagináveis já foram registradas em várias regiões do Brasil, provocando enormes desastres. Estes fenômenos proporcionam danos pessoais e materiais aos populares que em muitos casos desconhecem os mecanismos envolvidos em sua formação e percurso. Dado ao frequente acontecimento deste evento meteorológico na América do Sul, esta pesquisa teve como objetivo reanalisar e catalogar as atuações tornádicas ocorridas no estado de São Paulo no período de 1932 a 2022 unindo e comparando a bibliografia acadêmica das descrições das ocorrências disponibilizadas em trabalhos acadêmicos, institutos de meteorologia, no Atlas de Desastres Naturais da Defesa Civil em conjunto com informações de páginas de caçadores de tempestades em redes sociais e demais mídias; Com o intuito de verificar as regiões de maior atuação, estações de maior ocorrência, período do dia e a força destrutiva, segundo a Escala Fujita Melhorada. Esta ação permitiu construir um banco de dados e a confecção de um mapa temático que foi realizado com o auxílio do software QGis apontando as localizações das atuações, o que permitiu evidenciar os municípios mais afetados por tornados, bem como as estações e os horários de maior ocorrência.

Palavras-chave: Mapeamento. Vendaval. Desastre Natural. Vórtice.

ABSTRACT

Tornadoes are one of nature's most devastating phenomena. Hundreds of tornado activities with unimaginable winds have already been recorded in various regions of Brazil, generating huge disasters. These phenomena cause personal and material damage to the people who, in many cases, are unaware of the trafficking involved in their formation and course. Given the frequent occurrence of this meteorological event in South America, this research aimed to catalog the tornado actions that occurred in the state of São Paulo in the period from 1932 to 2022, uniting and comparing the academic bibliography of the occurrences available in academic works, meteorology institutes, in the Civil Defense Atlas of Natural Disasters together with information from storm chaser pages on social networks and other media; In order to verify the regions of greatest activity, season of greatest occurrence, period of the day and the destructive force according to the Improved Fujita Scale. This action made it possible to build a database and make a thematic map that was created with the help of the QGIS software with the locations of the actions, which made it possible to highlight the municipalities most affected by tornadoes, as well as the stations and times of greatest occurrence. This will make it possible to carry out strategies and planning to raise awareness among the population.

Keywords: Mapping. Windstorm. Natural Disaster. Vortex.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Página inicial do Pasillo de los tornados – passado y presente.....	18
Figura 2 - Regiões Administrativas e Metropolitanas do Estado de São Paulo.....	21
Figura 3 - Diagrama esquemático de uma supercélula	25
Figura 4 - Diferença entre uma Nuvem Funil e um Tornado	26
Figura 5 - Tornado em forma de cone, categoria F5 em Elie, Manitoba, Canadá, 22 de junho de 2007.....	27
Figura 6 - Tornado e gustnado no mesmo dia em Sacramento, em 28 de setembro de 2019	28
Figura 7 - Tornado <i>landspout</i> no município de Vicentina-MS em 30 de novembro de 2019.....	29
Figura 8 - Diferença entre um tornado e um gustinado.....	29
Figura 9 - Tornado de múltiplo vórtices em Marechal Cândido Rondon-PR em 19 de novembro de 2015.....	32
Figura 10 - Quantidade de tornados por estação do ano segundo Wollman e Iensse (2018).....	33
Figura 11 - Média de tornados por mês nos EUA.....	33
Figura 12 - Área de risco de tornados em abril nos EUA.....	34
Figura 13 - Área de risco de tornados em maio nos EUA.....	35
Figura 14 - Área de risco de tornados em junho nos EUA	35
Figura 15 - Diferença entre um tornado e microexplosão.....	38
Figura 16 - Tornado EF0 em 13 de janeiro de 2023 na cidade de Sangão-SC.....	40
Figura 17 - Tornado EF1 em Uberlândia-MG. Em 5 de dezembro de 2010.....	41
Figura 18 - Tornado EF2 em Tubarão-SC em fevereiro de 2008.....	42
Figura 19 - Danos causado por um tornado EF2 em Canguçu-RS, em 03 de maio de 2013.....	42
Figura 20 - Tornado de categoria EF3 em Indaiatuba-SP na tarde de 24 de maio de 2005.....	43
Figura 21 - Dano causado pelo tornado de Muitos Capões-RS em 29 de agosto de 2005	44
Figura 22 - Residências em Muitos Capões-RS completamente destruídas, restando apenas o piso.....	44
Figura 23 - Árvores destruídas pela força dos ventos. Tornado de Muitos Capões-RS	45
Figura 24 - Grande tornado em cunha perto de Winterset, Iowa, em março de 2022.....	46
Figura 25 - Tornado EF5 em El Reno-Piedmont, Oklahoma. EUA. Em 24 de maio de 2011.....	47
Figura 26 - Danos causados pelo tornado EF5 que atingiu Mayfield no estado de Kentucky nos EUA em novembro de 2021.....	47
Figura 27 - Classificação de danos da Escala Fujita Melhorada.....	48
Figura 28 - Ocorrências de tornados no Brasil entre 1975 a 2018.....	51
Figura 29 - Distribuição espacial dos tornados registrados no período entre 1950 e 2008, no estado de São Paulo.....	52
Figura 30 - Disposição geográfica dos tornados contabilizados por Bertoni.....	53
Figura 31 - Hipsometria dos locais atingidos por tornados contabilizados por Wollmann e Iensse.....	54
Figura 32 - População residente no Brasil.....	57
Figura 33 - Mapa do das ocorrências no estado de São Paulo entre 1932 a 2022...62	62

Figura 34 - Quantidade de tornados ocorridos por municípios do estado de São Paulo entre 1932 e 2022	63
Tabela 1 - Escala Fujita	37
Tabela 2 - Quantidade de ocorrências de tornado por município do estado de São Paulo.....	62
Quadro 1 - Comparação entre Escala Fujita e Escala Fujita Melhorada	39
Quadro 2 - Quantidade de ocorrências de atividades tornadicas por período do dia no estado de São Paulo	59
Quadro 3 -Tornados ocorridos por estações do ano no Estado de São Paulo.....	60
Quadro 4 - Quantidade tornados por regiões administrativas do estado de São Paulo.	66
Gráfico 1 - Quantidade de ocorrências de tornados por ano no estado de São Paulo.....	55
Gráfico 2 - Quantidade de tornados por categoria na Escala Fujita Melhorada no estado de São Paulo.....	58
Gráfico 3 – Porcentagem de tornados por estação do ano no estado de São Paulo.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EM-DAT	The Disasters Data Base;
EUA	Estados Unidos da América;
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration;
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas;
IPMet	Instituto de Pesquisas Meteorológicas;
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
NSSL	Laboratório Nacional de Tempestades Severas da NOAA;
QLCS	Quase Linear Convective Sytem;
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. METODOLOGIA.....	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
3.1 TORNADOS	23
3.1.1 Ocorrência de Tornados.....	32
3.1.2 Detecção de tornados	36
3.1.3. Escala Fujita.....	38
3.1.4 Danos.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5. CONCLUSÃO	67
6. REFERÊNCIAS.....	69
7. APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

Atividades tornádicas são acontecimentos atmosféricos surpreendentes que geram intenso desastres a sistemas sociais não preparados. Quando está força da natureza atinge áreas citadinas ou rurais ela pode gerar danos econômicos e em algumas situações derradeiras vítimas fatais. O Brasil está localizado em uma das áreas mais propícias a atividades tornádicas as pesquisas Beck e Verzenhassi (2008) apontaram que o país faz parte da segunda maior região propensa a tornados do mundo. Nela estão incluídos o Paraguai, a região Nordeste da Argentina, Uruguai e as regiões Sul e Sudeste do Brasil. Vesilind (2004) elaborou um mapa apontando as áreas mais propensas a ocorrência de tornados no mundo neste o Sul do Brasil apresenta-se com uma das áreas mais promissoras, seguida do Sudeste com menor intensidade.

Apesar do país fulgurar como uma das áreas de concentração de ocorrências, o mesmo não é possuidor de um órgão que se dedica exclusivamente ao registro contabilização e georreferenciamento das atuações. Apenas as atividades que provocam danos de grande monta que são registradas e catalogadas em relatórios realizados pelos agentes da Defesa Civil ou corpo de bombeiros, entretanto, muitas atividades que geram danos mas não acionam o órgão não são contabilizadas; além disso destaca-se a dificuldade enfrentada pelos agentes em classificar os eventos, uma vez que seus danos podem ser confundidos com outros fenômenos; e muitas vezes as equipes atuantes não possuem capacitação para efetuar tais distinções.

Como a presente autora da pesquisa mora no Estado de São Paulo na cidade de Itapeva – SP; e, após realizar a contabilização das atividades tornádicas do Brasil constatou que o presente Estado fulgura como o 4º em número de ocorrências. Diante do presenciamento de uma atividade de tempestade severa, de um tornado EF0, que gerou danos ao seu município de nascimento na área rural de Itapeva -SP na noite do dia 29 de maio de 2022 é que a motivação para que a pesquisa foi determinada.

A pesquisa pretende contribuir com informações a respeito das regiões de São Paulo que mais foram afetadas por atividades tornádicas com o intuito de promover a sensibilização da população e órgãos públicos a respeito de suas atuações e elaborar um banco de dados das ocorrências afim de promover futuras pesquisas que possam

estar utilizando os dados para aprimoramento do reconhecimento do fenômeno no Estado.

O presente trabalho teve por objetivo reanalisar pesquisas e relatórios a respeito das atividades tornádicas ocorridas no estado de São Paulo no período de 1932 a 2022, afim de construir um banco de dados para espacializar as ocorrências por meio do mapeamento dos municípios atingidos; com o intuito de identificar as regiões do Estado mais atingidas. Além do município de ocorrência a pesquisa também procurou caracterizar o dia, horário, mês, estação do ano, e força destrutiva da atividade conforme a Escala Fujita Melhorada. Foram utilizados dados primários e secundários provindos do Atlas de Desastres Naturais da Defesa Civil, IPMET (Instituto de Pesquisas Meteorológicas), Cândido (2012), Bertoni (2013) e Wollmann Iensse (2019).

A escolha do ano do início da pesquisa 1932 está relacionada com a fundação da primeira estação meteorológica da Universidade de São Paulo que foi instalada no parque Cientec, no bairro da Água Funda, na capital do estado, pertencente ao IAG (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas), (Jornal da USP, 2022). A motivação temporal se deve ao interesse de pesquisas que possam relacionar as ocorrências com dados climáticos. O interstício utilizado permite a análise de três normais climáticas, que poderão ser comparadas para verificação de oscilações futuramente.

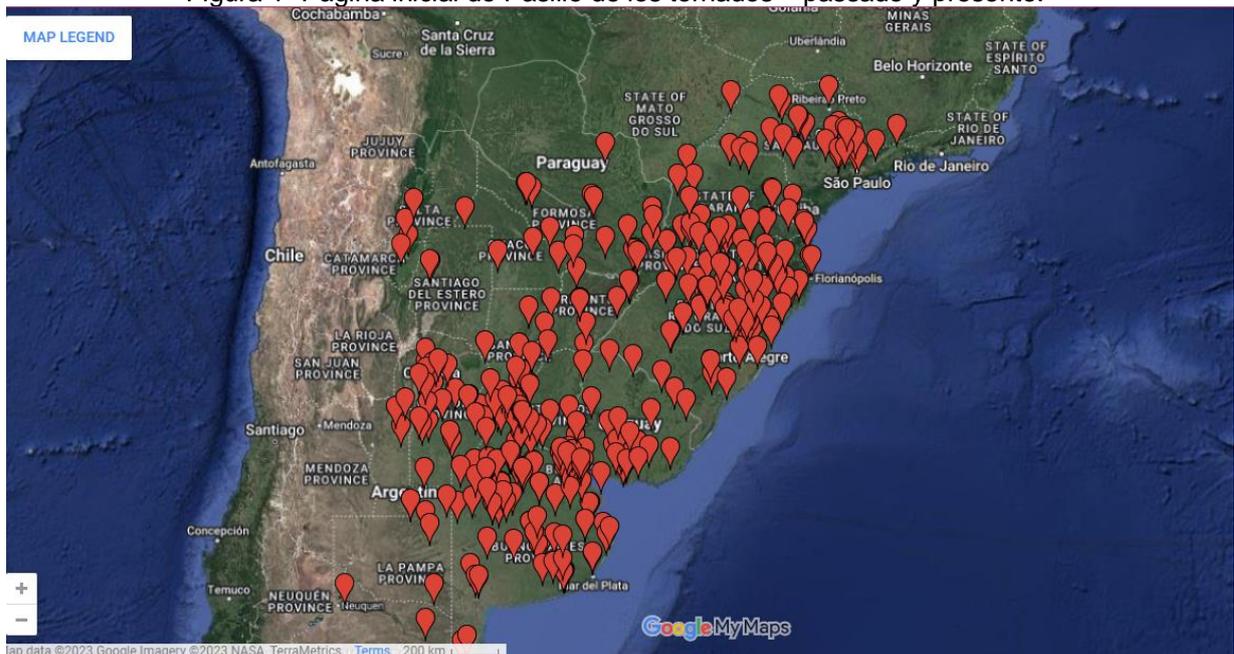
O presente trabalho teve como estrutura o seguinte arcabouço: na metodologia será explicada como se deu a obtenção de dados; na fundamentação teórica, compreende-se a natureza do tornado, seus processos de formação, os métodos de detecção por radar meteorológico, e a classificação de seu potencial de dano pela Escala Fujita Melhorada. Explora-se ainda a extensão dos danos causados por tornados, os critérios utilizados para a inclusão de suas ocorrências no banco de dados, assim como as estações do ano com maior incidência no Brasil e nos EUA. Adicionalmente, são destacadas as distinções entre tornado, tornado de múltiplo *vórtex*, *gustinado*, *landspout*, nuvem funil e micro explosão; Nas conclusões finais é possível notar que embora não seja o estado mais atingido no Brasil, São Paulo ocupa o 4º lugar em número de ocorrências e que os tornados no estado apresentam padrões distintos, ocorrendo mais frequentemente no outono e durante o período noturno.

Atividades de tempestades severas em áreas sem planejamento adequado para a circunstância pode desencadear desastres gerando grandes danos relacionados a alagamentos, vendavais, chuvas de pedras entre outros transtornos. Assim é imprescindível para a população conhecer os fenômenos naturais que atuam nas suas regiões bem como os ciclos e características envolvidas na sua dinâmica, tais como horário de ocorrência, meses mais propícios, tipos de danos envolvidos. Estas informações podem auxiliar na organização e planejamento de estratégias para resiliência. Desta forma a presente pesquisa procura caracterizar a ocorrência de tornados no Estado de São Paulo afim de contribuir com informações que possam ser utilizadas para a organização estadual e municipal frente a este tipo de evento.

2. METODOLOGIA

Para a obtenção dos objetivos da proposta de catalogação dos tornados ocorridos em São Paulo (1932-2022) foi necessário levantar e comparar pesquisas, relatórios e informações midiáticas a respeito das atividades tornádicas ocorridas no estado; a qual resultou na construção de um banco de dados e na espacialização das ocorrências contribuindo para o reconhecimento da atuação do fenômeno. Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando um mapa contendo as atuações de tornados e trombas d'água no Brasil, Paraguai e Argentina o qual se intitula como Pasillo de los tornados – pasado y presente, disponível na ferramenta Google Maps. (Figura 1)

Figura 1- Página inicial do Pasillo de los tornados – passado y presente.



Fonte: Google Maps. Disponível em: https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1E_a0e2B9ftXNQ-F5XIZgnGps2So&hl=en_US&ll=-24.586060167702673%2C-50.47504855219685&z=6

Além disso os registros contabilizados pelo Atlas Digital da Defesa Civil, foram acrescidos e comparados em conjunto com as confirmações de órgãos meteorológicos tais como IPMET e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e jornais como Folha de São Paulo, Extra e G1.

De posse destas informações verificou-se que haviam catalogações que se dedicavam especificadamente a determinadas regiões do Brasil tais como Estivallet (2009) e Marcelino (2004) que trabalharam com a catalogação dos eventos de Santa Catarina. Cândido (2012) contabilizou 205 episódios entre 1877 a 2011, na região centro sul do país e 65 tornados no estado de São Paulo, salienta-se que dentre estes o autor incluiu nuvens funil e trombas d'água. Bertoni (2013) contabilizou as ocorrências entre 1960 a 2008 no Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo o quantitativo das ocorrências de todos os estados elencados na pesquisa foi de 89, segundo o autor neste período, 18 atingiram o Estado de São Paulo. Além de Bertoni tem-se Wollman e Iensse (2019) que contabilizaram as ocorrências dos três estados da região Sul e de São Paulo que resultou em 138 atividades tornádicas para o período de 1959 a 2018.

Wollman e Iensse (2019) construíram seu banco de dados através da coleta de informações divulgadas e confirmadas por páginas da web como Metsul, Climatempo

e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), trabalhos acadêmicos publicados e Defesa Civil dos quatro estados estudados: Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Além também, de notícias de jornais locais de alguns registros incertos para uma melhor fidelidade, além de vídeos no site Youtube que mostram o evento e a data do tornado.

Bertoni (2013) utilizou para a caracterização das tempestades severas que originaram os tornados levantamentos bibliográficos e principalmente dados analisados referentes as escalas sinóticas e parâmetros meteorológicos associados a estas tempestades, avaliando as seguintes bases de dados: Boletins clima analise disponibilizados pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) das datas dos eventos; Analise de imagens de radar; Imagens de satélite; Dados de reanálises disponibilizados pelo National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR).

A respeito da identificação de tornados e dos trabalhos acadêmicos de autores como Bertoni (2013), Estivallet (2009), Marcelino (2003), Silva Dias (2011). A autora Silva Dias (2011) no artigo intitulado “Um aumento no número de tornados registrados no Brasil” informou que parte de sua pesquisa utilizou como fonte o site Tempestades Severas no Brasil, o mesmo site encontra-se inoperante, mas em contato com a organizadora Jaqueline Estivallet esta forneceu as informações listadas no mesmo, além de um acervo particular de notícias de jornais e museus, relacionadas a atividades tornádicas, Jaqueline informou que algumas catalogações tiveram a colaboração de Débora Silveira Reoly.

Há também trabalhos que se dedicaram a analisar algumas ocorrências em específico como é o caso dos tornados ocorridos no outono de 2004 no estado de São Paulo, trabalhados por Antonio *et. al* (2005) nas cidades de Palmital e Lençóis Paulista. Almeida (2019) também realizou a descrição de um tornado que assolou as cidades de São Roque, Mairinque e Vargem Grande Paulista, todas no estado de São Paulo.

A pesquisa também contou com uma lista disponibilizada na Wikipédia a qual menciona diversos sites e plataformas com o registro de atuações. Além disso averiguou-se que existiam grupos alternativos no Facebook, Instagram e páginas na *web* que se dedicam ao registro das atividades tais como Tornados no Brasil Tracking,

Brasil Abaixo de Zero e Severe Storm Chasers Indaiatuba Brazil. Todos estes registros de dados primários e secundários serviram como norteadores para a construção do banco de dados.

Em se tratando de dados primários os mesmos só foram contabilizados quando apresentavam data de ocorrência e local. Para o registro destes eventos, utilizou-se de alguns critérios que serviram como indícios para a confirmação da ocorrência de uma atividade tornádica. Salienta-se que nestes casos em que não houve a confirmação de órgãos específicos ou de especialistas foram seguidas estas observações nos relatos vislumbrados: presença de funil ou objetos voando em rotação, área de extensão de danos ou seja o seu percurso também chamado de caminho da lágrima, tipo de dano, disposição dos objetos, atividade sonora, horário de atuação, já que o período do dia mais propício para a formação de um tornado é a tarde (Hornes, 2022). Todos estes critérios tiveram como base os utilizados pelo Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos (NWS, 2022) que apresenta uma lista de critérios que os cientistas americanos utilizam para a catalogação da atividade, para informações mais confiáveis, os cientistas se dirigem ao local da possível ocorrência e observam os critérios citados acima.

Houveram casos onde não foram reportados todos os elementos citados acima, como por exemplo uma atuação onde não teve atividade sonora característica de um tornado (barulhos de silo ou de um jato), mas teve a disposição de objetos, e danos característicos de atuações tornádicas, então a mesma foi contabilizada. Ou seja, nem todas as atividades contabilizadas dispunham de todos os elementos que geralmente são utilizados para sua identificação.

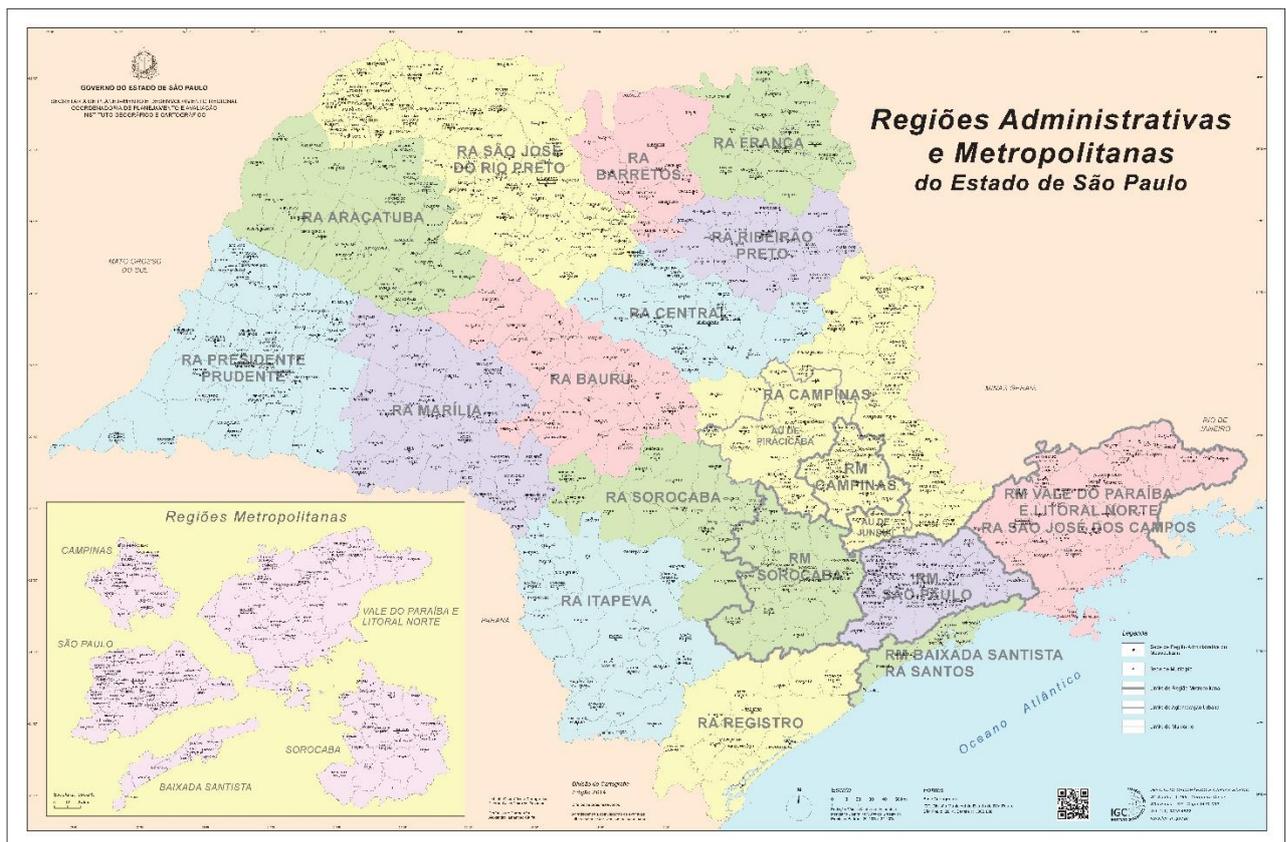
Estes critérios auxiliam na confirmação, mas sugere-se que posteriormente sejam realizadas mais pesquisas envolvendo imagens de satélite, radar, análise sinótica e meteorológica que irão trazer mais elementos para corroborar com a caracterização e maior detalhamento destas tempestades. Pois existe dificuldades na diferenciação de danos provindos de *downburst* e tornados, item que será tratado na fundamentação.

As informações obtidas foram comparadas e tabuladas no *software* Excel, com a determinação da localidade de ocorrência, hora, data, tipo de dano causado, e

perdas humanas e intensidade classificada conforme a escala Fujita Melhorada (Christopherson, 2012); De posse destes dados as ocorrências foram georreferenciadas no *software* QGis com toda a base cartográfica estadual e municipal de São Paulo para a localização dos municípios das áreas de atuação. A ação permitiu a confecção de mapas temáticos contendo as localidades onde os eventos ocorreram, bem como os municípios que tiveram reincidência de tornados.

Por fim os tornados foram agrupados por regiões administrativas e tabulados, a fim de evidenciar a região paulista mais propensa a ocorrência de tornados. A figura um mostra a divisão das regiões administrativas do Estado, bem como as cinco regiões metropolitanas que são as de Campinas, Baixada Santista, São Paulo, Vale do Paraíba e Litoral Norte e Sorocaba, representando a área da presente pesquisa.

Figura 2- Regiões Administrativas e Metropolitanas do Estado de São Paulo.



Fonte: Instituto Geográfico e Cartográfico, edição de 2014. Disponível em: http://www.igc.sp.gov.br/produtos/regioes_adm.html.

Vários pesquisadores brasileiros foram utilizados como referencial como Jaqueline Estivallet, Bertoni (2013), Hornes (2022), Silva Dias (2011), Wollmann e Iense (2019) eles serviram como embasamento para a contabilização e

caracterização das ocorrências. Wollmann e Iensse (2019) realizaram uma computação de 138 registros de tornados entre os anos de 1959 a 2018 distribuídos por São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Candido (2012) contabilizou os tornados entre 1950 a 2010 no Brasil e propôs um modelo de avaliação de danos dos tornados. A presente comparou e atualizou as ocorrências com informações disponibilizadas em outras fontes de pesquisa como jornais, e sites na web para o período de 1932 a 2022.

Bertoni (2013) fez um levantamento de atividades tornádicas a partir de dados de jornais, canais de TV locais e regionais, seu trabalho também se fundamentou nas pesquisas de Marcelino (2003, 2005) e Silva Dias (2011). Ele registrou mais de 158 episódios de tornados, com maior distribuição para a Região Sul, seguida da Sudeste.

Leal (2017) afirma que o estado de São Paulo é um dos Estados mais atingidos por tempestades no Brasil. Segundo o autor isto se deve em virtude do seu relevo ser relativamente plano a presença de grandes corpos d'água, além do estado ser o mais populoso do país, o que favorece o espraiamento urbano e a ocorrência de ilhas de calor sejam mais comuns nessa área, em detrimento das demais. O fato de ser um dos estados mais populosos é um elemento que favorece o contato dos populares com tempestades severas em suas áreas de habitação, facilitando assim o seu registro da atividade na atualidade, mediante aos usos de tecnologia.

O Ministério Público de São Paulo (2004) afirma que se tratando de precipitação, o clima do Estado de São Paulo pode ser dividido em dois períodos predominantes: uma estação chuvosa que compreende, os meses de outubro a abril, que é influenciada pelo aquecimento continental, associado a sistemas de convecção, passagens de frentes frias e áreas de instabilidade continental como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o que favorece a ocorrência de chuvas abundantes.

E outra estação mais seca que vai de maio a setembro, onde o clima é predominantemente influenciado pela passagem de frentes frias oriundas do sul do continente, sendo essa estação caracterizada diminuição da precipitação e das temperaturas, além da ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica (Ministério Público, 2004), com sistemas de alta pressão predominantes, que podem causar a ocorrência de geadas após a passagem de frentes frias.

O Ministério Público de São Paulo (2004) ainda afirma que além das características gerais observadas nas duas estações, o estado apresenta ainda diferentes características geográficas como relevo e vegetação. Entre os fatores geográficos que influenciam na climatologia nas escalas local e regional pode-se destacar a proximidade do mar, a presença de montanhas e depressões, entre outros.

O período proposto para a pesquisa é de 3 normais climáticas (90 anos) o que permite a verificação e comparação das atuações futuras dentro das normais climáticas, período mínimo necessário para compreender as atuações em relação ao clima (NOAA, 2023). A catalogação do mapeamento destas atividades proporcionará o reconhecimento das regiões do estado mais suscetíveis o que permitirá posteriormente a construção de estratégias pelo poder público de campanhas e instruções para minimização dos impactos das áreas mais propícias, bem como o monitoramento do padrão das ocorrências. De posse deste banco de dados será possível realizar pesquisas futuras delimitando os percursos bem como uma caracterização meteorológica e sinótica para uma validação mais precisa e acurada das prováveis ocorrências.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 TORNADOS

Os tornados são fenômenos atmosféricos extremos e intensos. São violentas colunas de ar giratória que geralmente duram por poucos minutos, mas que podem se tornar eventos catastróficos, persistindo por mais de uma hora e viajando por dezenas de quilômetros (NOAA, 2023). O Glossário de Meteorologia (Hushcke, 1959) define o tornado como uma violenta coluna de ar giratória, pendente de uma nuvem *cumulonimbus* e visualizado como uma nuvem em forma de funil ou uma coluna de ar giratória na forma de funil, cuja circulação toca o solo e que se forma a partir da base de uma nuvem de tempestade (Hushcke, 1959).

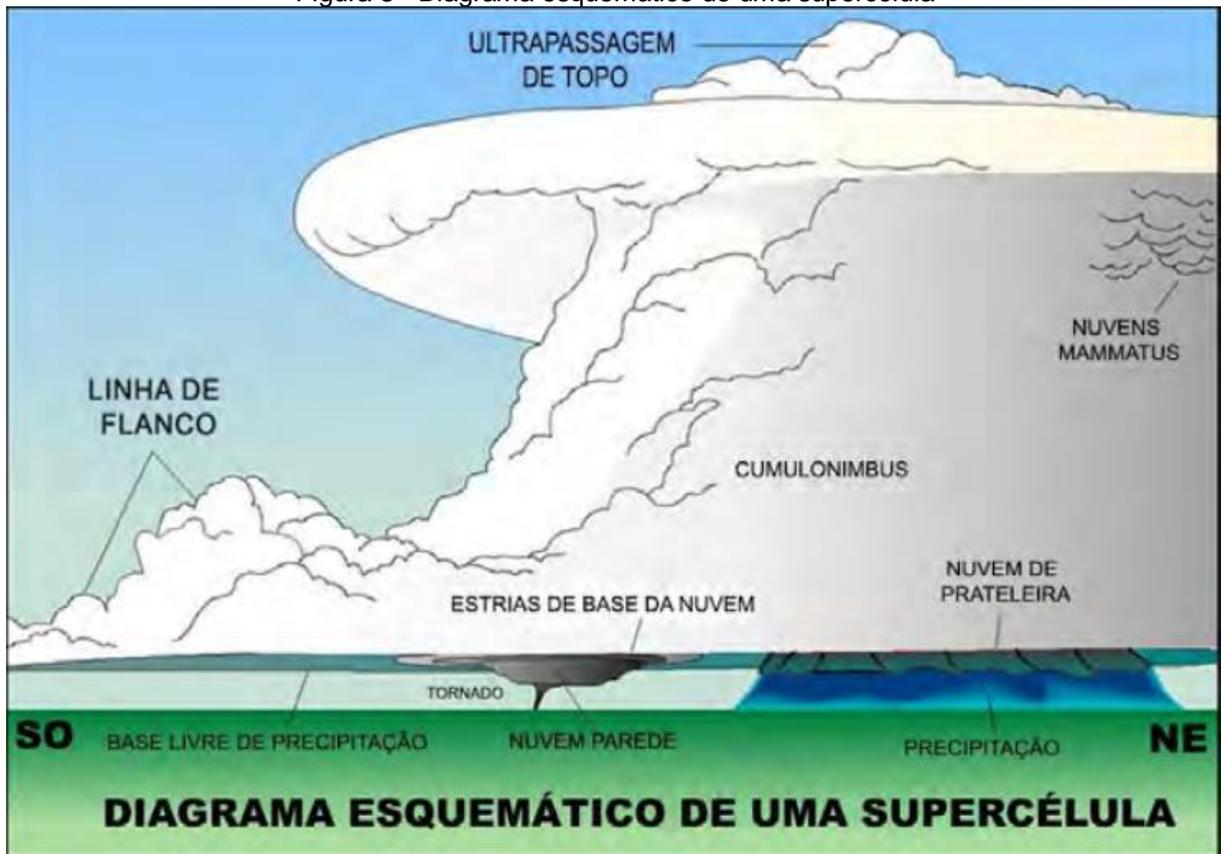
Embora, conforme explicado por Fujita (1981), o tornado esteja associado a um sistema de nuvens, com alta velocidade dentro de uma tempestade e rápida rotação, geralmente observado como uma nuvem funil conectada a uma nuvem mãe ou

alimentadora. Outros autores como Doswell (2001) acreditam que a fonte alimentadora de um tornado é o ar em movimento (vento) e não a nuvem que o constitui e que as correntes ascendentes da nuvem e descendentes são capazes de gerar e suportar (em suspensão) granizo gigante e gerar rajadas de ventos destrutivas próximas ao solo.

Quando estes fenômenos atingem uma área habitada, como cidades ou propriedades rurais trazem grandes transtornos econômicos e em algumas situações derradeiras vítimas fatais. O Brasil está situado em uma das áreas mais propícias a atividades tornádicas (Vesilind, 2004) sua pesquisa apontou que o país está localizado na segunda maior região propensa do mundo que inclui o Paraguai, a região Nordeste da Argentina, Uruguai e as regiões Sul e Sudeste do Brasil. No entanto, o país não dispõe de um órgão para a contabilização e georreferenciamento das atuações, algumas atividades são registradas e catalogadas pelos agentes da Defesa Civil quando estas geram vítimas e danos de grande monta, entretanto muitas atividades produzem danos mas o órgão responsável não é acionado assim a ocorrência não é contabilizada.

Os tornados estão associados a tempestades de supercélulas. A sua formação provém de uma corrente de ar ascendente e rotativa. Esta corrente começa a girar devido ao cisalhamento do vento que pode apresentar dois níveis diferentes com velocidade e direções distintas que produzem a formação de uma coluna de ar (NOAA, 2023). Apenas 20% de todas as tempestades de supercélulas produzem tornados (NOAA, 2023).

Figura 3 - Diagrama esquemático de uma supercélula



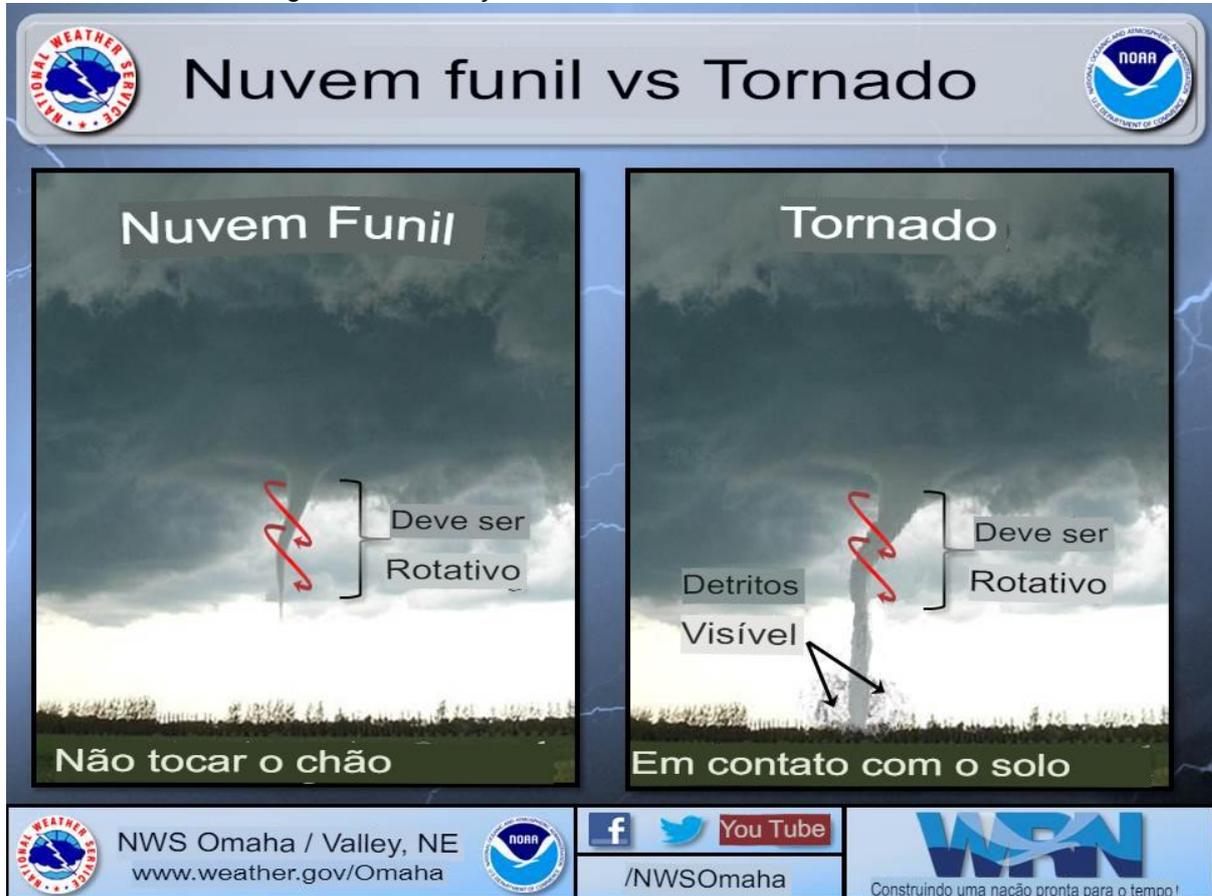
Fonte: **Brendo Francis Carvalho**. 2022.

Segundo o Serviço Nacional de Meteorologia dos EUA (2022), a coloração branca do funil descendente próxima a base da nuvem se deve ao fato de que à medida que o funil desce, o vapor de água dentro dele se condensa em gotículas líquidas, e o ar dentro dele é úmido. Essas gotículas são iguais às que se encontram dentro de uma nuvem, porém elas não podem ser consideradas como parte da nuvem já que se formam dentro do funil (NWS, 2022). Em algumas situações não é possível ver a coluna de ar girando no eixo vertical entre a base da nuvem e o solo, pois para tanto é necessário que ocorra um funil de condensação ou a presença de detritos girando de forma circular.

Conforme NWS (2023) durante muitos anos acreditava-se que os tornados descendiam das nuvens para o solo, porque geralmente é possível notar o funil de condensação crescendo e descendendo dando está falsa impressão de que quando o funil toca o solo se forma o tornado. Mas o que ocorre é que há uma corrente de ar ascendente provindo da superfície que inicialmente nem sempre é visível e que começa a iniciar a conexão ao funil, podendo inclusive gerar danos anteriormente a

visualização do funil. Por isto, para determinar se a atividade vislumbrada é de fato um funil ou tornado é necessário a avaliação de danos.

Figura 4 – Diferença entre uma Nuvem Funil e um Tornado



Fonte: NWS. **National Weather Service**. Disponível em:
<https://www.hamiltoncounty.in.gov/CivicAlerts.aspx?AID=1471&ARC=2633>.

Os tornados podem variar muito de largura e forma, sua coloração vai depender da cor do solo e dos detritos que ele tocar, há alguns casos onde tornados danificam estruturas e a vegetação, mas há muito pouco ou nenhum funil de condensação visível (NWS, 2023). Geralmente possuem um formato cônico, cuja extremidade mais fina toca o solo e pode alargar-se conforme seu deslocamento (NOAA, 2022). Exemplo Figura 5.

Figura 5 - Tornado em forma de cone, categoria F5 em Elie, Manitoba, Canadá, 22 de junho de 2007.



Fonte: Justin1569 em **Wikipédia em inglês**, CC BY-SA 3.0, Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5943918>

Quando provém de supercélulas são chamados de tornados Supercelulares, os quais tem maior poder destrutivo do que os denominados de *Landspout* e gustinado que são formados a partir do solo e não se originam de mesociclone, geralmente se formam enquanto a nuvem ainda está em processo de maturação (Hornes, 2022) e se dissipam quando há precipitação.

Às vezes os dois fenômenos, tornado e gustnados ocorrem na mesma nuvem, do tipo supercélula. Como ocorreu em 2019 em Sacramento, nos Estados Unidos. (Figura 6)

Figura 6 - Tornado e gustnado no mesmo dia em Sacramento, em 28 de setembro de 2019. (tradução nossa)

 **Storm Report - 28 de setembro**
NWS Sacramento-emitido em 29 de Setembro de 2019



Crédito Da Foto: Alexis Clouser

Tornado perto de Davis, CA

- Por volta das 6h40 do dia 29 de setembro de 2019
- A leste da County Road 101A e do Condado Estrada 29
- Ocorreu na parte de trás da tempestade



Crédito Da Foto: Amanda Lynn

Gustnado

- Por volta das 6h15 às 6h30 do dia 29 de Setembro de 2019 Próximo a HWY 88 Westbound próximo a UC Davis
- Ocorreu antes da tempestade
- Gustnados não se conectam com nenhuma nuvem- rctação da base e não são tornados

Fonte: NWS (Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos)

Figura 7 - Tornado *landspout* no município de Vicentina-MS em 30 de novembro de 2019.



Fonte: Jornal de Brasília. **Vídeo: tornado atinge região do Mato Grosso do Sul e é registrado por moradores.** Disponível em: <https://images.app.goo.gl/EXN3LHS2NLS3ycag6>.

Segundo o glossário do NWS a origem de um gustinado está associada a nuvens cumuliformes, são classificados como eventos de vento trovoada. Assim como os redemoinhos de poeira, alguns gustinados mais fortes podem causar danos. O infográfico abaixo (figura 8) explica as principais diferenças entre um gustinado e um tornado.

Figura 8 - Diferença entre um tornado e um gustinado.

ALGUMAS DIFERENÇAS ENTRE UM GUSTNADO E UM TORNADO



GUSTNADO	Características	TORNADO
<p>Circulação dos ventos em superfície, mas não conecta na nuvem.</p> <p>Telhados e árvores arrancadas, móveis e casas com danos (danos semelhantes de estragos de tornados até a escala Fujita (EF1).</p>	APARÊNCIA	<p>Nuvem funil toca o solo.</p> <p>Destruição de edificações, arranca grandes árvores e postes, torção de estruturas, arremessa caminhões e animais.</p>
DANOS EM AMBOS OS CASOS		
<p>Sua origem está associada a nuvens cumuliformes, formadas e localizadas ao longo das frentes de rajada (não conseguimos ver na imagem de radar nitidamente). Ou seja, o gustnado é conhecido como tornado de frente de rajada.</p>	FORMAÇÃO	<p>Tornados comuns: Nuvens cumulonimbus que são bem desenvolvidas (como as supercélulas - onde conseguimos ver pela imagem de radar). Na maioria dos tipos de tornado, os mais comuns, não estão localizados ao longo das frentes de rajadas.</p> <p>Tornado Landspout (não está associado à supercélula e não conseguimos ver na imagem de radar nitidamente). No Landspout às vezes se localizam ao longo das frentes de rajada.</p>
<p>De poucos metros à 10 metros de diâmetro.</p>	TAMANHO EM DIÂMETRO	<p>Entre 10 metros à 4,2km de diâmetro.</p>
<p>Entre 9 e 100 metros de altura.</p>	ALTURA	<p>Chega a variar entre 600 metros e 1 quilômetro de altura (do chão até a parede de nuvens (wall clouds) - juntando até a base da nuvem chegam a 2 Quilômetro metros de altura na média).</p>
<p>Escala Fujita de 0 a 1 até 178km/h.</p>	ESCALA DE FORÇA E INTENSIDADE DOS VENTOS	<p>Escala Fujita de 0 a 5 podem alcançar de 110km/h a 500km/h.</p>
<p>Até poucos metros.</p>	DURAÇÃO	<p>De pouco menos que 10km à 200km (Já em 1925, nos EUA chegou aos 352km de percurso e em 2021 houve recorde de um tornado percorrer um longo caminho - entre 10 e 11 de dezembro de 2021, quando o tornado EF4 percorreu o Missouri, Kentuncky, Illinois e Indiana- "Quad-State Tornado", sendo recorde de um tornado de maíos longa vida e de distância. Percorrendo mais de 350 miles ou 563,3 quilômetros e com duração em torno de 8 horas).</p>
<p>Segundos a minutos</p>	DISTÂNCIA QUE PERCORRE	<p>Minutos a meia hora</p>
<p>Geralmente se aproximando</p>	CHUVA	<p>sim</p>
<p>geralmente ocorrem próximos ao fenômeno</p>	RAIOS	<p>sim</p>

CLIMATEMPO
A StormGeo Company

Fonte: Climatempo. Saiba a diferença entre um gustnado e um tornado. Disponível em:

<https://www.climatempo.com.br/noticia/2022/10/15/saiba-a-diferenca-entre-um-gustnado-e-um-tornado-7809>. Acesso em 27 out. 2023.

A maioria dos tornados conta com ventos que chegam a velocidades entre 65 e 180 km/h, medem de 75 a 150 m de diâmetro e transladam-se por vários metros, se não quilômetros, antes de desaparecer. Os mais extremos podem ter ventos com velocidades superiores a 480 km/h, medir até 1500 m de diâmetro e percorrer mais de 100 km de distância (Edwards, 2017).

Segundo Hornes (2022), em um mesmo tornado, sua força pode variar conforme se desloca sobre a superfície, onde ele pode ficar em um mesmo lugar por alguns segundos, causará mais danos, isso se deve a sua concentração de alta velocidade de giro e um tempo maior em uma determinada área.

Os tornados podem percorrer uma trilha constante, ou podem subir e descer seu funil em diferentes locais durante seu percurso. Além de apresentar duas velocidades, a velocidade de giro de seu eixo, e a velocidade do seu deslocamento sob a superfície, a qual pode variar de 16 a 32km/h, com duração de varia de poucos minutos a horas (Hornes, 2022).

Além das formações mais comuns de um único vórtice descrita para o evento é possível encontrar tornados de vórtex múltiplo. Segundo o NOAA (2022) muitos tornados possuem redemoinhos menores girando rapidamente conhecidos como subvortices, ou *suction* vórtices (vórtices de sucção), que nem sempre podem ser distinguidos. Cada *suction* vórtice é capaz de adicionar mais de 100 mph ao vento relativo ao solo durante a circulação do tornado. Como resultado, são responsáveis pela maior parte (senão todos) os casos onde arcos estreitos de extrema destruição ficam ao lado de danos mais fracos dentro do caminho do tornado.

Figura 9 - Tornado de múltiplo vórtices em Marechal Cândido Rondon-PR em 19 de novembro de 2015.



Fonte: Regis A. Guerreiro, (Adaptado de Youtube, 2016).

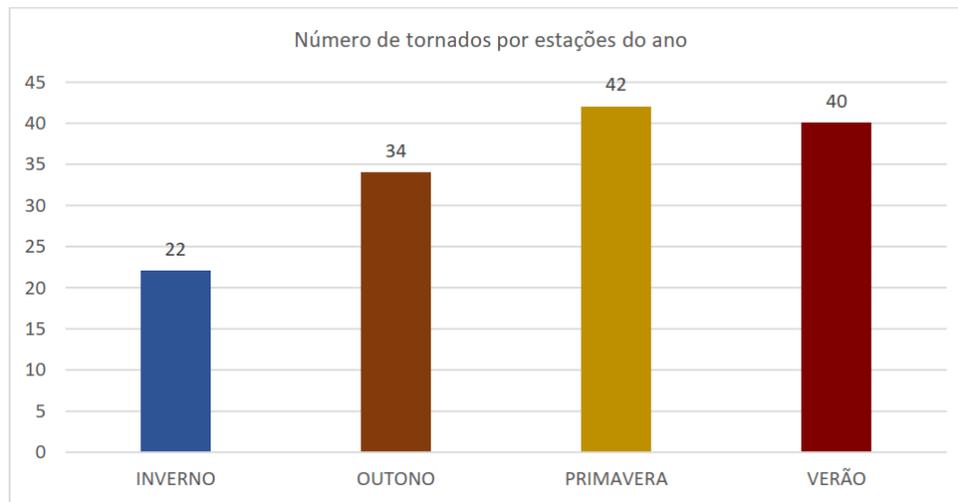
Os subvórtices normalmente ocorrem entre 2 a 5 de uma única vez e geralmente duram menos de um minuto cada. Em raras ocasiões podem ocorrer a formação de tornados separados próximos um do outro (SPC, 2022).

Os tornados apresentam uma ampla gama de variações em termos de forma, cor e largura, sendo classificáveis em diversos tipos, todos com o potencial de causar danos significativos. No próximo tópico, serão abordadas informações sobre as estações do ano que apresentam maior propensão à ocorrência de tornados no Brasil e nos Estados Unidos.

3.1.1 Ocorrência de Tornados

A ocorrência de tornados no EUA se dá principalmente durante a primavera e o verão (NSSL, 2023), no entanto há registros em todos os meses do ano. No Brasil conforme o trabalho de Wollman e Iensse (2019) isso também se repete, onde entre 1959 a 2018, a primavera teve mais tornados com 42, seguida do verão com 40 na região Sul do Brasil e Estado de São Paulo (figura 10).

Figura 10 - Quantidade de tornados por estação do ano segundo Wollman e Iensse (2018)



Fonte: WOLLMANN, C. A., IENSSE, A. C. A gênese climática dos tornados nos estados da região sul do Brasil e São Paulo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pág. 13. Santa Maria, RS, Brasil. 2019 DOI: 10.12957/geouerj.2019.40941.

Os meses de abril, maio e junho são considerados os mais ativos e os que concentram as atividades para o EUA (Figura 11). A pesquisa apresentada por Weather Channel (2023) aponta que entre 2002 a 2021 os EUA tiveram uma média de 1240 tornados anualmente; dentre estes cerca de 53% ocorreram nos meses de abril (197), maio (277) e junho (187). A maior parte acontece em maio seguida de junho e abril, no entanto isso não é uma regra.

Figura 11 - Média de tornados por mês nos EUA.



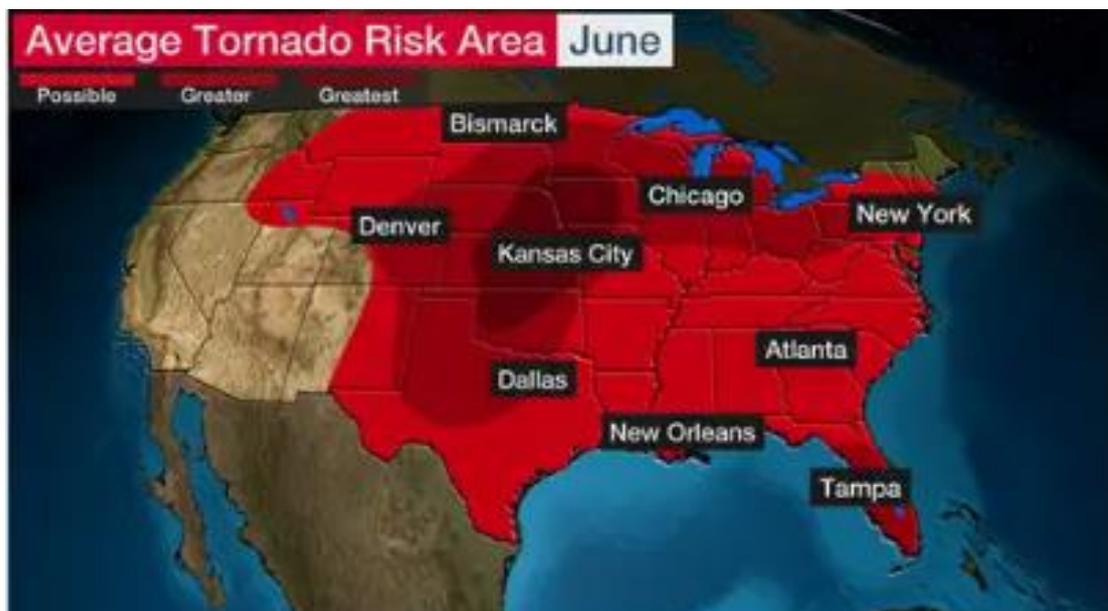
Fonte: The weather channel. **Abril começa o que normalmente é os três meses mais movimentado para tornados nos EUA.** Disponível em: <https://weather.com/safety/tornado/news/2023-03-27-tornado-peak-months-spring-april-may-june>.

Figura 13 - Área de risco de tornados em maio nos EUA.



Fonte: The weather channel. **Abril começa o que normalmente é os três meses mais movimentado para tornados nos EUA.** Disponível em: <https://weather.com/safety/tornado/news/2023-03-27-tornado-peak-months-spring-april-may-june>.

Figura 14 - Área de risco de tornados em junho nos EUA



Fonte: The weather channel. **Abril começa o que normalmente é os três meses mais movimentado para tornados nos EUA.** Disponível em: <https://weather.com/safety/tornado/news/2023-03-27-tornado-peak-months-spring-april-may-june>.

O local com maior possibilidade de atuações se localiza nas planícies e no Centro-Oeste dos EUA. O período de maior atividade é no final da tarde e início da noite entre 16h e 21h, suas ocorrências já foram relatadas nas Américas do Norte e do Sul incluindo Austrália, Europa, África e Ásia NSSL (2023).

A ocorrência de tornados nos Estados Unidos e no Brasil segue um padrão sazonal, com predominância durante a primavera e o verão, embora registros ocorram ao longo de todo o ano. Para isso é importante que haja uma boa preparação por parte de profissionais especializados e de equipamentos de ponta para maior resiliência frente ao fenômeno, um dos equipamentos mais utilizados para a confirmação da ocorrência no Brasil são os radares doppler.

3.1.2 Detecção de tornados

Os radares do tipo DopplerWSR-88 D são utilizados para a detecção de atividades tornádicas, no entanto eles não são precisos e não permitem a identificação de todas as atuações, pois eles conseguem identificar situações de circulação não o ponto exato em que o funil toca o solo. Assim são necessárias as atividades de observadores de tempestades em solo para averiguar os locais do toque do funil (Weather, 2023).

Em alguns eventos severos, é possível encontrar algumas assinaturas nas imagens de radar, sendo que, nestes casos, a nuvem responsável por sua geração apresenta um *hook echo*, ou seja, um eco gancho, geralmente são supercélulas. Este pode ser produzido por tempestades propícias a granizo e a tornados e apresentar um formato parecido com um anzol em torno de uma supercélula. (Hornes, 2021).

Conforme NOAA (2023) 20% de todas as atividades tornádicas dos EUA estão associadas a linhas de fortes tempestades chamadas “sistemas convectivos quase lineares” (*Quase Linear Convective Sytem QLCS*). Nos EUA os *tornados QLCS* frequentemente ocorrem durante a madrugada nas primeiras horas da manhã. Eles tendem a ser mais fracos e a sua duração é mais curta, comparados aos associados a tempestades de supercélulas.

Apesar de ser possível em situações específicas a identificação de tornados ou nuvens propensas ao desenvolvimento de tornados destaca-se que o Brasil tem poucos radares sendo 40 para todo o país (Leal, 2017), estes não são suficientes para cobrir o território nacional. Mesmo que o número dos radares que estão operando hoje no país fosse dobrado, ainda não seriam suficientes para todo o território (Leal, 2017) Há regiões brasileiras onde ocorrem frequentemente sistemas convectivos de

mesoescala, um dos responsáveis para a geração de um tornado e que são desprovidas deste tipo de equipamento. O estado de São Paulo é um dos estados que mais possui este instrumento, Leal (2017) aponta que:

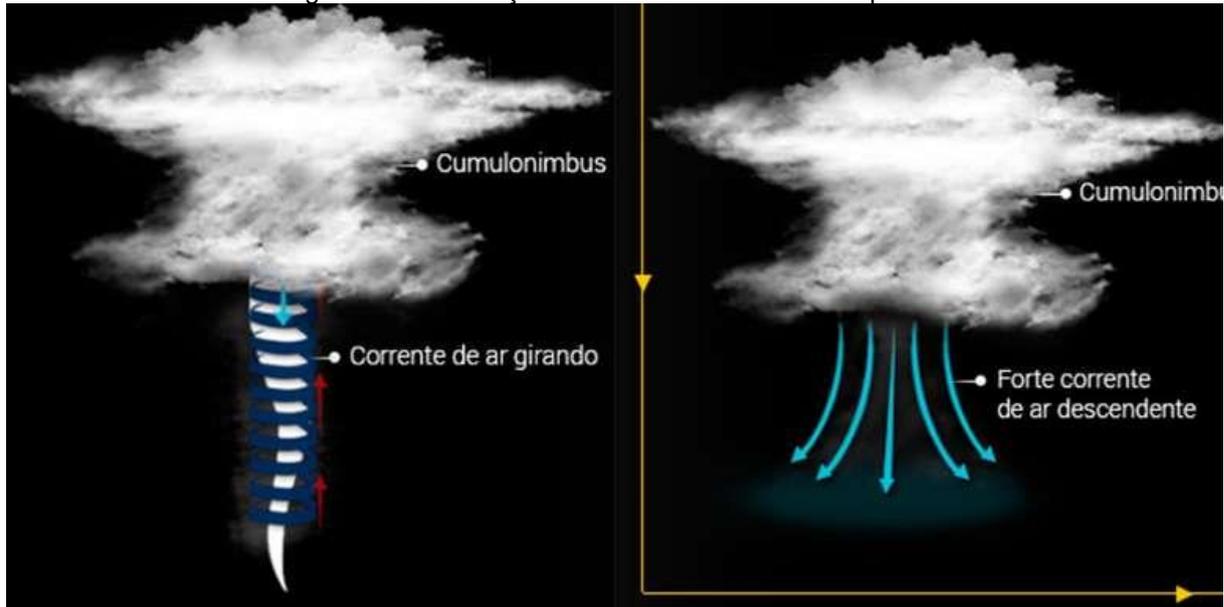
No estado de São Paulo temos o radar de São Roque, 3 em São Paulo, 1 em Biritiba Mirim, o experimental em Campinas e os radares de Bauru e Presidente Prudente. O de São Roque é da aeronáutica e integrado a Rede de Meteorologia da Aeronáutica (Redemet), Banda-S Doppler. Os 3 radares Banda-X de São Paulo, são controlados pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP) através do Laboratório STORM-T.

Atividades de tornados são difíceis de serem detectadas porque ainda não existe um equipamento capaz de registrar o exato momento de contato da nuvem com a superfície, assim para a determinação da passagem de um tornado alguns elementos são utilizados (NWS,2023):

- Os danos dos tornados costumam ter uma aparência caótica, com árvores maiores arrancadas frequentemente se cruzando.
- Frequentemente olhamos para grandes arrancadas de árvores para ter uma ideia real de onde o vento soprava. Galhos menores/árvores quebradas não são tão úteis, pois podem falhar com base na própria árvore e na origem do vento.
- Grandes árvores desenraizadas em padrão convergente, cruzando-se.
- Especialmente em nossa área, tornados E microexplosões podem causar a mesma quantidade de danos.
- Realizamos pesquisas para descobrir exatamente o que aconteceu. Isso nos ajuda a melhorar nossos alertas para o futuro. Isso também é importante para referência histórica.

A gênese de um tornado é diferente de uma microexplosão, como ilustra a figura 14 abaixo, onde se tem o esquema de um tornado a esquerda e microexplosão a direita.

Figura 15 - Diferença entre um tornado e microexplosão.



Fonte: Climatempo.

As filmagens dos eventos são os melhores indícios para a verificação da ocorrência, os elementos que podem ajudar na confirmação do evento por vídeo podem ser objetos voando em circulação, funil, e seu deslocamento. Porém quando o evento ocorre a noite por exemplo, o vislumbre dos objetos em rotação e do funil ficam difíceis de serem identificados, ainda mais quando se tem o envolvimento de precipitação. Esses danos ocorridos precisam se encaixar em uma das categorias da escala que categoriza a força destrutiva de um tornado, a Escala Fujita.

3.1.3. Escala Fujita

Até sua aprimoração, os tornados eram classificados pela Escala Fujita (1981), mais utilizada internacionalmente, que mede a intensidade do fenômeno pela valoração dos estragos causados, e estima a velocidade dos ventos associada aos danos causados pelos tornados, dividindo-o em cinco níveis de intensidade (Tabela 1).

Tabela 1: Escala Fujita

Classificação	Velocidade dos ventos Km/h	Danos provocados
<i>F0</i>	≤ 117	Leve
<i>F1</i>	117 – 180	Moderado
<i>F2</i>	182 – 252	Forte
<i>F3</i>	253 – 333	Severo
<i>F4</i>	334 – 419	Devastador
<i>F5</i>	420 – 511	Incrível

Fonte: Fujita, 1981.

Atualmente a força destrutiva de um tornado é medida através da Escala Fujita Melhorada que foi construída em 2007. A nova escala Fujita Aprimorada, se baseia na mesma escala Fujita de 1981, mas acrescentando novas características e criando uma nova forma operacional de inserção. (Bertoni, 2013)

A escala F original tinha limitações, como a falta de indicadores de danos, não leva em conta a qualidade e variabilidade da construção e nenhuma correlação definitiva entre danos e velocidade do vento. Essas limitações podem ter levado alguns tornados a serem classificados de maneira inconsistente e, em alguns casos, a uma superestimativa das velocidades dos ventos dos tornados. (NOAA, 2022)

Além disso, o NOAA (2022) aponta outras fraquezas na Escala Fujita de 1981, como por exemplo, se um tornado de cerca de 1km de largura não atingir nenhuma construção, qual escala F deve ser atribuída? Isso torna a Escala F dependente de um tipo de dano para que seja aplicada. Além de superestimar a velocidade do vento em danos superiores a classificação F3 e não levar em conta construções mais fracas como casas moveis e pré-moldadas.

Por isso hoje se usa a Fujita Melhorada ou Aprimorada desenvolvida pelo NOAA em 2007, esta escala traz mais detalhes sobre cada tipo de destruição causado em cada classificação dos tornados, além de indicar os danos com exemplos e fotos, avaliar os danos em mais de uma estrutura se possível, e não inclui somente estruturas mais também vegetação. E sempre estar atualizando o banco de dados.

Abaixo podemos observar (Quadro 1) a comparação entre a primeira Escala Fujita e a EF escale, ou também conhecida como Escala Fujita Aprimorada. Na tabela se tem a conversão de ¼ de milha para rajadas de vento de 3 segundos de velocidade, mph. E também os valores foram arredondados para evitar mais precisão do que se pode justificar.

Quadro 1 – Comparação entre Escala Fujita e Escala Fujita Melhorada

Escala Fujita			Escala EF		
Fujita Escala	1/4milha mais rápido Velocidades do vento, mph	Rajada de 3 segundos Velocidade, mph	EF Escala	Rajada de 3 segundos Velocidade, mph	Rajada em Km/h
F0	40 - 72	45 78	EF0	65 - 85	105 a 137 km/h
F1	73 - 112	79 - 117	EF1	86 - 109	138 a 177 km/h
F2	113 - 157	118 - 161	EF2	110 - 137	178 a 217 km/h
F3	158 - 207	162 - 209	EF3	138 - 167	218 a 266 km/h
F4	208 - 260	210 - 261	EF4	168 - 199	267 a 322 km/h
F5	261 - 318	262 - 317	EF5	200 - 234	Mais de 322 km/h

Fonte: National Weather Service, 2004. Modificado.

Essa melhoria na Escala Fujita visa oferecer uma compreensão mais precisa da severidade e do potencial destrutivo de diferentes tornados, a seguir se tem a relação de danos causados de cada categoria da Escala.

3.1.4 Danos

Tornado EF0, a categoria mais fraca da Escala Fujita, onde os ventos não ultrapassam 137km/h, é responsável por queda de galhos de árvores, destelhamentos parciais, e queda de arvores menores. Também pode ser perigoso e causar morte de pessoas, além de ferimentos. Grande parte de Landspouts e Gustinados são classificados nesta categoria.

Figura 16 - Tornado EF0 em 13 de janeiro de 2023 na cidade de Sangão-SC.



Fonte: Correio de Santa Catarina. **Defesa Civil confirma a passagem de um tornado no sul de sc.** Disponível em: <https://www.correiosc.com.br/defesa-civil-confirma-a-passagem-de-um-tornado-no-sul-de-sc/>. Acesso em 28 out. 23.

Os tornados EF1 são os mais comuns no estado de São Paulo, onde podem derrubar arvores e postes de energia elétrica, arrancar por completo copas de árvores de grande porte, destelhar casas além de mover para fora do caminho carro em movimento. Seus ventos são classificados entre 138 a 177km/h. Na figura 16 temos uma imagem capturada de um vídeo do You Tube, que registra o fenômeno na

periferia da cidade de Uberlândia onde destelhou casas e destruiu parte da fachada de algumas lojas do centro. Quinze árvores foram derrubadas e uma delas atingiu um carro, o tornado tinha 100 metros de largura e percorreu por 1 quilometro até se dissipar.

Figura 17 - Tornado EF1 em Uberlândia-MG. Em 5 de dezembro de 2010.



Fonte: You Tube. **Tornado em Uberlândia(HD)05-12.** Disponível em: <https://images.app.goo.gl/4xDrfZS7WjGssHhq8>. Acesso em: 28 out. 23.

Um tornado categorizado como EF2 pode ter ventos entre 178 a 217km/h, que pode derrubar paredes, arrancar telhados e copas de arvores por completo, e pode tombar veículos leves. A figura 17 mostra os danos causados por um tornado EF2 em Canguçu no estado do Rio Grande do Sul em 2013, este que destruiu 3 casas por completo.

Figura 18 - Tornado EF2 em Tubarão-SC em fevereiro de 2008.



Fonte: G1. Foto: Juliano Ramos/VC.

Figura 19 - Danos causado por um tornado EF2 em Canguçu-RS, em 03 de maio de 2013.



Fonte: You Tube. Disponível em:
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DZRV_MHUCjCmk&psig=AOvVaw0mD02Q0oXxkVfowSx-6BPV&ust=1698602124328000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBMQjhxqFwoTCMjhoZyomYIDFQAAAAAdAAAAABAD.

A figura 20 mostra um tornado oficialmente classificado como EF3, mas há estudos que indicam que ele chegou a categoria EF4 em alguns pontos de seu deslocamento na cidade de Indaiatuba no estado de São Paulo no dia 24 de maio de

2005, onde descarrilhou vagões de trem, atingiu 400 residências deixando um saldo de 60 pessoas desabrigadas

Figura 20 - Tornado de categoria EF3 em Indaiatuba-SP na tarde de 24 de maio de 2005.



Fonte: Jornal Indaiatuba News. **Tornado em Indaiatuba completa 15 anos.** Disponível em: <https://images.app.goo.gl/b7nEZBmz4mQcGBkD7>. Acesso em 28 de out. 2023.

A Figura 21 mostra um veículo completamente destruído após ser lançado a dezenas de metros de distância pela força do vento do tornado de Muitos Capões-RS ocorrido no dia 29 de agosto de 2005 atingindo categoria EF3, o qual durou menos de um minuto (MeteoMont, 2015), o suficiente para destruir cerca de 70% da cidade. Em algumas casas sobradou apenas o piso (Figura 22), árvores pareciam ter sido cortadas por uma enorme faca (Figura 23). Automóveis se transformaram em um amontado de sucata, deixando um saldo de 300 pessoas desabrigadas e 15 feridas.

Figura 21 - Dano causado pelo tornado de Muitos Capões-RS em 29 de agosto de 2005



Fonte: **MeteoMont**. Dez anos do tornado de Muitos Capões-RS. Disponível em: <https://meteoMont.blogspot.com/2015/08/dez-anos-do-tornado-de-muitos-capoes-rs.html>.

Figura 22: Residências em Muitos Capões-RS completamente destruídas, restando apenas o piso.



Fonte: **MeteoMont**. Dez anos do tornado de Muitos Capões-RS. Disponível em: <https://meteoMont.blogspot.com/2015/08/dez-anos-do-tornado-de-muitos-capoes-rs.html>.

Figura 23 - Árvores destruídas pela força dos ventos. Tornado de Muitos Capões-RS



Fonte: **MeteoMont**. Dez anos do tornado de Muitos Capões-RS. Disponível em: <https://meteomont.blogspot.com/2015/08/dez-anos-do-tornado-de-muitos-capoes-rs.html>.

Tornados na categoria EF4 podem carregar caminhões e lançar a dezenas de metros, podem destruir completamente casas de madeira, retorcer veículos e barra de ferros, lançar árvores de grande porte para longe assim como também pode arrancar muros e lápides de cemitérios.

Figura 24 – Grande tornado em cunha perto de Winterset, Iowa, em março de 2022.



Fonte: NWS. **March 5th 2022 tornadoes.** Disponível em: <https://www.weather.gov/dmx/March5th2022Tornadoes>

Os danos de um tornado EF5 podem ser incríveis, com ventos superiores a 322km/h, os ventos mais fortes registrados no planeta foram em um tornado EF5 ocorrido em Oklahoma com velocidade de 486 km/h, registrados perto de Bridge Creek, em 3 de maio de 1999 (Davies, 2015). Pode varrer casas e prédios inteiros do local, lançar veículos como mísseis a 100 metros, arrancar e descascar árvores de grande porte assim como pode cavar buracos no chão por onde passa, devido sua grande força. No Brasil, não se tem conhecimento de que um tornado desta categoria tenha atingido o solo.

Figura 25 - Tornado EF5 em El Reno-Piedmont, Oklahoma. EUA. Em 24 de maio de 2011.



Fonte: Storm Chasing Video. **5/31/2013 El Reno Massive Wedge Tornado**. Disponível em: <https://youtu.be/kk7LJvjYV9s?si=IYL2TlpKPHp-p8HS>.

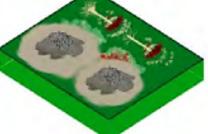
Figura 26: Danos causados pelo tornado EF5 que atingiu Mayfield no estado de Kentucky nos EUA em novembro de 2021



Fonte: **Previsão Estendida.net**. Noite trágica nos Estados Unidos: até 100 mortos em tornados. Disponível em: <https://www.previsaoestendida.net/artigo/noite-tragica-nos-estados-unidos-ate-100-mortos-em-tornados-694/>

A Figura 27 ilustra uma tabela com os danos causados em cada categoria da Escala Fujita Melhorada.

Figura 27 - Classificação de danos da Escala Fujita Melhorada.

ESCALA FUJITA MELHORADA (EF)		ESCALA FUJITA MELHORADA (EF)	
Número EFM	Velocidade de rajada em 3 segundos, descrição dos danos	Número EFM	Velocidade de rajada em 3 segundos, descrição dos danos
EF0 = 105 a 137 km/h: 	<ul style="list-style-type: none"> Alguns danos em antenas de TV; algumas árvores têm seus galhos quebrados e poderão cair se tiverem raízes rasas. 	EF3 = 218 a 266 km/h: 	<ul style="list-style-type: none"> Telhados e algumas paredes de casas de madeira são arrancados; alguns edifícios rurais são totalmente demolidos; vagões de trens e caminhões tombam; estruturas do tipo galpão-armazém com estrutura de aço são destruídas; carros são levantados do chão; muitas árvores são arrancadas e quebradas.
EF1 = 138 a 177 km/h: 	<ul style="list-style-type: none"> Destelhamento; janelas quebradas; Algumas árvores têm seus galhos quebrados, as que não possuem raízes profundas são facilmente arrancadas; automóveis em movimento São empurrados pelos fortes ventos para fora da estrada. 	EF4 = 267 a 322 km/h: 	<ul style="list-style-type: none"> Casas de estrutura de madeiras são varridas, restando apenas pilhas de entulho; edificações com estruturas de aço são muito danificadas; árvores são descascadas pelos destroços lançados; carros, caminhões e trens tombam e são arrastados ou até lançados por distâncias; destroços grandes transformam-se em mísseis.
EF2 = 178 a 217 km/h: 	<ul style="list-style-type: none"> Telhados mais frágeis são completamente arrancados; edificações com estruturas fracas em áreas rurais são demolidas; grandes árvores são quebradas ou arrancadas; objetos leves são arremessados como mísseis; carros são arrancados da rodovia. 	EF5 = Mais de 322 km/h: 	<ul style="list-style-type: none"> Casas de madeira são inteiramente lançadas, inclusive suas fundações; estruturas de aço e/ou concreto são muito danificadas; mísseis do tamanho de um automóvel são gerados; fenômenos incríveis podem ocorrer.

(continua...)

Fonte: HORNES, K, L. **Tornados no Brasil**. Toda Palavra. Ponta Grossa – PR. 2022.

Os danos gerados por tornado são intensos. Algumas estimativas realizadas pelo Centro de Previsão de Tempestades do NOAA colocam que os tornados mais intensos são os responsáveis por um número maior de mortes e cerca de 86% das mortes de 2008 a 2019 foram causadas por tornados classificados como EF3 ou mais fortes.

Todos estes itens serviram como norteadores para a presente pesquisa a qual nos apresenta os resultados no seguinte tópico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Estado de São Paulo, segundo a secretaria do meio ambiente do estado (2015), os desastres naturais estão associados predominantemente aos escorregamentos de encostas, inundações, erosão e temporais (ventanias, raios e granizo). Onde a porção central e oeste do Estado de São Paulo apresentam

suscetibilidade à erosão e colapso de solos; na região leste e litoral predominam os processos de escorregamentos e inundações. As regiões do Vale do Ribeira, Vale do Paraíba e Litoral Sul são as mais atingidas por inundações, embora estas ocorram em todo o Estado. No leste do Estado, as áreas das Serras do Mar e Mantiqueira são sujeitas, principalmente, aos escorregamentos de encostas, enquanto que no Vale do Ribeira predominam as inundações e há áreas sujeitas a colapso de solo. A Região Metropolitana de São Paulo é campeã em incidência de raios e outros problemas induzidos por ação humana, como inundações. O litoral é sujeito à erosão costeira, ressacas, recalques de solo ao longo da orla, além de vendavais. A região de Indaiatuba é particularmente sujeita a tornados.

Há muito tempo São Paulo fulgura como uma área de atividades de tornados. O primeiro tornado registrado no Brasil ocorreu na cidade de Piratininga e foi descrito nos textos do padre Anchieta em 1560 fez o seguinte relato a respeito do clima e da condição do tempo em seu diário. As características do tempo, período e tipo de destruição descritos em seu texto se assemelham muito a de um tornado, portanto a muito tempo estes eventos se manifestam no estado (Anchieta, 1560, p. 2).

Na divisão, porém, das partes do ano é cousa inteiramente diversa: são na verdade de tal maneira confusas, que não se podem facilmente distinguir, nem marcar o tempo certo da primavera e do inverno: o sol produz com os seus cursos uma certa temperatura constante, de maneira que nem o inverno é demasiadamente rigoroso, nem o verão incomoda pelo calor; em nenhuma quadra do ano faltam os aguaceiros, pois de quatro em quatro, de três em três, ou de dois em dois dias, uns por outros, alternativamente, se sucedem a chuva e o sol; costuma contudo em alguns anos a cerrar-se o céu e a escassearem as chuvas, de tal modo que os campos se tornam estereis e não dão os costumados frutos, não tanto pela força do calor, que não é excessivo, como pela carencia de água; algumas vezes, também, pela muita abundancia de chuvas, apodrecem as raizes que temos para alimento. Os trovões no entanto fazem tão grande estampido, que causam muito terror, mas raras vezes arremessam raios; os relampagos lançam tanta luz, que diminuem e ofuscam totalmente a vista, e parecem de certo modo disputar com o dia na claridade; a isto se ajuntam os violentos e furiosos pègões de vento, que sopra algumas vezes com ímpeto tão forte, que nos leva a ajuntarmo-nos alta noite e correremos ás armas da oração contra o assalto da tempestade, e a sairmos algumas vezes de casa por fugir ao perigo de sua quèda; vacilam as habitações abaladas pelos trovões, caem as árvores e todos se aterram. Não ha muitos dias, estando nós em Piratininga, começou, depois do pôr do sol, o ar a turvar-se de repente, a enublar-se o céu, a amudarem-se os relampagos e trovões, levantando-se então o vento sul a envolver pouco a pouco a terra, até que, chegando ao Nordeste, de onde quasi sempre costuma vir a tempestade, caiu com tanta violencia que parecia ameaçar-nos o Senhor com destruição: abalou as casas, arrebatou os telhados e derribou as matas; a árvores de colossal altura arrancou pelas raizes, partiu pelo meio outras menores, despedaçou outras, de tal maneira que ficaram obstruidas 11 as estradas, e nenhuma passagem havia pelos bosques; era para admirar quantos estragos de árvores e casas produziu no

espaço de meia hora (pois não durou mais do que isso), e, na verdade, se o Senhor não tivesse abreviado aquele tempo, nada poderia resistir a tamanha violência e tudo cairia por terra. O que, porém, no meio de tudo isso, se tornou mais digno de admiração, é que os Índios, que nessa ocasião se compraziam em bebidas e cantares (como costumam), não se aterraram com tanta confusão de cousas, nem deixaram de dançar e beber, como se tudo estivesse em completa tranquilidade.

Como mencionado na fundamentação a presente pesquisa reanalisou os dados da tese de Cândido (2012). O autor contabilizou 185 ocorrências de tornados, alguns do tipo gustinados; tornados que se transformaram em tromba d'água ou trombas d'água que se transformaram em tornado, ou seja, ocorrências tornádicas que se formaram em terra e se dirigiram para corpos d'água e vice-versa, entre 1877 e 2011 em todo o Brasil. A contabilização total incluindo as ocorrências de nuvem funil e trombas d'águas para o período de 1877 a abril de 2011 somaram 205 ocorrências. Candido (2012) utilizou dos seguintes critérios para a inclusão da atuação e seu banco de dados:

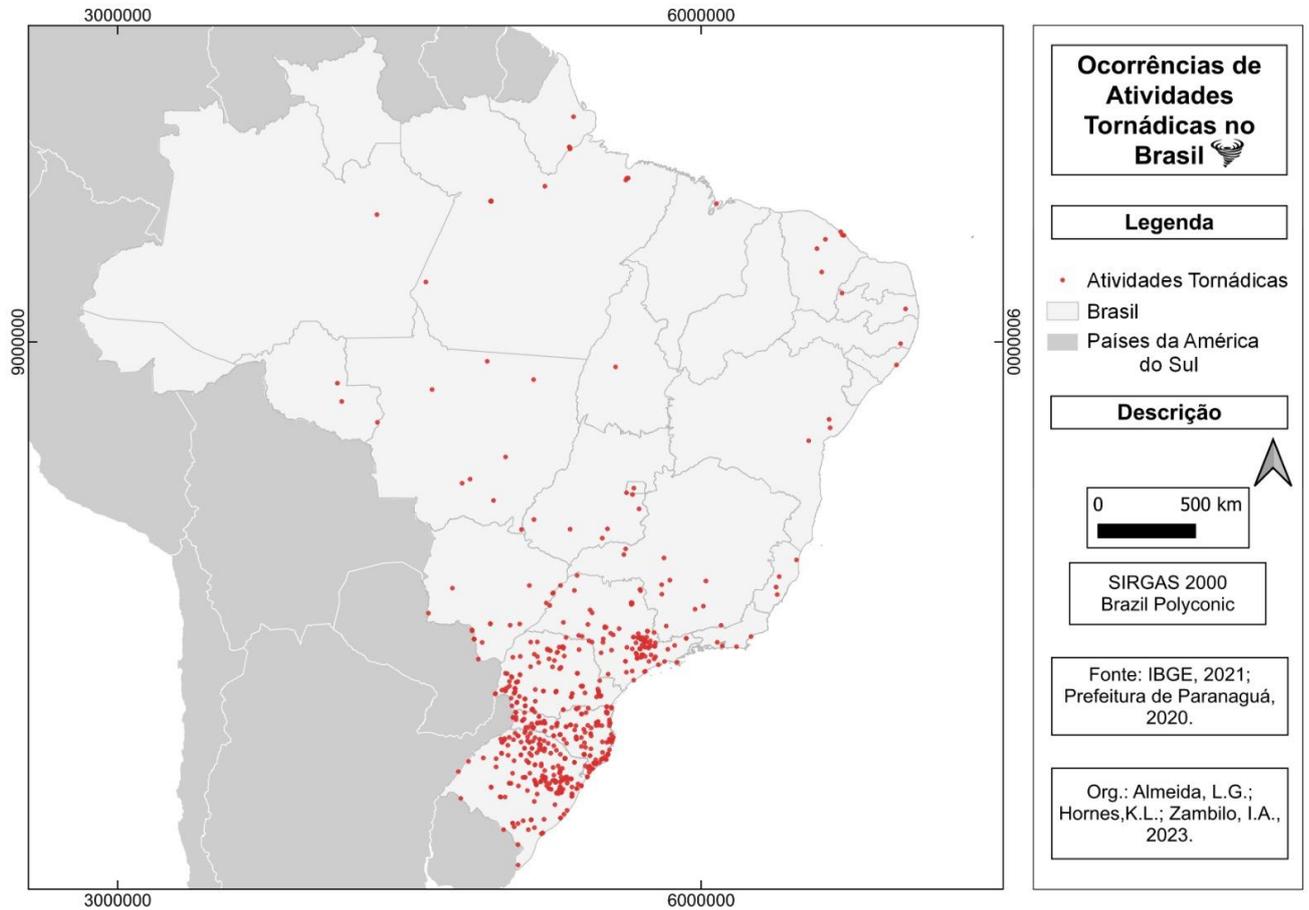
1. Registro fotográfico ou em vídeo do funil; 2. Relatos da presença de funil com movimento rotacional, por parte de testemunhas visuais, associado a danos característicos no nível do solo; 3. Estudos publicados que efetivamente classifiquem a ocorrência como um tornado. Além de vídeos publicados no website You Tube (p. 36).

A presente pesquisa não considerou vídeos de funis como suficientes para considerá-los tornados, uma vez que nem sempre os mesmos são propriamente tornados como demonstrado na Figura 4 necessitando de dados de danos. Ao analisar as ocorrências contabilizadas e classificadas por ele como tornados, dentre elas, algumas que possuíam links com vídeos ou imagens disponíveis na internet, tratavam-se de nuvens funis e não de tornados assim o número de atividades contabilizadas caiu. Em suas conclusões o autor aponta que o estado de São Paulo foi o mais atingido por estas ocorrências, liderando o ranking nacional.

Entretanto, a pesquisa realizada por Almeida (2023), apontaram 581 atuações de tornados no Brasil entre 1975 e 2018. O mapa da pesquisa de Almeida (2023) (figura 28) evidenciou uma maior concentração de ocorrências na região Centro Sul do Brasil, com ênfase para Rio Grande do Sul (180) e Santa Catarina (142), Estado de São Paulo (89) e Paraná (89) ficam na 4^o posição. Assim a pesquisa de Almeida (2023) acaba concordando com trabalhos já realizados. Vesilind (2004) aponta as áreas do Paraguai, a região Nordeste da Argentina, Uruguai e as regiões Sul e

Sudeste do Brasil como líderes em atuação na América do Sul discordando de Cândido (2012).

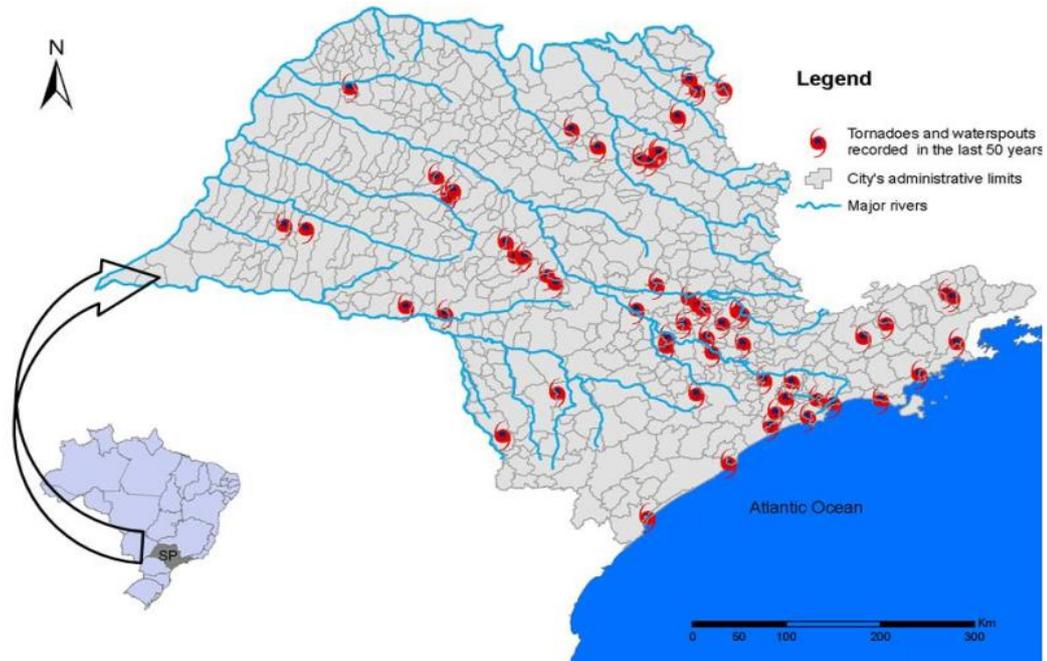
Figura 28 – Ocorrências de tornados no Brasil entre 1975 a 2018.



Fonte: ALMEIDA, L. G. Ocorrência de tornados no Brasil entre 1975 a 2018. In: **Encontro Anual de Iniciação Científica e IX EAIC JR da UEPG**. XXXII., 2023. Ponta Grossa, PR. Ponta Grossa: UEPG.

A figura 29 apresenta o mapa dos tornados contabilizados por Cândido (2012) no estado de São Paulo entre os anos de 1950 e 2008. Ele relaciona as ocorrências com a proximidade de grandes corpos de água presentes no estado, portanto no mapa estão presentes os locais atingidos e os principais corpos hídricos de São Paulo.

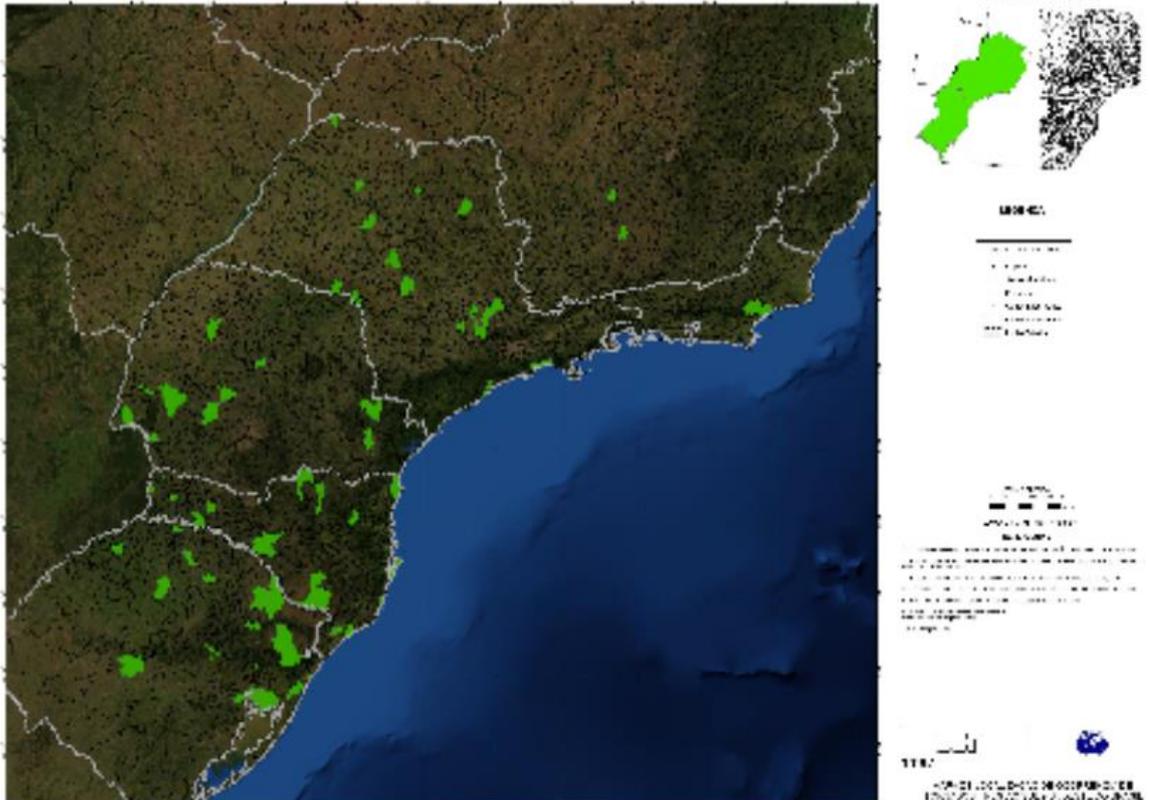
Figura 29 - Distribuição espacial dos tornados registrados no período entre 1950 e 2008, no estado de São Paulo.



Fonte: CANDIDO, D. H. NUNES, L. H. HELD, G. . **Impact of two severe storm systems over the São Paulo State, Brazil.** In: 5th European Conference on Severe Storms, 2009, Landshut, Bavaria, Alemanha. 5th European Conference on Severe Storms Preprints..., 2009

Bertoni (2013) contabiliza de 1960 a 2008 19 tornados no estado de São Paulo e 89 ocorrências totais no Sul e Sudeste para o mesmo período, na figura 28 é possível ver a espacialização dos municípios que tiveram ocorrências citadas por ele.

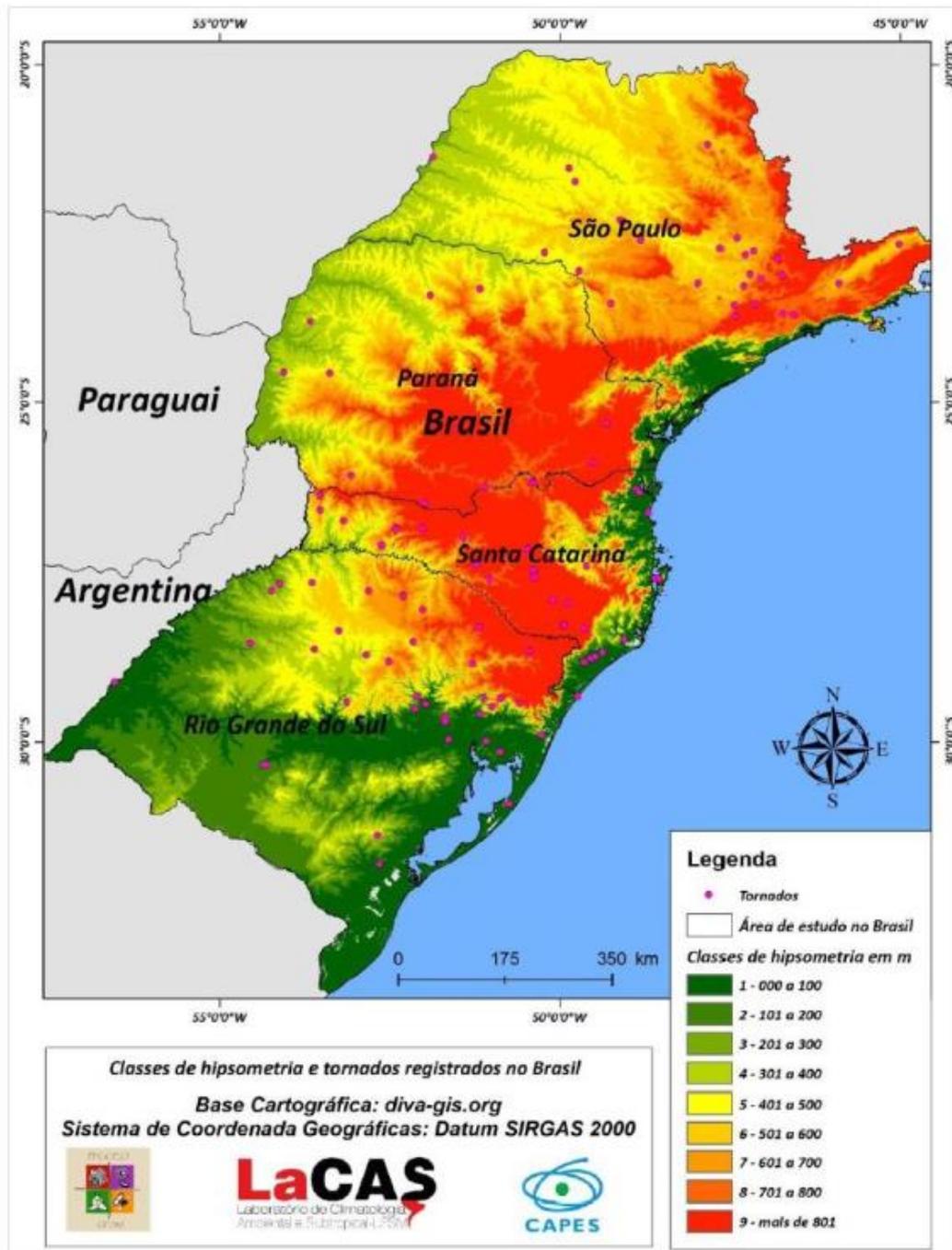
Figura 30 - Disposição geográfica dos tornados contabilizados por Bertoni.



Fonte: BERTONI, B. G. L. **Estudos de caso de tornados, uso e ocupação do solo, topografia e análise meteorológica destes eventos atmosféricos no Sul e Sudeste do Brasil**. Pág. 51. Orientador: Joel Barbujani Sígolo. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) Programa de Pós graduação em Ciência Ambiental (PROCAM), USP, São Paulo, 2013.

Wollmann e Iense (2019) Mapearam as ocorrências entre 1959 a 2018, as quais foram 138, distribuídas pela região Sul e no Estado de São Paulo com base em sua hipsometria. (Figura 31)

Figura 31 - Hipsometria dos locais atingidos por tornados contabilizados por Wollmann e Iensse.

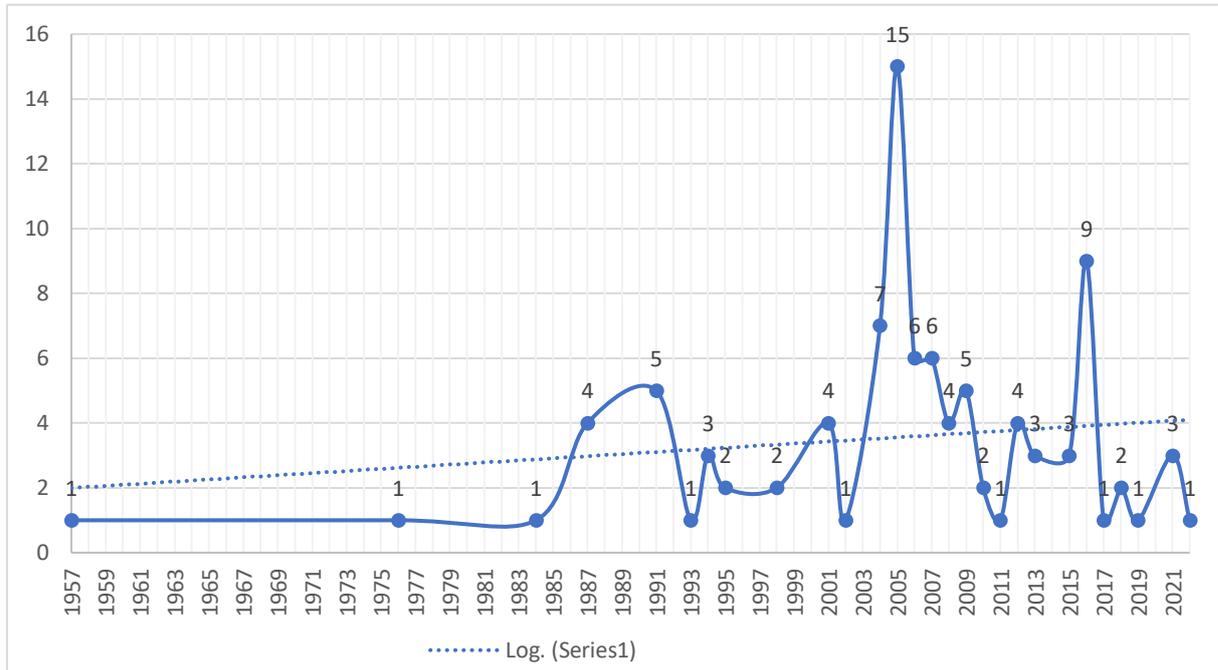


Fonte: WOLLMANN, C. A., IENSSE, A. C. A gênese climática dos tornados nos estados da região sul do Brasil e São Paulo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. 2019 DOI: 10.12957/geouerj.2019.40941.

Os dados obtidos nas pesquisas realizadas em trabalhos acadêmicos, sites e jornais e redes sociais permitiram contabilizar um total de 98 ocorrências para o Estado de São Paulo. Destaca-se que a pesquisa não está encerrada e este número pode aumentar pois como mencionado na introdução muitos tornados são

testemunhados por pessoas que se recordam ou possuem registros individuais do evento uma vez que não há uma organização de registro para tal fim, assim até o presente momento está contabilização fiel retrógrada é praticamente impossível de ser realizada dada a ausência de tecnologias. As informações obtidas até o momento permitiram realizar a construção de uma tabela contendo data, município, horário ou período do dia, intensidade e fonte de onde foram tirados os dados de cada ocorrência (APÊNDICE A). O gráfico 1 a seguir retrata o número de ocorrências em relação a ocasião pesquisada. Nota-se que o período compreendido é de 1932 a 2022 no entanto, a primeira menção para o interstício proposto ocorreu em 1957 e provém dos arquivos de Bertoni (2013). Isso não quer dizer que não ocorreram tornados anteriormente a esta data, uma vez que a densidade demográfica e a tecnologia disponível para o período eram bem diferentes das atuais. Assim nota-se que de 1957 a 1984 existem apenas poucos registros e após a década de 80 é que estes dados começam a fulgurar com mais intensidade. Pode-se afirmar que os registros do século XXI são mais fiéis ao quantitativo existente dado ao avanço da tecnologia. As oscilações existentes podem estar associadas as atividades de fenômenos atmosféricos com El Niño e La Niña, Ciclones, Jatos, frentes frias e sistemas convectivos como já evidenciados por Estivalet (2009) em seus trabalhos relacionados ao Estado de Santa Catarina, assim indicam-se estudos futuros.

Gráfico 1 - Quantidade de ocorrências de tornados por ano no estado de São Paulo



Fonte: O Autor (2023).

A situação de variação de registros, pode estar associada a quantidade de população que praticamente dobrou de 1940 a 1980 (Figura 32). Em concomitância com a invenção da máquina fotográfica digital em 1975, criada pelo engenheiro Kodak Steven Sasson que posteriormente passou por inovações de cartões de memória em 1989 (Insta Arts, 2023); em conjunto com a invenção de celulares com câmeras digitais que passaram a operar no Brasil no ano de 2002 (William, 2022) sem contar a introdução da internet em 1992 (Rede Ipê, 2023), e o aumento de rádios, jornais, redes de tv (Silva Dias, 2011)

Figura 32 - População residente no Brasil



Fonte: **Agência Brasil**. População do Brasil Passa de 203 milhões mostra censo 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-06/populacao-do-brasil-passa-de-203-milhoes-mostra-censo-2022>.

De todas as ocorrências registradas, apenas 79 já tinham classificações por outros autores ou tinham informações que poderiam servir de base para a classificação na Escala Fujita Melhorada como imagens da atuação e de seus danos por exemplo. Embora careçam de informações suficientes para uma classificação definitiva e demandem ponderações, os tornados a seguir foram incorporados ao banco de dados desta pesquisa. A autora fundamenta essa inclusão na confiança depositada nos dados provenientes dos trabalhos dos autores mencionados.

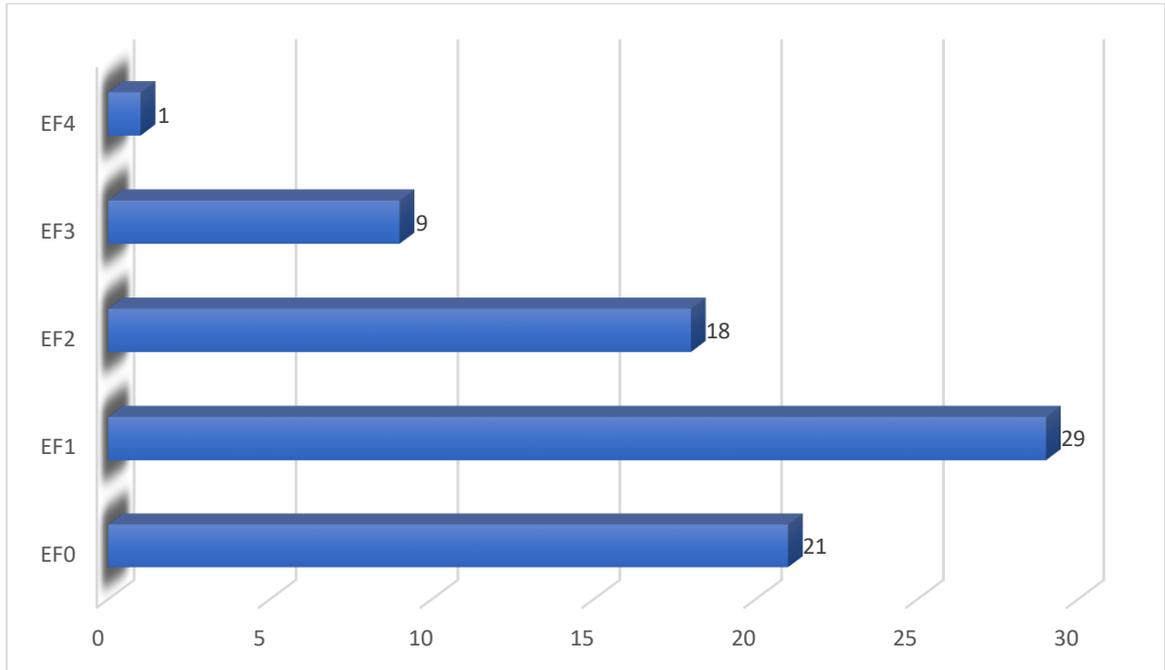
As 20 atuações faltantes não foram classificadas na Escala pelos seguintes motivos: O tornado de 15 de maio de 1987, descrito por Bertoni de Peruíbe assim como o tornado de Boituva (10/03/1991) não foram classificados por não possuírem informações de danos; Indaial (15/10/1987) foi descrito como contendo danos na

vegetação e em residências sem especificações para determinação. O tornado de 28 de novembro de 1995 entre Paulínia e Jaguariúna o mesmo só consta com a informação de que produziu danos severos em uma faixa que vai de oeste para leste (Maps, 2015). O Evento que atingiu Jundiá em 29/03/1998 contabilizado por Cândido não teve mais informações a respeito; O tornado que atingiu Bauru em 16 de agosto de 1998 também não apresenta o relato de danos, mas consta no Pasillo de Los tornados (2015). O de Populina 19 de abril de 2004 descrito por Cândido não possui informações de danos. Itu 25 de maio 2004, 02 de janeiro de 2005 em Bertioga não apresentam dados no trabalho de Bertoni. Quatro atividades registradas pela Defesa Civil nos dias 24 de maio de 2005 correspondentes as cidades de Maírinque, Atibaia, Sumaré e Ibiúna não foram classificadas porque no registro consta apenas a terminologia danos estruturais. Martinópolis em 12 de janeiro de 2006 e Cesário Lange em 22 de abril de 28 não foram categorizados por falta de informações, bem como o de 23 de março de 2009 em São Paulo. O tornado de Areiópolis ocorrido em 20 de outubro de 2016 gerou danos em uma plantação de cana de açúcar foi registrado pela Defesa Civil e pelo IPMET, como não houve relato das características da destruição o mesmo não foi classificado. Um tornado Gustinado referente ao dia 13 de dezembro de 2010 em Campinas descrito por Cândido e os Tornados de Moguaguá e Leme de fevereiro e julho de 2009 também não tiveram classificação por falta de dados.

Os tornados ocorridos no Estado de São Paulo se enquadram entre a categoria EF0 a EF4. Qualquer tornado que tenha atingido a categoria EF5 em território brasileiro é desconhecida. Devido ao tornado não apresentar a mesma intensidade de danos durante seu percurso, podendo este tornado ir da categoria EF0 até EF3 (Hornes, 2022) por exemplo, foram inseridos na categoria onde o mesmo atingiu o máximo poder destrutivo.

No estado de São Paulo, se encaixaram na categoria EF1, com 29 atuações, EF0 tiveram 21 tornados que se encaixaram na categoria, seguido dos EF2 com 18 e EF3 e EF4 com 9 e 1 respectivamente (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Quantidade de tornados por categoria na Escala Fujita Melhorada no estado de São Paulo.



Fonte: O autor, 2023.

Das 98 ocorrências registradas no estado, foi possível obter informações sobre o horário de apenas 64, o que representa 62,72% das atuações. Nem todas as reportagens apresentaram uma hora específica de ocorrência. Em alguns casos os autores mencionavam o período tarde e noite e outras situações a denominação fim da tarde foi utilizada. Dado aos horários de interstício da pesquisa os mesmos foram colocados na categoria noturna quando envolviam datas de solstícios de verão e primavera, onde a luminosidade ainda perdura ao final da tarde, no entanto pelo horário determinado foram inclusos na categoria noturno.

Nota-se que o período da noite e tarde foram os que mais tiveram ocorrências no Estado com 29 e 26 tornados respectivamente (Quadro 2). O estado de São Paulo adota um padrão diferente dos demais estados do Brasil, já que a maioria dos tornados ocorridos em território nacional foram a tarde. (Almeida, 2023).

Quadro 2 - Quantidade de ocorrências de atividades tornadicadas por período do dia no estado de São Paulo.

PERÍODO DO DIA	HORÁRIO	QUANTIDADE
MADRUGADA	00h às 6h	7
MANHÃ	6h às 12h	2
TARDE	12h às 18h	26
NOITE	18h às 24h	29

Fonte: O autor

O quadro 3 foi elaborado com a quantidade de atuações por ano, assim como o número de atividades tornádicas por estação do ano, é possível observar que no ano de 2005, mais precisamente no outono houve um número elevado de atuações se comparados com os demais anos e estações. Isso se deve ao surto de tornados que ocorreram entre a tarde e a noite de 24 de maio de 2005 onde 11 municípios foram atingidos, destacando-se: Indaiatuba (EF3-EF4), Itupeva, Capivari (EF1), Iaras, Mairinque, Atibaia, Sumaré, Itatiba (EF2), Ibiúna, Bragança Paulista (EF2) e Sorocaba (EF0). Os dados foram obtidos em jornais locais e no site do IPMET, na página de Banco de Desastres Naturais, a qual foi selecionado o período da pesquisa e no campo do tipo de desastres foi selecionado Tornado, este banco de dados conta com algumas atuações no estado do Paraná e São Paulo.

Quadro 3 -Tornados ocorridos por estações do ano no Estado de São Paulo.

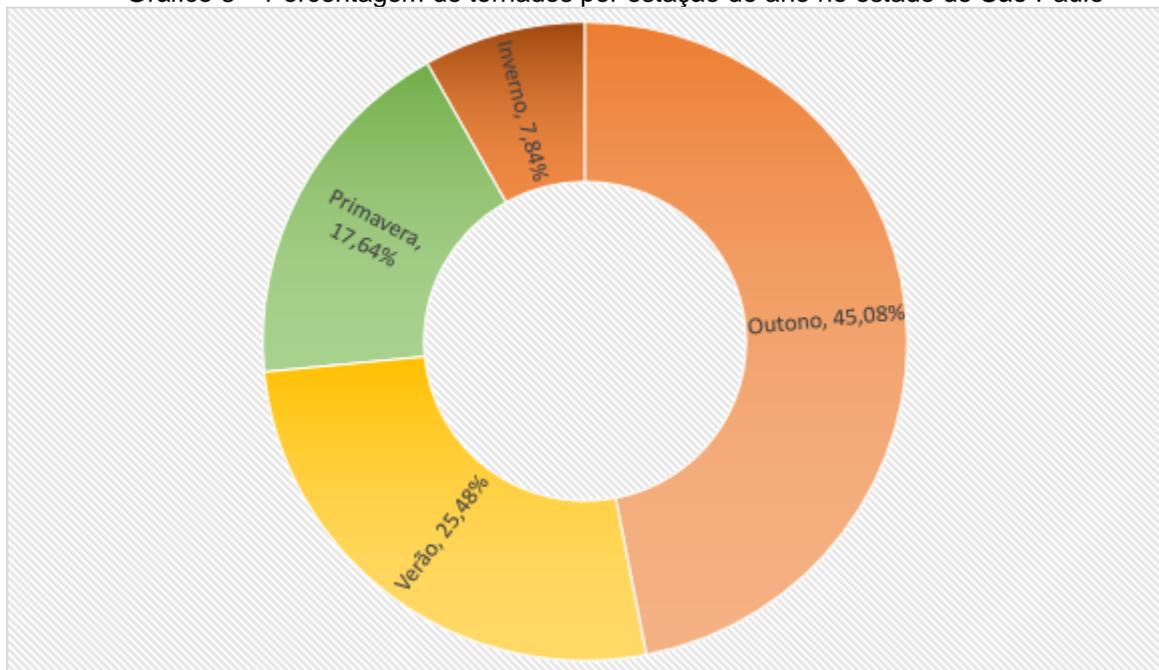
ANO	Outono	Inverno	Primavera	Verão	QUANTIDADE TOTAL POR ANO
1957				1	1
1976				1	1
1984				1	1
1987	3		1		4
1991	2		2	1	5
1993				1	1
1994	3				3
1995			2		2
1998	1	1			2
2001	3	1			4
2002			1		1
2004	6			1	7
2005	12			3	15
2006	2			4	6
2007			3	3	6
2008	1		2	1	4
2009	1	1	1	2	5
2010	1		1		2
2011		1			1
2012	2		1	1	4
2013	1		1	1	3
2015		2		1	3
2016	6	2	1		9
2017				1	1
2018	1		1		2
2019				1	1
2021			2	1	3
2022	1				1

TOTAL	46	8	18	26	98
--------------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------

Fonte: O autor, 2023.

Diferentemente do padrão do Brasil encontrado na pesquisa de Almeida (2023) e também nos trabalhos de Wollman e Iensse (2018) bem como dos relatos dos EUA e dados do NSSL (2023) onde a maioria dos tornados ocorrem na primavera; o Estado de São Paulo aponta que o outono é a estação com maior índice, como observado no quadro 3. O outono apresentou 46 atuações, o que significa um total de 45,08%, seguida do verão com 26, representando 25,48% dos tornados ocorridos. A primavera teve 18 ocorrências ou seja, 17,64% e por fim o inverno com apenas 8 atuações, as quais representam um total de 7,84% de todos os tornados ocorridos como mostra o gráfico 3 abaixo:

Gráfico 3 – Porcentagem de tornados por estação do ano no estado de São Paulo



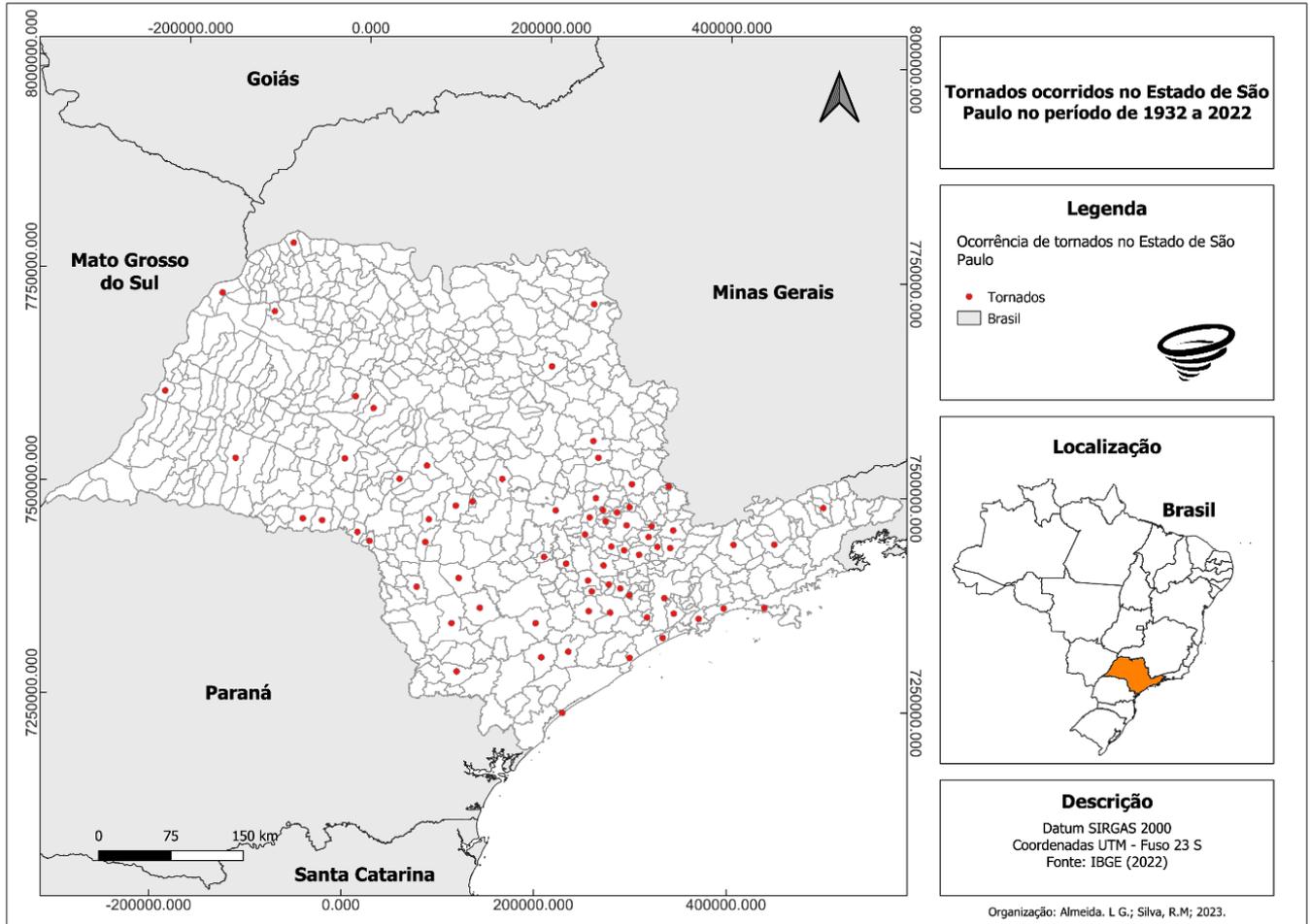
Fonte: O autor, 2023.

Esta variação de padrão pode estar associada as mesmas condições que alteram o padrão do EUA. Onde as áreas com maior ameaça de tempestades de tornados oscilam lentamente, situação que está relacionada à medida dos avanços dos meses de primavera e o posicionamento das correntes de jato (The Weather Channel, 2023). Desta forma sugere-se mais estudos para verificação desta variação.

O estado de São Paulo possui 645 municípios, dos quais 72 foram atingidos por tornados, o que representa 11,16% do total dos municípios paulista. A figura 33 traz o mapa dos municípios onde ocorreram tornados, salienta-se que neste caso não foram

demarcados os locais exatos dos percursos, foram apontados apenas as sedes dos municípios atingidos. Através deste, foi possível evidenciar que a região de Campinas é a que mais concentra municípios com atuações tornádicas, juntamente com a região Metropolitana de Sorocaba.

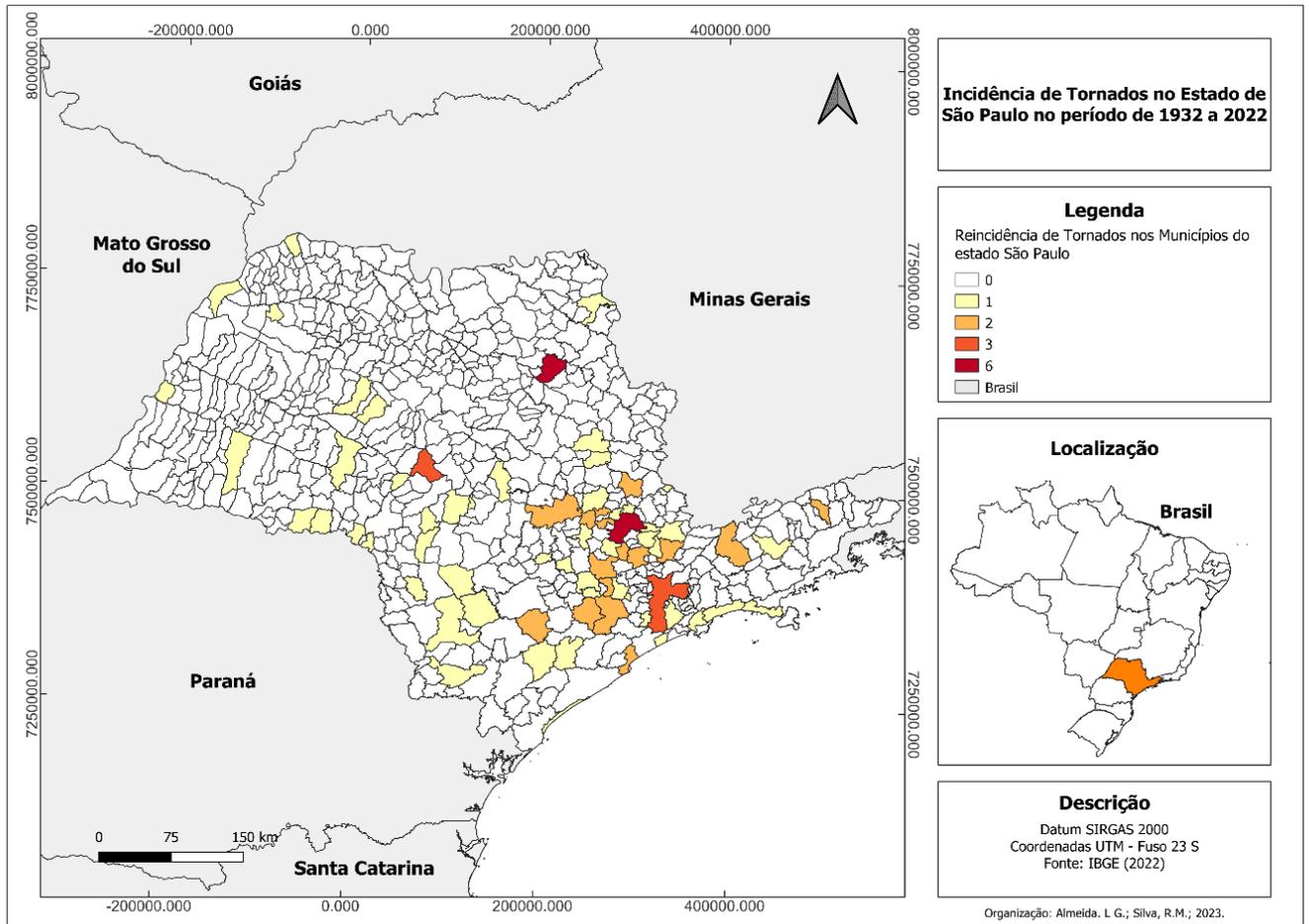
Figura 33 - Mapa do das ocorrências no estado de São Paulo entre 1932 a 2022.



Fonte: O autor (Almeida, 2023).

A figura 34 e a Tabela 1 mostram a incidência de tornados ocorridos por município. Os municípios de Campinas assim como Ribeirão Preto foram os mais atingidos, com 6 ocorrências cada, seguidas de Bauru e a capital São Paulo com 3 tornados cada, salienta-se que não houveram municípios com 4 ou 5 reincidências.

Figura 34 - Quantidade de tornados ocorridos por municípios do estado de São Paulo entre 1932 e 2022.



Fonte: O autor (Almeida, 2023).

Através da tabela 2 foi possível confeccionar o mapa das incidências de tornados (figura 34). A tabela abaixo foi organizada com os municípios atingidos em ordem alfabética. Os municípios que não estão citados na tabela abaixo não tiveram atuações tornádicas para o período proposto de pesquisa até o momento.

Tabela 2 - Quantidade de ocorrências de tornado por município do estado de São Paulo

MUNICÍPIO	QUANTIDADE DE OCORRÊNCIAS
Águas de Lindóia	1
Americana	2
Apiaí	1
Areiópolis	1
Atibaia	2
Bauru	3
Bertioga	1
Boituva	1

Bragança Paulista	1
Buri	1
Cachoeira Paulista	2
Campinas	6
Cândido Mota	1
Capivari	1
Cerqueira César	1
Cesário Lange	1
Chavantes	1
Duartina	1
Dois Córregos	1
Embu Guaçu	1
Franca	2
Guzolândia	1
Iaras	1
Ibiúna	2
Ilha Comprida	1
Ilha Solteira	1
Indaiatuba	1
Itapeva	1
Atibaia	1
Itu	2
Itupeva	2
Jaguariúna	1
Jarinu	1
Jundiaí	2
Juquiá	1
Leme	1
Lençóis Paulista	1
Limeira	1
Lins	1
Mairinque	2
Marília	1
Martinópolis	1
Mogi Mirim	2
Mongaguá	1
Morungaba	1
Ourinhos	1
Palmital	1
Panorama	1
Paranapanema	1
Paulínia	1
Peruíbe	2

Piedade	2
Piracicaba	2
Pirassununga	1
Populina	1
Promissão	1
Ribeirão Preto	6
Santa Barbara do Oeste	2
Santos	1
São Bernardo do Campo	1
São José dos Campos	2
São Miguel Arcanjo	2
São Paulo	3
São Roque	1
São Sebastião	1
Sete Barras	1
Sorocaba	1
Sumaré	2
Taquarituba	1
Taubaté	1
Vargem Grande Paulista	1
Votorantim	1
Total	98

Fonte: O autor.

Afim de responder aos objetivos propostos, foi elaborado o quadro 4, no qual as atuações tornadicadas foram divididas por regiões administrativas ou metropolitanas do estado. E a partir da mesma foi possível perceber que a região de Campinas é a que lidera em quantidades de tornado na região geográfica correspondente. A própria cidade já foi atingida 6 vezes pelo fenômeno. Além de ter sido palco de um dos tornados mais intensos registrados no Brasil, que impactou a cidade de Indaiatuba em 24 de maio de 2005 e foi classificado como EF3 na Escala Fujita Melhorada, diversos municípios vizinhos, incluindo Sumaré atingido duas vezes, foram igualmente afetados pela série de tornados na mesma data, resultando em um total de 11 localidades atingidas.

A segunda região mais atingida do estado de São Paulo foi a Região Administrativa de Sorocaba com 18 tornados, a região compreende municípios como Itu, atingido duas vezes, sendo uma delas, um dos tornados mais fortes registrados no país, um EF4 ocorrido na cidade por volta das 18:50h, em 31 de setembro de 1991, o

qual deixou um saldo de 15 mortos e mais de 200 feridos além de inúmeros desabrigados, sendo noticiado em vários veículos de mídias do país.

A terceira região com maior índice de tornados foi a Região Administrativa de Bauru, com 8 tornados, onde a própria sede administrativa da região já foi atingida por 3 tornados no período proposto para a pesquisa onde todos ocorreram na década de 1990, sendo um em 1991, outro em 1994 e em 1998, além de Lins, Duartina, Lençóis Paulista entre outros municípios.

As regiões de Ribeirão Preto, Vale do Paraíba e Metropolitana de São Paulo registraram 6 ocorrências cada. Em seguida, as regiões de Marília e Baixada Santista contabilizaram 5 episódios cada. A Região de Itapeva teve 4 ocorrências, sendo uma delas um tornado EF3 ocorrido em Taquarituba em 22 de setembro de 2013, resultando em duas vítimas fatais e 80 feridos.

A Região Administrativa de Registro teve 3 atuações, uma em Juquiá, outra em Sete Barras e uma em Ilha Comprida. As Regiões Administrativas de Franca, Presidente Prudente (Panorama, atingindo a divisa entre Mato Grosso do Sul e o Estado de São Paulo, além do município de Martinópolis) e Araçatuba registraram 2 episódios cada.

A Região de São José do Rio Preto foi atingida uma vez por tornado, no município de Populina em 19 de abril de 2004. As Regiões Administrativas Central e de Barretos não apresentaram registros de tornados durante o período de pesquisa proposto.

Quadro 4 - Quantidade tornados por regiões administrativas do estado de São Paulo.

Regiões Administrativas e Metropolitanas do Estado de São Paulo	Quantidade de tornados ocorridos por região
Região Administrativa de Registro	3
Região Metropolitana da Baixada Santista	5
Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte	6
Região Administrativa de Sorocaba	18
Região Administrativa e Metropolitana de Campinas	30
Região Administrativa de Ribeirão Preto	6

Região Administrativa de Bauru	8
Região Administrativa de São José do Rio Preto	1
Região Metropolitana de São Paulo	6
Região Administrativa de Araçatuba	2
Região Administrativa de Itapeva	4
Região Administrativa de Presidente Prudente	2
Região Administrativa de Franca	2
Região Administrativa de Marília	5
Região Administrativa de Barretos	0
Região Administrativa Central	0

Fonte: O Autor, 2023.

A análise da pesquisa revelou que as atuações no estado de São Paulo concentram-se nas porções Leste Paulista, Centro Sul e Sudoeste Paulista. Esse padrão pode ser relacionado à maior densidade populacional nessas regiões, proporcionando mais testemunhas para registrar o fenômeno e uma maior notoriedade na mídia. Além disso, a presença de extensos corpos d'água na região pode contribuir para fenômenos bem como as ilhas de calor e a impermeabilização do solo, ampliando o calor em sua superfície (Candido, 2012). Para melhores conclusões sugere-se mais pesquisas comparativas a respeito destas situações.

O baixo número de tornados no Noroeste Paulista e Extremo Oeste do estado pode estar relacionado ao clima mais seco (cerca de 3 a 5 meses secos) e quente. (IBGE, 2002), a região teve pouca ou nenhuma atividade tornádica. Outros como o relevo, vegetação e posicionamento de sistemas atmosféricos podem interferir nesta variação, por isso há necessidade de um monitoramento contínuo.

5.CONCLUSÃO

A pesquisa buscou reanalisar relatórios, trabalhos científicos em conjunto com dados primários disponíveis em sites e redes sociais. Estas informações permitiram a construção de um banco de dados que possibilitou a elaboração de um mapa com os

registros obtidos. Os resultados demonstram que São Paulo não é o Estado mais atingido no Brasil, mas fulgura como o 4º em número de atuações o que merece atenção. As atividades tornádicas apresentaram um comportamento diferente do padrão Brasileiro e do EUA exibindo atuações mais propícias no outono e ao período noturno.

O Estado de São Paulo possui 645 municípios, 72 foram atingidos pelo fenômeno totalizando 11,16%. Vários municípios tiveram recorrência, alguns somaram seis como Campinas e Ribeirão Preto. A maioria das atuações ocorreu na região de metropolitana e administrativa de Campinas e na região administrativa de Sorocaba.

No que se refere a força destrutiva as atividades a maioria ficaram na categoria EF1, no entanto, existiram tornados classificados como EF3 e EF4 que geraram danos de grande monta e diversas mortes. Assim sugere-se que ocorra um acompanhamento constante por parte dos órgãos competentes para o monitoramento e prevenção como a Defesa Civil do estado e seus respectivos municípios com as devidas orientações de como se deve proceder em caso de tempestades severas. Afim de se construir uma população resiliente aos fenômenos que costumeiramente assolam o Estado.

A pesquisa sugere novos trabalhos a respeito da delimitação do percurso, aliada a comparação de sistemas sinóticos e meteorológicos, para melhoramento da acurácia dos registros. Sugere-se também uma constante avaliação em conjunto com as normais climáticas, afim de verificar como estão ocorrendo os seus padrões e oscilações das atuações tornádicas no Estado. O banco de dados da presente pesquisa está sujeito a alterações, podendo incluir ocorrências que, até o presente momento, são desconhecidas pela autora, contribuindo para uma compreensão mais abrangente e atualizada do cenário investigado. Destaca-se que ao menos 20 tornados contabilizados por outros autores foram incluídos na presente pesquisa, mas necessitam de mais informações para aprimoramento da confirmação. Os autores consultados contabilizaram os mesmos, mas não disponibilizaram mais detalhes da ocorrência.

Recomenda-se o aperfeiçoamento do registro e a divulgação de matérias jornalísticas, proporcionando informações mais abrangentes e detalhadas, com a utilização das nomenclaturas corretas. Essa abordagem visa permitir o acompanhamento mais efetivo do fenômeno em questão, possibilitando que a população adquira um entendimento mais amplo de sua atuação. Para atingir esse objetivo, sugere-se a distribuição de panfletos informativos que esclareçam de maneira clara e acessível como e quando os tornados ocorrem, além de fornecer orientações sobre como se proteger diante desse fenômeno. A disponibilização dessas informações não apenas aumentará a conscientização pública, mas também permitirá que pesquisadores comparem dados de maneira mais precisa. Dessa forma, será possível aprimorar significativamente a compreensão da dinâmica envolvida no processo de um tornado.

6. REFERÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO NACIONAL OCEÂNICA E ATMOSFÉRICA. **National Centers for Environmental Information**. Normais Climáticas dos EUA. EUA: NOAA, 2023. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/us-climate-normals>. Acesso em: 5 abr. 2023.

ADMINISTRAÇÃO NACIONAL OCEÂNICA E ATMOSFÉRICA. **NOAA**. JetStream. EUA: NOAA, 2022. Disponível em: <https://www.weather.gov/jetstream/tornado>. Acesso em: 24 set. 2022.

ALMEIDA, L. G. **Ocorrência de tornados no Brasil entre 1975 a 2018**. In: Encontro Anual de Iniciação Científica e IX EAIC JR da UEPG. XXXII., 2023. Ponta Grossa, PR. Ponta Grossa: UEPG.

ANCHIETA, J. CARTA DE SÃO VICENTE 1560. **Caderno nº 7**, Primavera São Paulo, Primavera 1997.

ANTONIO, M. D. A.; ANTONIO, C. A. D. A.; FIGUEIREDO, J. C. Tornados do Outono de 2004 no Interior Paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII., 16-21 abril 2005, Goiânia. **Anais [...]**. INPE, 2005. p. 2819-2826.

BECK, A. T. VERZENHASSI, C. C. Risk optimization of a steel frame communications tower subject to tornado winds. **Latin American Journal of Solids and Structures**, v. 5, p. 187-203, 2008.

BERTONI, B. G. L. **Estudos de caso de tornados, uso e ocupação do solo, topografia e análise meteorológica destes eventos atmosféricos no Sul e**

Sudeste do Brasil. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) Programa de Pós graduação em Ciência Ambiental (PROCAM), USP, São Paulo, 2013.

CANDIDO, D. H. NUNES, L. H. HELD, G. . Impact of two severe storm systems over the São Paulo State, Brazil. In: 5th European Conference on Severe Storms, 2009, Landshut, Bavaria, Alemanha. 5th European Conference on Severe Storms **Preprints...**, 2009

CANDIDO, D. H. **Tornados e trombas-d'água no Brasil:** modelo de risco e proposta de escala de avaliação de danos. 2012. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas, 2012.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPESTADES. **NOAA.** Resumo anual de tornado fatal. Norman, OK. EUA: USA Gov, 2023. Disponível em: <https://www.spc.noaa.gov/climo/torn/fatalmap.php>. Acesso em: 28 out. 2023.

CHRIS DOLCE. **The Weather Channel.** April Begins What's Typically The Busiest Three Months For Tornadoes In US. EUA: TWC, 2023. Disponível em: <https://weather.com/safety/tornado/news/2023-03-27-tornado-peak-months-spring-april-may-june>. Acesso em: 25 out. 2023.

CRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à Geografia Física.** 7. Ed. Tradução de Francisco Eliseu Aquino et al. Porto Alegre: Bookman, 2012.

DAVIES, E. **Os locais que têm os ventos mais fortes do planeta.** BBC Earth. 9 out. 2015. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/10/151009_vert_earth_ventos_ml#:~:text=Oklahoma%20abriga%20o%20recorde%20da,3%20de%20maio%20de%201999. Acesso em 29 nov. 2023.

DAVIES-JONES R., TRAPP R. J., BLUESTEIN H. B. Tornadoes and tornadic storms. In Severe Convective Storms, C. A. Doswell III (ed.), **AMS Monograph Vol. 28 No. 50.**, 167–254, 2001.

DOSWELL III, C. A.; BOSART, L. F. **Extratropical synoptic-scale processes and severe convection.** In: DOSWELL III, C. A. (Ed.) Severe Convective Storm. Cap. 2. A Meteorological Monograph: American Meteorological Society. Submitted: May 2000.

EDWARDS, R. The online tornado - FAC. **NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration.** Disponível em: <https://www.spc.noaa.gov/fac/tornado/>. Acessado em: 27 nov. 2017.

ESTIVALLET, J. et al.. **A Influência nas ocorrências tornádicas em Santa Catarina.** Curso Técnico de Meteorologia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, DASS, Florianópolis, 2009.

FUJITA, T.T. Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales. **Journal of the atmospheric sciences**, v.38, p.1511-1524, 1981

HORNES, K. L. **Tornados no Brasil.** Ponta Grossa, PR. Toda Palavra, 2022.

HORNES, K. L., SCHULZ, L. C. Assinatura de tornado em imagens de radar em ocorrência de 2015 em Marechal Cândido Rondon e Quatro Pontes, PR. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.15, p. 1-15, e2115413, 2021. DOI: 10.5212

HUSHCKE, R.E. **Glossary of Meteorology**. Boston: American Meteorological Society, 1959. 585p.

INSTA ARTS. **Insta Arts o laboratório de arte contemporânea**. Kodak: A história da câmera fotográfica. [S.l.]. Disponível em: <https://instaarts.com/fotografia/a-historia-da-camera-kodak/#:~:text=Em%20parceria%20com%20o%20empres%C3%A1rio,como%20as%20imagens%20eram%20exibidas>. Acesso em: 30 out. 2023.

INSTITUTO GEOLÓGICO. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2015.

IPMET. **Ipmet Radar**. Banco de Dados de Desastres Naturais. Bauru - SP: IPMet, 2023. Disponível em: <https://www.ipmetradar.com.br/2desastres.php>. Acesso em: 11 out. 2023.

JORNAL DA USP. **Jornal da USP**. Estação Meteorológica da USP faz 90 anos contribuindo para a pesquisa e difusão da ciência. São Paulo: USP, 2022. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/estacao-meteorologica-da-usp-faz-90-anos-contribuindo-para-a-pesquisa-e-difusao-da-ciencia/#:~:text=No%20dia%2022%20de%20novembro,anteriormente%20chamado%20Parque%20do%20Estado>. Acesso em: 21 out. 2023.

MARCELINO, I. P. V. de O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina: Caracterização sinótica e mineração de dados**. 2003. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2003.

METEOMONT. **Dez anos do tornado de Muitos Capões-RS**. Disponível em: <https://meteomont.blogspot.com/2015/08/dez-anos-do-tornado-de-muitos-capoes-rs.html>. 2015. Acesso em: 30 de outubro de 2023.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO. **Sumário Executivo**. Clima e Poluição do ar no Estado de São Paulo. 2004, p. 35 - 40. Disponível em: https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/biblioteca_virtual/bv_informativos_tecnicos/clima.pdf. Acesso em: 30 nov. 2023.

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**, São Paulo, ano 2005, n. 1, p. 121-140.

NATIONAL WEATHER SERVICE, National Oceanic and Atmospheric Administration. **Tornado**. Disponível em: <https://www.weather.gov/jetstream/tornado>. Acesso em 24 set.2022.

NECHET, D. Ocorrência de tornados no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, 2002, p. 29-39.

NSSL. **Laboratório Nacional de tempestades Severas da NOAA**. Tempo Severo 101 - Tornados. Norman, OK. EUA: NOAA, 2023. Disponível em: <https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/tornados/types/>. Acesso em: 8 jul. 2023.

NWS. **National Weather Service**. Como o NWS determina danos causados pelo vento e tornados. Binghamton, Nova York. EUA: NOAA, 2023. Disponível em: <https://www.weather.gov/bgm/helpSurveys>. Acesso em: 10 jul. 2023.

NWS. **National Weather Service**. Conscientização sobre clima severo - Noções básicas sobre tornados. Milwaukee/Sullivan, Wisconsin. EUA: NOAA, 2023. Disponível em: https://www.weather.gov/mkx/taw-tornado_basics. Acesso em: 26 out. 2023.

NWS. **National Weather Service**. Sobre Tornados. Cidade de Peachtree, GA. EUA: USA.Gov, 2023. Disponível em: <https://www.weather.gov/ffc/torntext#:~:text=Tornados%20are%20violently%20rotating%20columns,swirls%2C%20others%20as%20wide%20funnels>. Acesso em: 29 jun. 2023.

REDE IPÊ. **RNP**. Evolução da Internet no Brasil. [S.l.]. Disponível em: <https://www.rnp.br/noticias/evolucao-da-internet-no-brasil>. Acesso em: 31 out. 2023.

SILVA DIAS, M. A. F., An Increase in the Number of Tornado Reports in Brazil. **American Meteorological Society**. Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, São Paulo. Jul. 2011. DOI: 10.1175/2011WCAS1095.1

LEAL, D. C. **Radar meteorológico e sua importância na previsão de desastres naturais**. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, XVII.; Congresso Nacional de Geografia Física, I., Instituto de Geociências - Unicamp, Campinas – SP, 28 de jun. à 2 jul. 2017. 12 p. Tema: Geografia Física e Desastres Naturais.

SPC. **NOAA**. Tornado de Vórtice múltiplo. EUA: NOAA, 2023. Faq Tornado. Disponível em: <https://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/altus.htm>. Acesso em: 24 set. 2022.

TIEMPO SEVERO ARG. **Google My Maps**. Pasillo de los Tornados - Pasado y Presente. [S.l.]. Google Maps, 2015. Disponível em: https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1E_a0e2B9ftXNQ-F5XIZgnGps2So&g_ep=CAESCSTExLjcyLjMwMhgAQgJCUg%3D%3D&shorturl=1&ll=-31.054588692288043%2C-62.10646362499995&z=4. Acesso em: 24 set. 2022.

VESILIND, P. J. Chasing Tornadoes: a Tale of Science, Guts, and Luck. **National Geographic**. v. 205, n. 4, p. 2-37, apr. 2004.

WILLIAM R. PLAZA. **Hardware.com.br**. Qual foi o primeiro celular com câmera?. [S.l.]. Hardware, 2022. Disponível em:

<https://www.hardware.com.br/artigos/qual-foi-o-primeiro-celular-com-camera/#:~:text=Em%202002%20alguns%20celulares%20com,c%C3%A2mera%20era%20acoplada%20ao%20aparelho>. Acesso em: 31 out. 2023.

WOLLMANN, C. A., IENSSE, A. C. **A gênese climática dos tornados nos estados da região sul do Brasil e São Paulo**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. 2019 DOI: 10.12957/geouerj.2019.40941.

7. APÊNDICE

APÊNDICE A – TABELA DOS TORNADOS CONTABILIZADOS

Data	Município	Hora	Intensidade	Fonte
23/02/1957	Ribeirão Preto	?	F0	Bertoni (2013)
23/02/1976	Santos	?	F1	Blessman
01/02/1984	Ribeirão Preto	?	F1	Dyer (1994)
15/05/1987	Piedade	16:30h	F3	Dyer (1994), Dias (1991)
15/05/1987	Peruíbe	?	?	Bertoni (2013)
31/05/1987	Piedade	?	F0	Cândido (2012)
15/10/1987	Indaial	?	?	Cândido (2012)
10/03/1991	Boituva	?	?	Bertoni (2013)
26/04/1991	São Bernardo do Campo	?	F3	Cândido (2012)
26/04/1991	Chavantes e Ourinhos	?	F1	Bertoni (2013)
30/09/1991	Itu e municípios vizinhos	18:50h	F3	Dyer (1994), Dias (1991)
30/11/1991	Bauru	?	F1	Cândido-Nechet
10/03/1993	Cachoeira Paulista	?	F2	Dyer (1994), Dias (1991)
13/05/1994	Ribeirão Preto	tarde	F2	Dyer (1994), Dias (1991)
14/05/1994	Ribeirão Preto	23:05h	F1	Cândido (2012)
14/05/1994	Bauru	?	F0	Cândido (2012)
28/11/1995	Paulínia e Jaguariúna	?	?	Google Maps (2015)
28/11/1995	Campinas	noite	F3	Cândido (2012)
29/03/1998	Jundiaí	madrugada	?	Cândido e Jornal Estadão
16/08/1998	Bauru	noite	?	Google Maps (2015)
04/05/2001	Campinas***	17h	F2	folha campinas
04/05/2001	Sumaré***	17:15h	F3	Wikipédia
04/05/2001	Santa Barbara do Oeste e Americana***	16h	F1	Cândido e Folha
24/06/2001	Mogi Mirim	?	F0	CEPAGRI/UNICAMP
23/09/2002	Franca e +11***	13:30h	F2	Dourado News e Estivallet

05/02/2004	Juquiá	21:30h	F0	Defesa Civil
19/04/2004	São Paulo	?	F1	Cândido (2012)
19/04/2004	Populina	?	?	Tempo Severo e Bertoni
22/05/2004	Ribeirão Preto	madrugada	F1	Candido (2012)
25/05/2004	Palmital	14h	F3	Antônio et al
25/05/2004	Lençóis Paulista	17h	F2	Antônio et al
25/05/2004	Itu	?	?	Tempo Severo e Bertoni
02/01/2005	Bertioga	?	?	Bertoni e Tempo Severo
05/01/2005	Campinas	?	F1	Cândido (2012)
17/03/2005	Piracicaba	?	F0	Jornal de Piracicada e Cândido (2012)
04/05/2005	Ilha Comprida	?	F3	Wikipédia
24/05/2005	Indaiatuba	17h	F3 ou F4	Bertoni (2013) e etc.
24/05/2005	Itupeva	Tarde e Noite	F1	Defesa Civil
24/05/2005	Capivari	Tarde e Noite	F1	Defesa Civil
24/05/2005	Iaras	noite	F2	Defesa Civil
24/05/2005	Maírinque	19:00h	?	Defesa Civil
24/05/2005	Atibaia	Tarde e Noite	?	Defesa Civil
24/05/2005	Sumaré***	Tarde e Noite	?	Defesa Civil
24/05/2005	Itatiba	Tarde e Noite	F2	Defesa Civil
24/05/2005	Ibiúna	21:23h	?	Defesa Civil
24/05/2005	Bragança Paulista	Fim da tarde	F2	Wikipédia
24/05/2005	Sorocaba	Fim da tarde	F0	Defesa Civil
08/01/2006	Taubaté	?	F0	Wikipedia e Cândido (2012)
12/01/2006	Martinópolis	?	?	Wikipedia e Cândido (2012)

24/01/2006	São José dos Campos	Fim da tarde	F1	Wikipedia e Cândido (2012)
07/03/2006	Marília	?	F1	Cândido (2012)
29/03/2006	Piracicaba	11:30h	F1	Cândido e INPE
29/03/2006	Santa Barbara do Oeste e Americana	manha	F2	Wikipedia e Cândido (2012)
29/01/2007	Promissão	Madrugada	F1	G1
		18:28h	F0	Cândido (2012)
03/02/2007	Franca			
09/03/2007	Peruíbe	15:30h	F1	Wikipédia
28/10/2007	Ribeirão Preto	?	F0	Cândido (2012)
01/11/2007	Campinas	Noite	F0	Wikipedia
02/11/2007	Guzolândia	Noite	F1	Wikipedia e Jornal Extra
22/04/2008	Cesário Lange	?	?	Cândido (2012)
06/11/2008	Cachoeira Paulista	20h	F1	Cândido (2012)
15/11/2008	Itupeva	?	F1	Cândido (2012)
25/12/2008	Lins	19:51	F0	Defesa Civil
??/02/2009	Moguguá	?	?	Estivallet
01/03/2009	Buri	Tarde	F0	Cândido (2012) e Google Maps (2015)
23/03/2009	São paulo	?	?	Estivallet e Cândido (2012)
??/07/2009	Leme	?	?	Estivallet
19/10/2009	Ilha Solteira	16:30h	F0	Cândido (2012)
23/05/2010	Paranapanema	Tarde	F0	Cândido (2012)
13/12/2010	Campinas	Tarde	Gustinado	Cândido (2012)
24/06/2011	Mogi Mirim	?	F1	Wikipedia
05/01/2012	Cerqueira César	Noite	F1	G1 e Estivallet
06/05/2012	São Sebastião	18h	F1	G1 e IPMET
10/06/2012	Apiaí	Fim da tarde	F2	Acervo Estivallet
31/10/2012	Cândido Mota	17:30h	F1	G1 e de Olho no Tempo
03/03/2013	Limeira	Tarde	F1	G1

02/06/2013	Morungaba	?	F2?	Google Maps (2015)
22/09/2013	Taquarituba	16:30h	F3	g1 e Defesa Civil
04/01/2015	Votorantim	Tarde	F0	Google Maps (2015)
08/09/2015	Dois Córregos	15:21h	F1	JovemPan
10/09/2015	Panorama	17h	F2	G1 e Wikipédia
16/05/2016	Embu Guaçu	16:30	F1	Rede Record e you tube
05/06/2016	Campinas***	00:20h	F2	INPE
05/06/2016	Janiru	Madrugada	F2	G1 e Defesa Civil
05/06/2016	Jundiaí	madrugada	F2	G1 e Estivallet
05/06/2016	Atibaia	Madrugada	F2	Defesa Civil
06/06/2016	Vargem grande Paulista, São Roque e Mairinque	16:30h	F2-F3	Almeida (2019)
16/07/2016	São Miguel Arcanjo	Fim da tarde	F2	Tv Tem, You Tube
21/08/2016	Águas de Lindóia	2:00h	F2	Wikipédia
20/10/2016	Areiópolis	15:30h	?	IPMET e Defesa Civil
18/02/2017	São Miguel Arcanjo	18h	F0	G1 e IPMET
13/06/2018	Ibiúna	Tarde	F0	Wikipédia
04/12/2018	Sete Barras	17:30h	F1	G1 e Wikipédia
30/01/2019	São Paulo	17:30h	F1	Rede Record e You tube
09/03/2021	São José dos Campos	?	F0	You tube
09/10/2021	Pirassununga	Noite	F0	Verdes Mares
26/11/2021	Duartina	Fim da tarde	F1	G1 e Wikipédia
29/05/2022	Itapeva	22:30h	F0	O Autor

*** Outbreak.