



Ocorrência de Tornado no Município de Piraí do Sul no Estado no Paraná¹

Tornado Occurrence in The Municipality of Piraí do Sul in the State of Paraná

Maria Cristina Piotrovski²

<https://orcid.org/0009-0008-9773-5594>

Karin Linete Hornes³

<https://orcid.org/0000-0002-3040-5688>

Loriane Gomes de Almeida³

<https://orcid.org/0009-0001-8064-5014>

Jaqueline Estivallet⁴

<https://orcid.org/0009-0001-3819-9700>

Gilson Campos Ferreira da Cruz⁵

<https://orcid.org/0000-0002-7804-7998>

José Pedro Ferreira da Silva⁶

<https://orcid.org/0009-0006-9223-0832>

¹ Trabalho aprovado por pares e apresentado no **V Workshop da Rede Internacional de Pesquisa Resiliência Climática - RIPERC**, Modalidade Oral, realizado nos dias 10 a 13 de dezembro de 2023. Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, Paraná

²Graduanda em Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. 23352303@uepg.br

²Doutora em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. klhornes@uepg.br

³Graduanda em Licenciatura em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. 20003102@uepg.br

⁴Técnica em Meteorologia. jackmeteo@gmail.com

⁵Doutor em Geografia Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. gilsoncruz@uepg.br

⁶Bacharel em Geografia, 2º Grupamento do Corpo de Bombeiro de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. jp.ferreira38@yahoo.com.br





GT (1): EMERGÊNCIA CLIMÁTICA E MUNICÍPIOS SUSTENTÁVEIS

Resumo: Tornados são fenômenos atmosféricos com ventos muito intensos, causando sérios danos econômicos e humanos, uma vez que os tornados podem ferir e matar pessoas. A região Sul do Brasil vem sofrendo com intensas chuvas, vendavais e tornados. Os tornados pouco constam nos registros, devido às dificuldades para sua identificação. O município de Pirai do Sul - PR sofreu na data do dia 30 de outubro de 2023 um evento severo que trouxe diversos danos a duas propriedades rurais. A presente pesquisa teve por objetivo identificar a atividade ocorrida, com o intuito de descrever os danos, percurso e força destrutiva, para tanto, foram realizadas atividades de campo para georreferenciamento das localidades atingidas utilizando GPS, registros fotográficos dos danos e entrevistas com as testemunhas do evento. Estas ações permitiram a identificação de uma atividade tornádica, a construção de seu percurso nas propriedades, a direção preferencial do fenômeno e a classificação de sua força destrutiva, equivalente a um EF1. O reconhecimento das atividades tornádicas no país é uma emergência. Diversos tornados já ocorreram, no entanto, a falta de informação sobre os mesmos pode deixar a população vulnerável na questão do planejamento e organização em relação a resiliência em atividades correspondentes a este fenômeno.

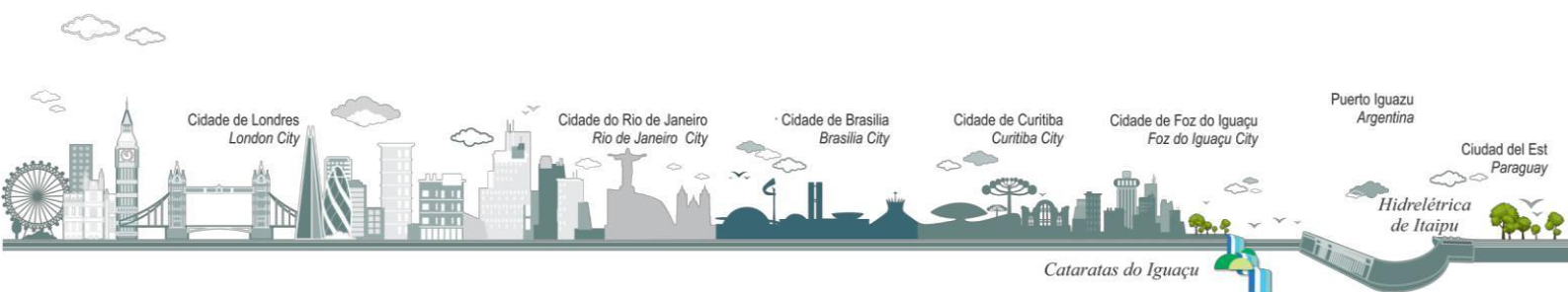
Palavras-Chave: tempestades severas. percurso. resiliência. danos.

Abstract: Tornadoes are atmospheric phenomena with very intense winds, causing serious economic and human damage, as tornadoes can injure and kill people. The southern region of Brazil has been suffering from intense Wind storms and tornadoes, although the latter is rarely recorded due to lack of knowledge and difficulties in identifying it. On October 30, 2023, the municipality of Pirai do Sul – PR suffered a severe event that caused extensive damage to two rural properties. Therefore, the present research aimed to identify the activity that occurred with the aim of describing the damage, route and destructive force. To this end, Field activities were carried out to georeference the affected locations using GPS; photographic records of the damage; interviews with witnesses of the event. These actions allowed the identification of a tornadic activity, the construction of a map of its route through the properties, the preferred direction of the phenomenon and the classification of its destructive force equivalent to an EF1. Recognition of tornadic activities in the country is an emergency. Several tornadoes have already occurred, however, the lack of information about them can leave the population vulnerable regarding planning and organization in relation to resilience in activities related to this phenomenon.

Key Words: Severe Storm. Route. Resilience. Damage.

INTRODUÇÃO

Atividades tornádicas são uma constante no Brasil, visto que América do Sul está situada em uma das áreas mais propícias a atividades tornádicas, de acordo com Vesilind (2004). O Brasil está localizado justamente na segunda maior região mais propensa do mundo, que inclui o Paraguai, o nordeste da Argentina, o Uruguai e as regiões Sul e Sudeste do Brasil (Beck; Verzenhassi, 2008), acumulando um total de 581 tornados para o período de 1975 a 2018 (Almeida, 2023). No entanto os registros de ocorrências podem ser





subnotificados, dadas as dificuldades envolvidas no reconhecimento do fenômeno, pois segundo Hornes (2022), o fenômeno pode ser confundido com outras atuações atmosféricas, como vendavais e downburst, por exemplo. Também segundo Hornes (2018), é importante caracterizar e discutir a atuação dos tornados e os problemas socioambientais ocorridos, pois assim é possível traçar estratégias de organização política, social e econômica que podem tornar as cidades mais resilientes e seguras a este tipo de desastre.

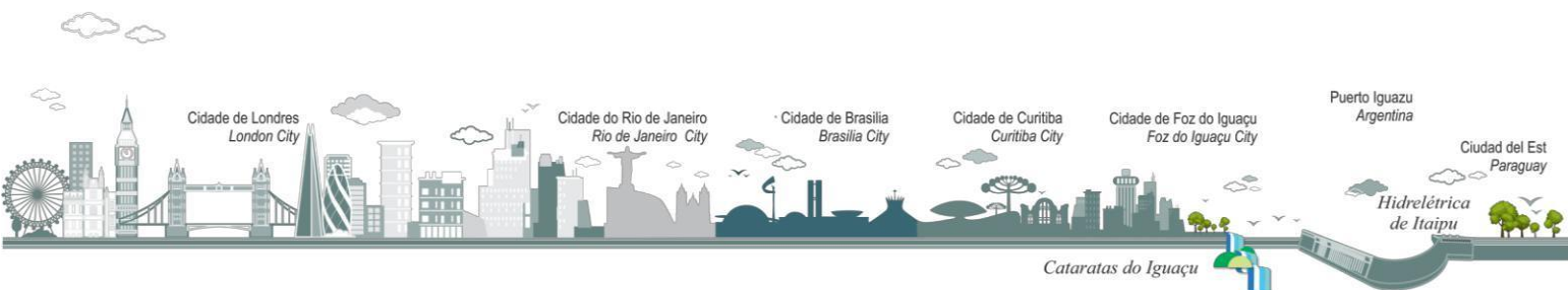
No dia 30 de outubro de 2023, entre 20h30min e 21h, uma tempestade severa atingiu a zona rural do município de Piraí do Sul nos Campos Gerais do estado do Paraná e gerou diversos danos. Diante desta notícia, o grupo que vem se dedicando ao estudo de desastres naturais e socioambientais na Universidade Estadual De Ponta Grossa, foi acionado pelo 2º grupamento do corpo de bombeiros de Ponta Grossa para avaliar do que se tratava o fenômeno que gerou os danos nas duas chácaras envolvidas.

A equipe dirigiu-se até o local no dia 02 de novembro a fim de descrever os danos, georreferenciar as localidades atingidas, Fazenda Campo do Valo e Chacará Guavirová (Figura 1), efetuar o registro fotográfico e entrevistar testemunhas. Nesta atividade os critérios utilizados tiveram como base as indicações utilizadas pelo Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos (NWS, 2022), que norteiam a contabilização realizada por cientistas americanos e todas as entrevistas foram realizadas acompanhadas do termo de consentimento livre e esclarecido.

Figura 1 - Localidades afetadas em 30/10/23, Piraí do Sul, PR.



Fonte: Piotrovski, 03/11/23





FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

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 e que produzem a formação de uma coluna de ar (NOAA, 2023). Apenas 20% de todas as tempestades de supercélulas produzem tornados (NOAA, 2023).

Conforme Fujita, 1981, tornado é uma violenta coluna de ar giratória, que dura por poucos minutos, pendente de uma nuvem cumulonimbus, geralmente associada a mesociclones, onde o ar ascendente gira no interior da nuvem de maneira persistente; um mesociclone é um vórtice em rotação ciclônica, com cerca de 2 a 10 km de diâmetro (AMS, 2012). Tornados podem variar muito de cor, largura e comprimento de seu percurso, além de sua duração, que pode ser de segundos a horas (NOAA, 2022), a depender das condições da tempestade. Existem vários tipos de tornados, classificados em supercelulares ou não-supercelular, que são os do tipo *gustinado* e *landspout*.

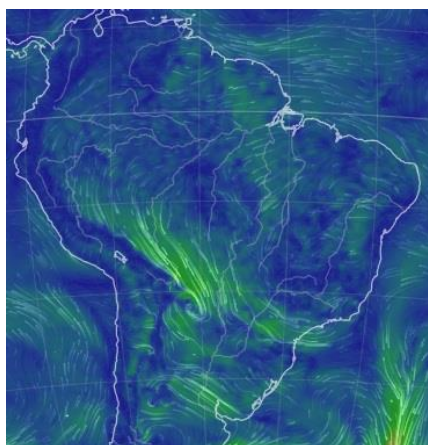
Segundo o autor Ernani Nascimento (2005), o Jato de Baixo Nível (JBN) pode contribuir de várias formas para convecção severa. Primeiro, efetuando o transporte de umidade proveniente da Amazônia para as latitudes mais altas (BERRI e INZUNZA, 1993), o que aumenta a oferta de umidade na camada limite planetária e favorece a desestabilização da atmosfera, ambos ingredientes necessários para tempestades (p.ex., JOHNSON e MAPES, 2001). Conforme Nascimento (2005), a presença do Jato de Baixo Nível (JBN) permite um ocasional acoplamento entre escoamentos de baixos e altos níveis, o qual representa um mecanismo dinâmico, relevante para o desenvolvimento de tempestades severas, como discutido em UCCELINI e JOHNSON (1979). Além disso, como indicado por DOSWELL (1991), um escoamento tipo JBN (Figura 2) tende a deformar a hodógrafa ambiental, criando um abaulamento na mesma em baixos níveis, favorecendo o aumento da helicidade relativa à tempestade. Um ambiente com valores altos de helicidade relativa em baixos níveis pode ser propício ao desenvolvimento de tempestades rotativas (i.e.,





potencialmente severas), caso outros fatores favoráveis ao disparo de convecção profunda também estejam presentes (RASMUSSEN e BLANCHARD, 1998; doravante RB98).

Figura 2 - Direção Jatos de Baixos Níveis em 30/10/23 às 20h

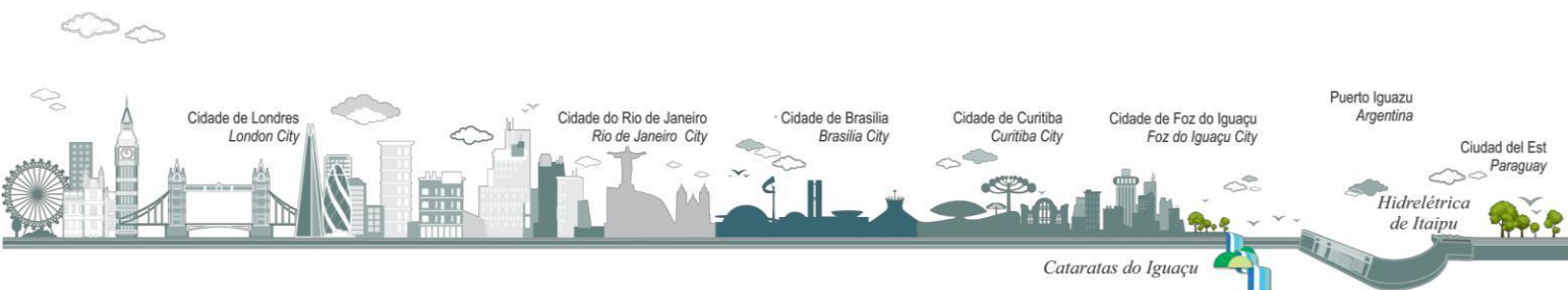


Fonte: <http://earth.schoolnull.net>

A estação mais propícia a tornados no Brasil (Wollmann e lensse, 2019) e nos Estados Unidos (The Weather Channel, 2023) é a primavera. Neste equinócio o continente começa a receber maior incidência de raios solares, portanto, mais calor. Com a chegada da primavera, as massas de ar de origem tropical passam a ter maior participação em determinadas áreas geográficas e com isso geram energia necessária para a formação de tempo severo. (Wollmann e lensse, 2019).

Segundo Marcelino, um dos sistemas atmosféricos que mais originam fenômenos atmosféricos extremos neste período são sistemas convectivos isolados. Essas tempestades formam-se como resultado do aquecimento da superfície durante o dia, o que causa instabilidades convectivas, geralmente durante o período da tarde. Durante a primavera, outros sistemas convectivos contribuem significativamente para a geração de tornados, a exemplo dos sistemas convectivos de mesoescala (CCM) e sistemas frontais transientes. Os CCMs formam-se na região do Chaco (Paraguai).

O site americano NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration (2023) afirma que em muitos tornados podem ocorrer subvórtices ou vórtices de sucção, que são





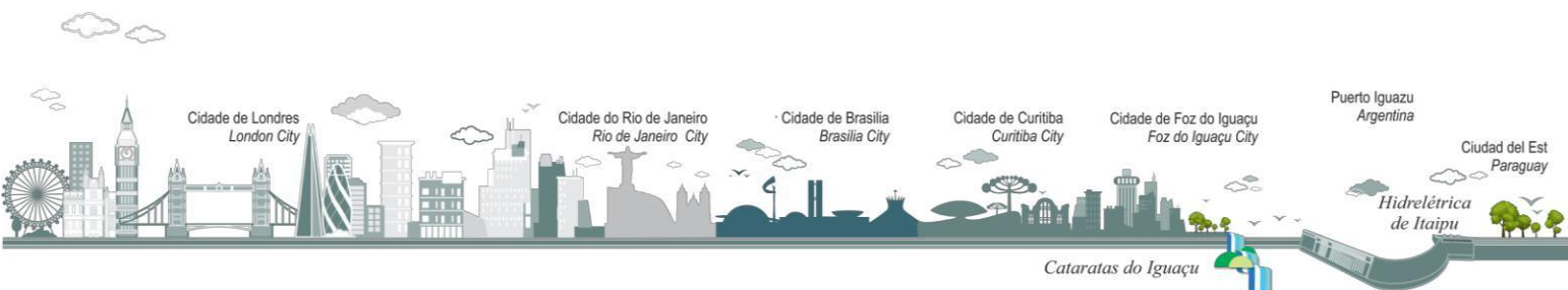
responsáveis pela maioria dos casos em que arcos de destruição extrema ocorrem ao lado da ocorrência de danos mais fracos observados no caminho dos tornados. No fenômeno em Pirai do Sul pode ter ocorrido, através dos danos observados, um tornado duplo vórtice.

Sobre os danos causados pela ocorrência de um tornado, segundo os autores MacDonald e Marshall (1984), eles podem ser classificados em quatro níveis, através da observação: danos leves, superficiais (que poderiam ser reparados pelo próprio proprietário), dano moderado (a estrutura ainda pode ser usada para o fim a que se destina, exigência de grandes reparos), danos graves (a estrutura não pode ser usada em sua condição atual, grandes reparos exigem que a construção seja desocupada) e totalmente destruído (o que resta da estrutura terá que ser demolido e removido do local antes que a reconstrução possa ocorrer).

Os autores MacDonald e Marshall (1984) também destacam a importância da realização de entrevista com testemunhas após eventos tornádicos, afirmando que muitas informações relevantes podem advir de relatos, como tempo de ocorrência, descrições sobre o acontecimento, como as coisas estavam antes, temperatura, quantidade de chuva, condições climáticas.

METODOLOGIA

De conhecimento da ocorrência por canais de comunicação online, com fotos e vídeos dos danos no dia seguinte ao acontecimento (30 de outubro de 2023), no dia 03 de novembro de 2023 uma equipe foi a campo a fim de obter mais detalhes do ocorrido e de sua caracterização com percurso e danos, além de ouvir testemunhas. Por se tratar de dados primários, salienta-se que 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 (Hornes 2022), tipo de dano, duração do evento, disposição dos objetos e atividade sonora, já que alguns tornados apresentam sons parecidos com uma turbina de avião ou de silos funcionando. Todos estes critérios tiveram como norte os indícios 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.

A equipe realizou observação e registro fotográfico dos danos, além de entrevistas com as testemunhas para determinação do percurso e georreferenciamento através de GPS das localidades atingidas, Fazenda Campo do Valo e Chacará Guavirová, ambas localizadas no município de Piraí do Sul. Durante as entrevistas, foram realizados questionários com seis moradores (sendo que cada um dos entrevistados respondeu como responsável pela família), contendo dezessete questões semi-estruturadas. As questões englobavam assuntos sobre aonde se encontravam as testemunhas no momento, o que viram e ouviram antes, durante e após do evento, de que maneira se protegeram e também a respeito dos danos ocorridos.

De posse das informações foi possível construir o percurso do fenômeno nas localidades, utilizando o aplicativo *Google Earth*. Assim, obteve-se a direção percorrida e a força destrutiva envolvida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Piraí do Sul está localizado na região dos Campos Gerais do Paraná, próxima aos municípios de Jaguariaíva e de Castro, e possui o relevo marcado por falhas que vão sentido sudeste/nordeste, os quais compõe o arco de Ponta Grossa, com altitude média de 1000 metros e clima Cfb segundo a classificação de Koppen (Embrapa, 2002). Havia no momento da ocorrência do tornado a influência de duas áreas de baixa pressão, uma sobre o Paraná e outra sobre o Chaco (Figura 3).

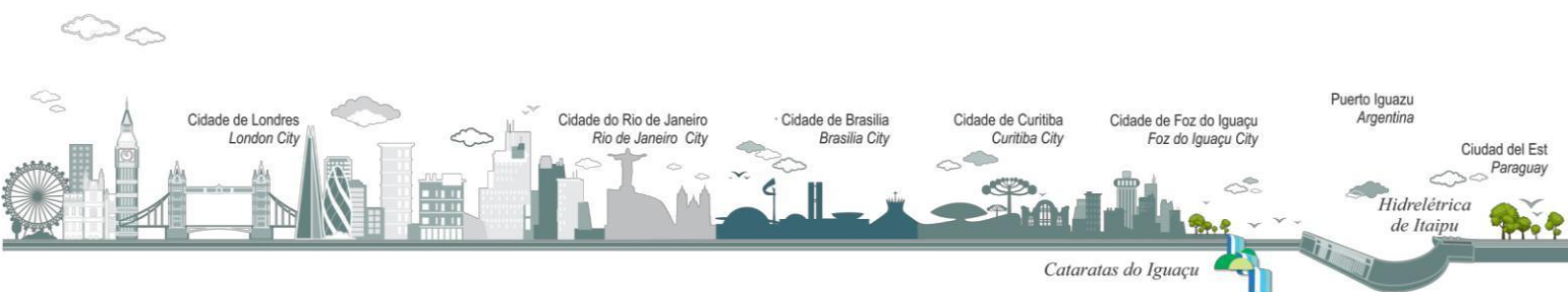
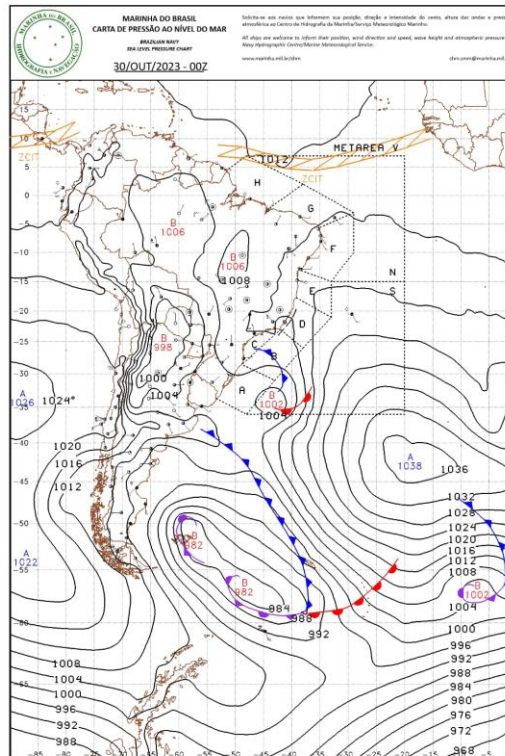


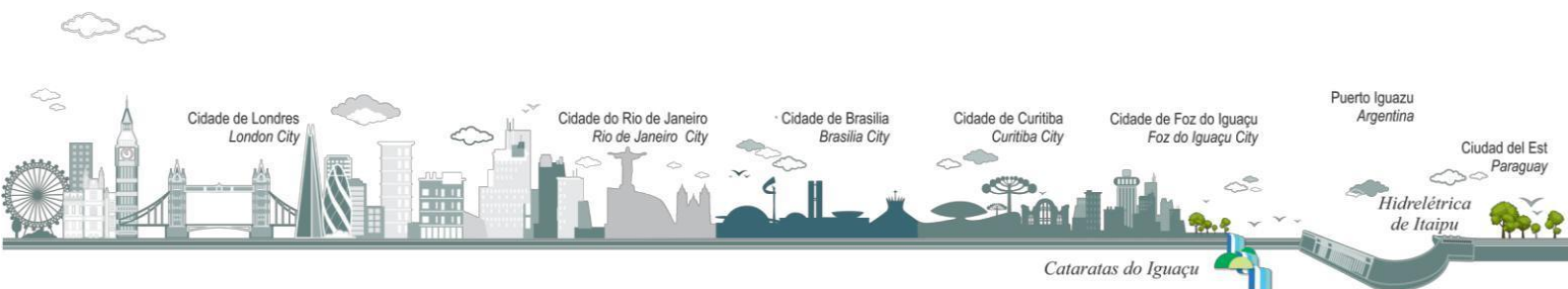


Figura 3 - Carta Sinótica 30/10/23 - 00Z que demonstra a existência de dois sistemas de baixa pressão com influência na Região Sul



Fonte: <https://www.marinha.mil.br/>

A tempestade ocorrida destruiu estruturas metálicas e arrancou portas de barracões, quebrou postes, tombou árvores de grande porte pela raiz, como araucárias (Figuras 6B e 6C), provocou desganhamento (Figuras 6A e 6D) e descascamento (Figura 5D) em muitas outras. Também destruiu completamente dois galpões (Figura 5A) e uma garagem, retorcendo as colunas e vigas de concreto e ferro. Houve destelhamento em várias residências, a primeira, com o telhado de zinco localizada no Campo do Valo, foi totalmente destruída; a segunda, já na Chácara Guavirová, constituída de fibrocimento, também teve danos totais do telhado, incluindo o forro, uma janela quebrada por um galho de árvore e outra por detritos e arrasto de um automóvel; a terceira residência, na mesma chácara, com telhado constituído de telhas de barro, sofreu danos em cerca de 70% da estrutura, apresentando diversas marcas nas paredes e uma janela danificada por projéteis lançados





durante a ocorrência (Figura 5B). Próximo a esta residência haviam muitos pedaços de telhas de fibrocimento e de barro, algumas bastante “liquidificadas” e cravejadas no solo (Figura 5C). Também foram relatados postes quebrados em ambas as localidades, um cavalo ferido e pássaros mortos. Todos os danos foram causados em menos de 10 segundos, como mencionado pelos entrevistados. Entretanto, as plantações de milho não foram afetadas. Os mesmos informaram que ouviram um som muito diferente dos vendavais que costumam atingir a localidade. Relatam que o som era de algo que parecia estar arrebetando tudo. Logo que reconheceram este som diferente e observaram a queda de árvores e estruturas, procuraram um local seguro para se abrigar. As crianças de duas residências foram rapidamente enroladas em blusas e cobertores, para minimizar e evitar que se machucassem. Os entrevistados da Chácara Guavirová descreveram que encontraram materiais da Fazenda vizinha de sua propriedade (Campo do Valo), e estilhaços da fazenda Guavirová foram encontrados a aproximadamente 4 km de distância da localidade. Todos estes danos concordam com as descrições do Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos para atuações de tornados (NWS, 2022). Cabe mencionar que a atividade ocorreu no equinócio de primavera, considerado o mais propício ao fenômeno (Wollmann e Iensse, 2019; The Weather Channel, 2023).

O resultado do trabalho mostrou, através dos dados obtidos, a característica do rastro do tornado que atingiu as duas localidades em Piraí do Sul. Segundo a observação dos danos de acordo com a Escala Fujita Melhorada (Fujita, 1981), aonde ventos de até 138 Km/h podem destelhar residências, promover o arrasto de automóveis, queda de árvores, conclui-se que o tornado foi de categoria EF1. Os danos à vegetação denotam bem o fenômeno do rastro do tornado, além dos danos localizados (Figura 4), pois algumas residências foram mais afetadas que outras.

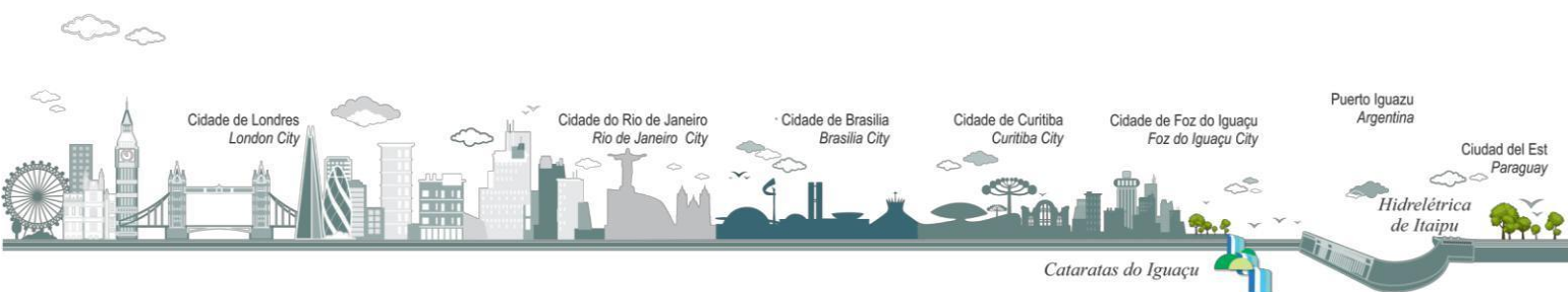




Figura 4 - Registro da localização dos danos causados por tornado em 30/10/23, Pirai do Sul, PR.



Fonte: Piotrovski, 03/11/23

Figura 5 – A. Barracão totalmente destruído, Chácara Guavirová. B. Marcas em parede de alvenaria de residência resultantes de projéteis lançados durante a ocorrência, Chácara Guavirová. C. Fragmento de telha eternit fincada ao solo resultante da ocorrência, Chácara Guavirová. D. Árvores quebradas e sinal de descascamento, entre as localidades Fazenda Campo do Valo e Chácara Guavirová.



Fonte: Piotrovski, 03/11/23

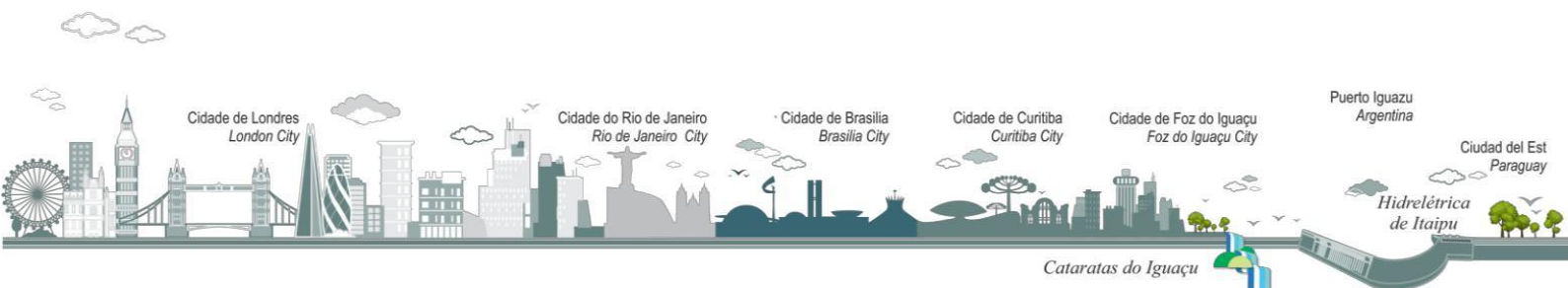




Figura 6 – A. Mata danificada entre as localidades Fazenda Campo do Valo e Chácara Guavirová. B. Árvore de grande porte caída próxima a residência e mata danificada, Chácara Guavirová. C. Árvore de grande porte caída e mata danificada, Chácara Guavirová. D. Mata danificada próxima a residência e cerca quebrada, Chácara Guavirová.

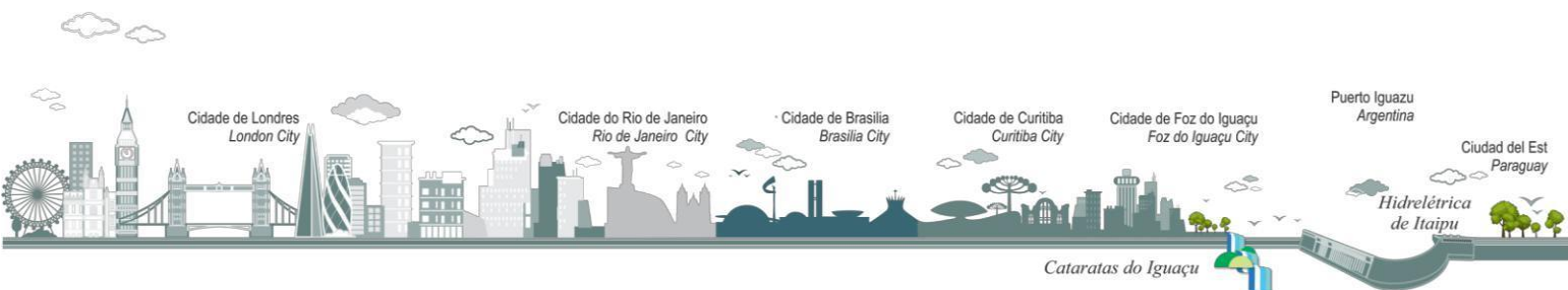


Fonte: Piotrovski, 03/11/23

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o georeferenciamento dos danos foi possível concluir que a atividade percorreu a direção NW-SE, apresentou um percurso não contínuo e com aparente arcos de destruição. Estas oscilações de danos no percurso podem representar a atividade de um tornado múltiplo vórtice. A categoria alcançada na escala Fujita Melhorada corresponde a

IJERRS - ISSN 2675 3456 - V.5, N.2, 2023 p. 11





EF1, com velocidade do vento aproximada de 138 a 177 km/h, pois ocorreu o destelhamento parcial e total das estruturas, janelas foram quebradas, algumas árvores tiveram seus galhos e troncos quebrados e foram arrancadas pela raiz, e um automóvel foi arrastado pelos fortes ventos.

Como conclusão aponta-se que os eventos tornádicos são atividades climáticas intensas, com grande potencial de destruição de patrimônio e perigo à vida humana. Também pode-se concluir, através das entrevistas obtidas, a importância da informação a respeito dos procedimentos para salvaguarda e segurança durante a ocorrência de tempestades severas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela Bolsa de Iniciação Científica concedida e a Universidade Estadual de Ponta Grossa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. G.; **Ocorrências de tornados no Brasil no período de 1975 a 2018**. Iniciação Científica. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, PR. 2023.

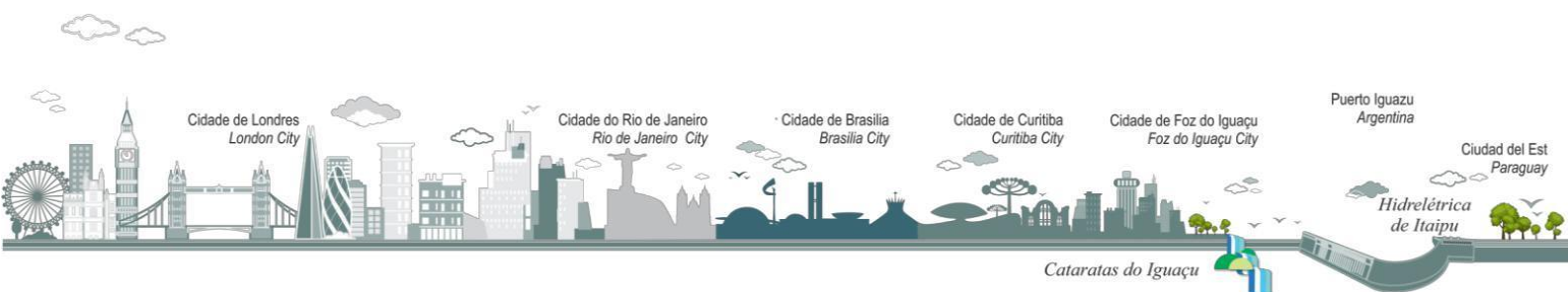
AMS, American Meteorological Society. **Mesocyclone**. 2012. Disponível em: <https://glossary.ametsoc.org/wiki/Mesocyclone>. Acesso em: 15 jun.2021.

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

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Caracterização dos Solos do Município de Piraí do Sul, PR**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 12. Rio de Janeiro, RJ. Dez. 2002.

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., 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.





HORNES, K. L., BALICKI, M. Caracterização do tornado ocorrido em Marechal Candido Rondon e Quatro Pontes em novembro de 2015. *Ra'e Ga*, Curitiba, v. 44, p. 36-54, Mai/2018. DOI: 10.5380/raega

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

MACDONALD, J. MARSHALL, T. **Tornado damage documentation**. Institute for Disaster Research. Texas Tech University. May, 1984. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/327020233_TORNADO_DAMAGE_DOCUMENTATION#fullTextFileContent Acesso em: 28 set. 2023.

MARCELINO, I.P.V.O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina**: análise meteorológica e de vulnerabilidade com o auxílio de geotecnologias. INPE. s.a.

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

https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/3990070/mod_resource/content/1/PREVIS%C3%83O%20DE%20TEMPESTADES%20SEVERAS%20UTILIZANDO-SE%20PAR%C3%82METROS%20CONVECTIVOS%20E%20MODELOS%20DE%20MESOESCALA%20UMA%20ESTRAT%C3%89GIA%20OPERACIONAL%20ADOT%C3%81VEL%20NO%20BRASIL.pdf Acesso em: 29 set. 2023-11-29

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

NATIONAL WEATHER SERVICE, **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Multiple Vortex Tornado. Disponível em:

<https://search.usa.gov/search?utf8=%E2%9C%93&affiliate=noaa.gov&query=Multiple+Vortex+Tornado&commit=> Acesso em: 29 nov. 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.

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

VESILIND, P. J. ChasingTornadoes: a Tale of Science, Guts, andLuck. **NationalGeographic**.v. 205, n. 4, p. 2-37, apr. 2004.

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

