

A gênese dos eventos tornádicos na Bacia do Alto Jacuí The genesis of tornadic events in Alto Jacuí hydrographic basin

Amanda Comassetto Iense¹ e Cássio Arthur Wollmann ²

¹ Geógrafa, Mestranda PPGGEO/UFSM, Departamento de Geociências, Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil
comassettoamanda@gmail.com

² Prof. Doutor, Departamento de Geociências, Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil
cassio_geo@yahoo.com.br

Resumo

Os tornados são eventos intensos e extremos, quando ocorrem em área povoada ou com valor econômico podem causar muitos transtornos. Com o objetivo principal de identificar os sistemas atmosféricos envolvidos na gênese dos eventos tornádicos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, buscou-se analisar as cartas sinóticas da Marinha, além de espacializar os eventos na área de estudo utilizando software de sistemas de informação geográfica ArcGIS 10.5. Os tornados ocorreram em sua maioria nas bordas, onde os municípios encontram-se 50% em território da bacia. Os sistemas atmosféricos identificados na gênese dos eventos foram Frente Polar Atlântica com e sem ciclogênese e os complexos convectivos de mesoescala.

Palavras-chave: *Tornados. Sistema atmosférico. Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí.*

Abstract

Tornadoes are intense and extreme events, when they occur in a populated area or with economic value can cause many disorders. With the main objective of identifying the atmospheric systems involved in the genesis of tornadic events in the Alto Jacuí Hydrographic Basin, we sought to analyze the Navy's synoptic charts, as well as spatialize the events in the study area using ArcGIS 10.5 geographic information systems software. The tornadoes occurred mostly in the borders, where the county are 50% in the territory of the basin. The atmospheric systems identified in the genesis of the events were the Atlantic Polar Front with and without cyclogenesis and the mesoscale convective complexes

Keywords: *Tornadoes. atmospheric systems. Alto Jacuí Hydrographic Basin.*

1 Introdução

Os tornados são eventos atmosféricos intensos e podem causar muitos danos quando atingem alguma área povoada ou com valor econômico. Nos últimos quinze anos, aumentaram registros de tornados tocando o solo no Rio Grande do Sul, sobretudo no ano de 2014 contabilizando nove registros (IENSSE, 2016). De acordo com Reckziegel (2007), os desastres naturais associados à dinâmica atmosférica estão relacionados com grandes amplitudes termo-barométricas, o que provocaria a intensificação do regime dos ventos. Candido (2012) avalia que os tornados surgem porque a turbulência aliada à redução da temperatura em certos pontos no interior das nuvens propicia ocorrência de ventos rotacionais que, em condições ideais, podem afunilar e, eventualmente, tocar o solo. Nesse sentido, torna-se relevante a interpretação e análise das condições meteorológicas que desencadeiam esse tipo de evento.

O objetivo principal desse artigo é espacializar os eventos correlacionando com a hipsometria e identificar os sistemas atmosféricos envolvidos na gênese dos tornados na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí.

2 Fundamentação Teórica

As definições sobre tornados encontradas na literatura são várias, de acordo com Hushcke (1959) tornado é um tipo de fenômeno forte e perigoso, caracterizado por uma coluna de ar ascendente em contato com a superfície. Stull (2000) define tornado como um fenômeno originado a partir de uma vorticidade horizontal na baixa troposfera, próxima a superfície, ao se intensificarem inclinam-se para a posição vertical devido as correntes ascendentes de ar.

Os tornados derivam de nuvens chamadas Cumulonimbos (Cb), tais eventos normalmente são decorrentes de nuvens de elevado desenvolvimento vertical e intensa turbulência interna conforme (Fujita; Pearson, 1973) e apesar de estar próxima a superfície terrestre, pode chegar a níveis muito altos na atmosfera, até o topo da troposfera. Essas nuvens por acumular muita energia interna, às vezes causam ventos fortes, precipitação, relâmpagos e granizo aparecendo isoladas, mas quando atingem seu máximo de desenvolvimento, podem vir a ser uma supercélula tornádica, (WAKIMOTO; WILSON, 1989).

A área de estudo possui em sua dinâmica atmosférica, sistemas de origem tropical e intertropical e o principal fator das individualizações do clima é seu relevo/geomorfologia (WOLLMANN; GALVANI, 2012). De acordo com Sartori (1980, 1981, 2003) o Anticiclone Migratório Polar, migra constantemente para o continente sendo o principal responsável pela formação dos tipos de tempo na região Sul do Brasil em virtude das massas polares (Massa Polar Atlântica) e ação das frentes frias com ou sem ciclogênese. A Massa Tropical Continental (MTC) que deriva da Baixa do Chaco, é outro sistema atmosférico importante na perturbação atmosférica da área de estudo, Nimer (1989) coloca que a MTC adquire maior importância durante o verão, nos fins da primavera até o início do inverno.

Outro sistema atmosférico causador de tempo severo na área de estudo, são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) que começaram a aparecer na literatura com Maddox (1980) o qual deu sua primeira definição, levando em consideração seu tamanho, sua forma e seu tempo de vida. Maddox (op. cit) definiu os CCMs baseado em imagens de satélite no infravermelho e características internas das nuvens.

A gênese de um CCM ocorre no final da tarde e início da noite, quando as primeiras células convectivas se desenvolvem em um determinado local com condições favoráveis, ainda podem chegar a sua máxima extensão durante a manhã e dissipando-se por volta do meio dia. Foram identificadas influências de condições sinóticas na formação dos CCMs na América do Sul, nos quais as características marcantes foram a atuação simultânea entre

Jatos de Baixos Níveis (JBN) e Jatos de Altos Níveis (JAN). (GUEDES, 1885; CAVALCANTI, 1982; VELASCO; FRITSCH, 1987).

Viana et. al. (2009) analisaram e identificaram no Rio Grande do Sul, 22 eventos de CCMs no trimestre de outubro, novembro e dezembro de 2003 que desencadearam 90 ocorrências pelo tempo severo associado. É importante salientar que de acordo com Bonatiti; Rao (1987) os CCMs podem evoluir para vórtices ciclônicos, durante as primeiras seis horas se apresentando como CCM e posteriormente adquirindo forma de vírgula caracterizando o ciclone, podendo persistir por mais de 48 horas, sendo estas, condições que podem levar a formação de eventos tornádicos.

É importante salientar que a configuração climática também depende dos fatores geográficos associados conforme Oliver; Fairbridge (1987) a configuração do terreno, o tipo de solo e sua cobertura vegetal são considerados como feições da localidade e são verificadas pequenas mudanças no tempo. Além disso, a influência da superfície da Terra pode ser vista como ativa na modificação da circulação regional. Smith (1975) exemplifica quando uma montanha gera uma ampla circulação interna, sobrepunhando o direcionamento térmico do vento; em oposição aos efeitos passivos, tal como a topografia introduzindo o efeito mecânico nas correntes de ar que transitam através das montanhas.

2.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, pertence a formação Serra Geral e seus limites encontram-se no Planalto Meridional (SEPLAG, 2008). De acordo com Baratto (2017) a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, possui uma grande variação altimétrica, de 85 m a 776 m acima do nível do mar, a localização da Bacia Hidrográfica pode ser observada na figura 1.

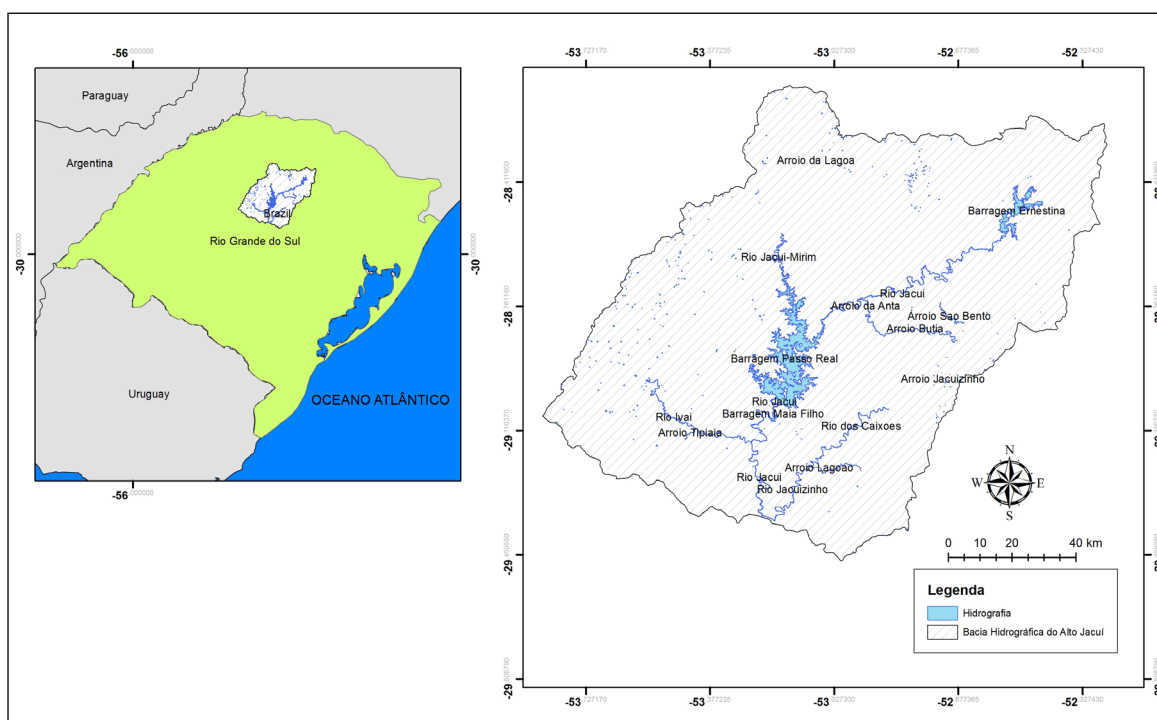


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí.

Fonte: Os Autores

O Rio Jacuí nasce a nordeste da bacia sendo o principal curso d'água presente na área de estudo e se caracteriza pelo aproveitamento energético possuindo reservatórios importantes para o estado do Rio Grande do Sul, sendo eles: Reservatório Ernestina, Passo Real, Salto do Jacuí e Itaúba (BARATTO, 2017). Conforme Fepam (2016) toda a área da bacia caracteriza-se pelo uso intensivo do solo para agricultura e pecuária.

A Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí possui 42 municípios sendo dos quais 23 estão totalmente inseridos na Bacia, 9 possuem 50% do território inseridos na bacia e 10 possuem menos de 50% do território inseridos na bacia.

3 Metodologia

O estudo dos tornados na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí foi feito em etapas. A primeira etapa foi composta por pesquisas bibliográficas sobre a dinâmica atmosférica na área de estudo visando construir um suporte teórico metodológico afim de embasar a pesquisa. Ainda nessa etapa buscou-se conhecer melhor a área de estudo, seus aspectos físicos e socioeconômicos. Na segunda etapa, foram selecionados os casos de registros de tornados ocorridos na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, onde os dados foram coletados de canais de meteorologia confirmados e divulgados pela mídia.

Após a coleta dos registros de tornados, usou-se o *software* ArcGIS 10.5 versão *trial*, com a base cartográfica da UFRGS e coordenadas dos municípios o qual o evento foi registrado, salienta-se que a coordenada não é do local exato do evento. Para correlacionar os eventos tornádicos com a hipsometria do a Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, usou-se o mapa hipsométrico de Baratto (2017) interpolado com o mapa dos municípios com registro de tornados.

Na terceira etapa foi feita a coleta das cartas sinóticas da Marinha do Brasil do 12h e em seguida a identificação dos sistemas atmosféricos para compreender a dinâmica atmosférica no dia do evento.

4 Resultados e discussões

A segunda etapa da metodologia resultou na tabela 1 a qual apresenta o município e a data do registro dos tornados na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí.

Tabela 1 – tornados na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí

Município	Ano	Mês	Dia
Cruz Alta	2002	Outubro	03
Espumoso	2013	Junho	28
Ibarama	2014	Julho	03
Santa Barbara	2012	Julho	28
Soledade	2014	Abril	12

Ao observar a tabela 1 nota-se que os registros de tornados ocorreram entre o outono e a primavera, não possuindo nenhum registro no verão, mas nas estações de transição as quais a atmosfera encontra-se instável. Um registro foi em situação de outono, três dos cinco casos de tornados, foram registrados em situação invernal e um na primavera.

Para compreender a distribuição dos registros de tornados na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí foi realizada a espacialização dos eventos. Dos cinco municípios atingidos por tornados, apenas um fica com seu

território 100% inserido na Bacia, 3 ficam com 50% do território na Bacia e um fica com menos de 50% do território na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, localizados em sua maioria nas bordas.

A Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, possui uma 691 metros amplitude altimétrica mas ao observar a figura 1, nota-se que os tornados foram registrados nos municípios com altitudes maiores que 453 m.

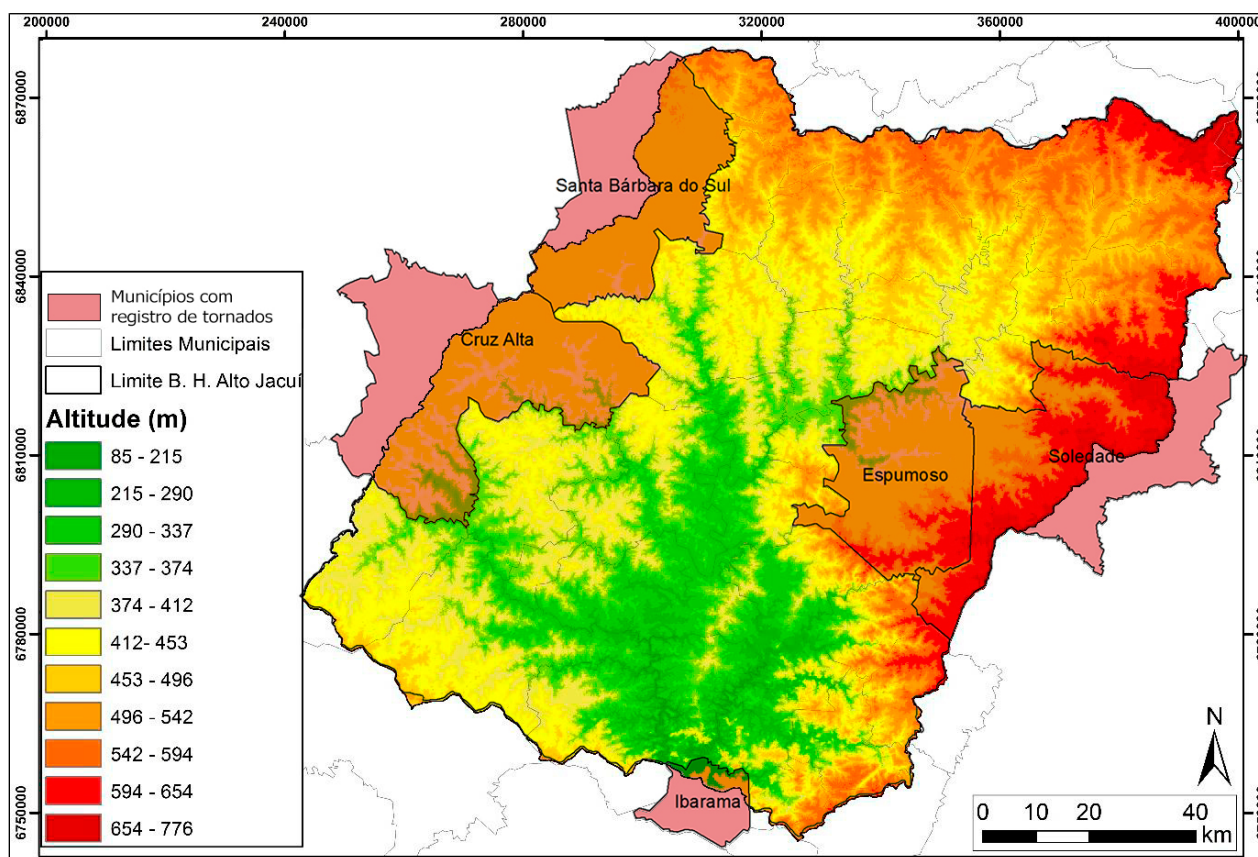


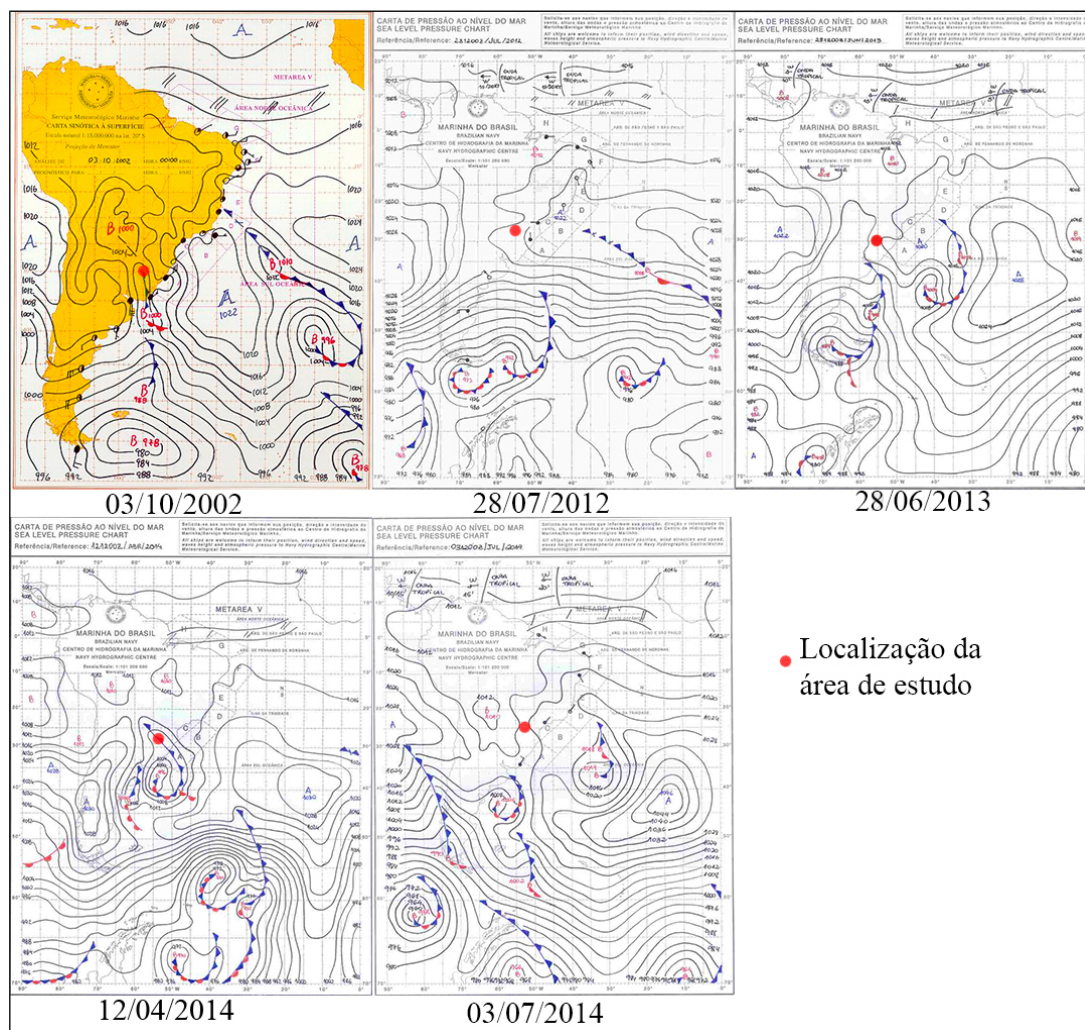
Figura 2 – Espacialização dos registros de tornados correlacionados com a hipsometria da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. Org.: Adapt. De Baratto (2017)

A partir da observação das cartas sinóticas (figura 3) foi possível identificar os sistemas atmosféricos envolvidos na gênese dos eventos tornádicos na área de estudo.

Dos cinco eventos registrados na bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, apenas um teve influência de Frente Polar Atlântica com ciclogênese, sendo o evento do dia 12 de abril de 2014. A atividades da Frente Polar com Ciclogênese possui processos convectivos em escalar menores, e por vezes, podem evoluir à uma supercélula tornádica. O evento registrado no dia 28 de julho de 2012 teve influência de uma Frente Polar Atlântica em processo de dissipação, mas que ainda proporcionava instabilidades na atmosfera regional.

Os três eventos que não tiveram participação da Frente Polar Atlântica, foram registrados sobre a influência de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que se formam na divisa da Argentina com o Rio Grande do Sul e quando atingem sua maturidade, se deslocam para o estado resultando em chuvas intensas e um conjunto de fenômenos adversos, incluindo os tornados que foram registrados na área de estudo.

A figura 4 mostra o balanço dos sistemas atmosféricos identificados nas cartas sinóticas.



● Localização da área de estudo

Figura 3 – Cartas sinóticas dos dias dos eventos
Org.: Os Autores

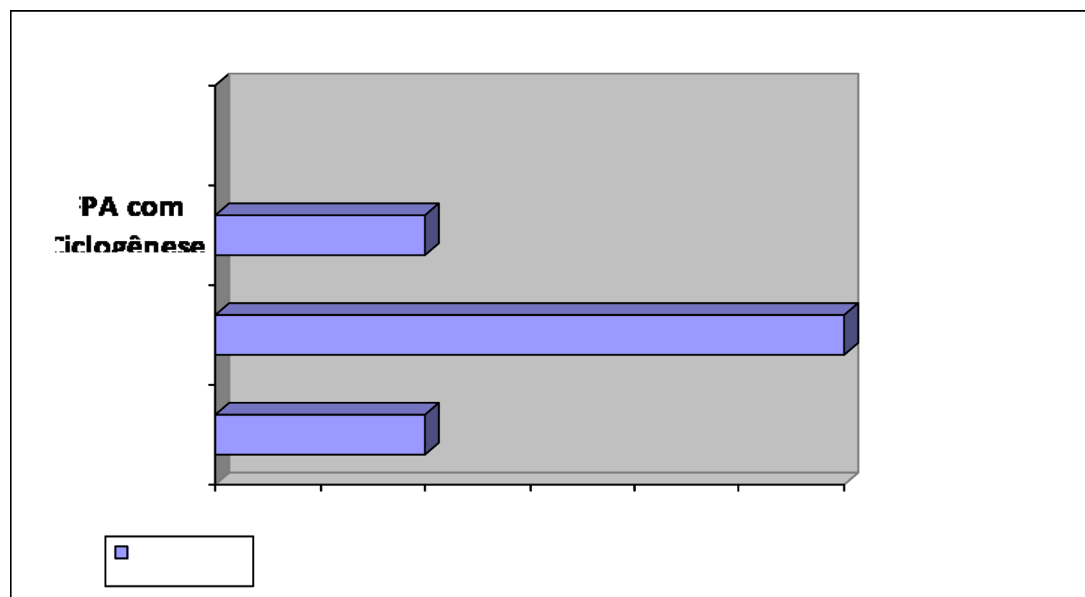


Figura 4 – Balanço dos sistemas atmosféricos envolvidos nos eventos tornádicos
Org.: Os Autores

5 Conclusões

Os tornados registrados na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí foram cinco, sendo que nenhum ocorreu durante o verão. Notou-se também uma tendência dos eventos serem localizados nas maiores altitudes da bacia e preferencialmente nas bordas.

Os sistemas atmosféricos envolvidos na gênese dos eventos, foram um registro com a Frente Polar Atlântica com ciclogênese, um registro com a Frente Polar Atlântica sem ciclogênese e três registros com Complexos Convectivos de Mesoescala. Salienta-se que todos os sistemas atmosféricos identificados apresentam ampla convecção e proporcionam a formação de eventos meteorológicos adversos, como chuvas, granizos e os tornados.

Com o estudo sobre os tornados na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, espera-se contribuir humildemente com a climatologia geográfica na compreensão desses eventos extremos, e também colaborar com o entendimento da dinâmica atmosférica na área de estudo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Nº Processo: 88881.068465/2014/01 nº 071/2013 CAPES/PROCAD.

Referências

BARATTO, J. VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ-RS. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

BONATTI, J.P.; RAO, V.B.: Moist baroclinic instability in the development of North Pacific and South American intermediate-scale disturbances. *J. Atmos. Sci.*,44, 2657-2667. 1987.

CANDIDO, D. H. tornados e trombas d'água no Brasil: Desenvolvimento de um modelo e proposta de escala de avaliação de danos. 2012. 230 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas. 2012.

CAVALCANTI, I. F.A.,: Um estudo sobre interações entre circulações locais e circulações de grande escala. INPE.1982.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER – RS. Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Jacuí, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <[ww.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_jacui/jacui.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_jacui/jacui.asp)>. Acesso em: 25 abr. 2017.

FUJITA, T.T.; PEARSON, A.D.: Results of FPP classification of 1971;1972 tornadoes. Preprints, 8th Conf on Severe Local Storms, Denver, Amer. Meteor. Soc. 1973.

GUEDES, R. L.: Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul. (Dissertação de Mestrado), IAG/USP, 89p.1985.

HUSCHKE, R.E.:Glossary of meteorology. (American Meteorological Society),Boston, 1959.

IENSSE, A. C.; WOLLMANN, C. A. ; GOMES, S. L. . CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL E A OCORRÊNCIA DE TORNADOS E TROMBAS D'ÁGUA NO RIO GRANDE DO SUL, NO PERÍODO DE 2001 A 2014.. In: Simposio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiania. XII SBCG, 2016.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 61, 1374-1387. 1980.

NIMER, E., "Clima Região Sul". in: *Geografia do Brasil*, v 2. IBGE, Rio de Janeiro, 1990.

RECKZIEGEL, B. W. Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005. 2007. 370 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SARTORI, M. G. B. A circulação atmosférica regional e as famílias de tipos de tempo identificadas na região central do Rio Grande do Sul. *Ciência e Natura*, n. 3, p. 101-110, 1981.

SARTORI, M. G. B. Balanço sazonal da participação dos sistemas atmosféricos em 1973, na região de Santa Maria, RS. *Ciência e Natura*, n. 2, p. 41-53, 1980.

SEPLAG. Mapa Geomorfológico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008. 1 mapa, color. Escala 1:4000.000. Porto Alegre, dezembro, 2008. Disponível em < http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=791&cod_menu=790&tipo_menu=APRESENTACAO&cod_conteudo=1330>. Acesso em 25 abr. 2017.

STULL, R.B., *Meteorology for Scientists and Engineers*, Pacific Grove: Brookes Cole. p. 339 -35, 2000.

VELASCO, I.; J.M. FRITSCH, J.M.: Mesoscale convective complexes in the Americas. *J. Geophys. Res.*, 92, D8, 9591-9613.1987.

VIANA, D.R.; AQUINO, F.E., MUÑOZ, V.A.: Avaliação dos desastres naturais no Rio Grande do Sul, associados aos complexos convectivos de mesoescala: *Sociedade e Natureza*. V. 21. 2009.

WAKIMOTO, R. M.; WILSON, J. W. Nonsupercell Tornadoes. *Monthly Weather Review*: Vol. 117, No. 6, pp. 1113-1140. - Review: 1113–1140. 1989.

WOLLMANN, C.A.; GALVANI, Emerson. Caracterização Climática Regional Do Rio Grande Do Sul: Dos Estudos Estáticos Ao Entendimento Da Gênese. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 8 - Vol 11 Jul/Dez . 2012.