Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Influência da Escala Sinótica na Evolução de um Evento de Precipitação Extrema na Cidade de Pelotas - RS em Janeiro de 2009

Yasmany Guanche Palenzuela¹, Mateus da Silva Texeira², Dayana Rabelo Toledo³, Magaly de Fatima Correia⁴

¹Doutorando no Programa de Pos-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, E-mail: yasmany.guanche24@gmail.com. (autor correspondente). ²Dr. Prof. Meteorologia; Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, E-mail: mateus.teixeira@ufpel.edu.br. ³Doutoranda no Programa de Pos-graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, E-mail: dayanaguanche89@gmail.com. ⁴ Dra. Profa., Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, E-mail: magaly_correia@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 23/07/2019 e aceite em 20/11/2019

RESUMO

O estudo detalhado do regime das precipitações, principalmente as chuvas intensas, é muito útil, não só para a gestão dos recursos hídricos, mas também para o planejamento territorial e a previsão dos efeitos que traz para a população este fenômeno das precipitações. Este estudo tem como principal objetivo analisar as condições sinóticas do evento de chuva extrema ocorrido no município de Pelotas, RS, durante o dia 28 de janeiro de 2009. A análise sinótica das condições existentes durante esse dia demonstrou que os principais fatores para a ocorrência das chuvas intensas foram a forte convergência do vento em baixos níveis e movimentos verticais ascendentes, além de uma forte convergência de fluxo de umidade em níveis mais baixos, que resultaram ingredientes essenciais na ocorrência das precipitações. Um fato bem interessante neste caso foi que as advecções de temperatura e vorticidade foram praticamente nulas durante todo o período de formação e intensificação do ciclone extratropical.

Palavras-chave: chuvas intensas, desastres naturais, análise sinótica.

Influence of the Synoptic Scale in the Evolution of an Extreme Precipitation Event in the City of Pelotas - RS in January 2009

ABSTRACT

The detailed study of the precipitation regime, mainly intense rains, is very useful not only for the management of water resources, but also for the territorial planning and prediction of the effects that this phenomenon of rainfall brings to the population. This study has as main objective to analyze the synoptic conditions the event of extreme rainfall occurred in the city of Pelotas, RS, during January 28th, 2009. The synoptic analysis of the conditions existing during this day demonstrated that the main factors for the occurrence of intense rains were the strong convergence of the wind in low levels and upward vertical movements, as well as a strong convergence of humidity flow in lower levels, which were essential ingredients in the occurrence of precipitations. A very interesting fact, in this case, was that advections of temperature and vorticity were practically null throughout the period of formation and intensification of the extratropical cyclone.

Keywords: intense rainfall, natural disasters, synoptic analysis.

Introdução

Durante os últimos anos os desastres naturais têm aumentado consideravelmente no mundo inteiro, chegando a ser responsáveis por expressivos danos e perdas, tanto de caráter social quanto econômico e ambiental. Podem ser

considerados como desastres naturais eventos de maior escala como terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, além de processos e fenômenos mais localizados, tais como deslizamentos, inundações, subsidências e erosão,

os quais podem ocorrer naturalmente ou induzidos pelo homem (Tominaga et al. 2009). Um dos fenômenos meteorológicos que contribui para a ocorrência de desastres naturais é a precipitação pluvial, principalmente as chuvas intensas e as persistentes (Kobiyama et al., 2006, Alvarenga, 2012). São consideradas como chuvas intensas aquelas precipitações que acumulam uma grande quantidade de água na superfície em um curto período de tempo, impedindo que os sistemas de drenagem naturais ou artificiais escoem toda a chuva (Konrad, 1997; Harnack et al., 1999; Teixeira, 2009), enquanto as persistentes são as que perduram por períodos de tempo consideráveis (dias e até semanas), acarretando acumulados bem significativos e impossibilitando que o solo possa drenar toda a água precipitada (Brandão, 2009; Prieto, 2016).

As principais consequências que podem acarretar estas chuvas intensas e/ou persistentes são as enchentes, inundações e alagamentos, os quais podem ainda ser agravados por outros fenômenos entre os quais se destacam os ventos fortes e granizos (Teixeira, 2004). Durante os últimos anos, o estudo das condições sinóticas que favorecem a ocorrência deste tipo de precipitação vem sendo estudadas por muitos pesquisadores, com o objetivo de identificar padrões atmosféricos significativos que sejam relevantes na previsão do fenômeno com um determinado tempo de antecedência, possibilitando a tomada de decisão por agentes políticos e de órgãos operacionais como a Defesa Civil, Prefeitura, entre outros.

O estado do Rio Grande do Sul (RS) está localizado em uma região de transição entre os trópicos e as latitudes médias, apresentando um relevo acidentado onde é possível observar planícies, planaltos e depressões em toda a sua geografia. O município de Pelotas (Figura 1) encontra-se localizado no sudeste do estado. As condições do tempo no RS são influenciadas por diversos fenômenos meteorológicos, entre os quais os mais importantes são os Sistemas

Frontais (SF), Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), o El Niño-Oscilação-Sul (ENOS), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os bloqueios atmosféricos.

Segundo Britto et al (2006) durante o verão austral, no RS a maior quantidade de precipitação está concentrada na sub-região nordeste do Estado, a qual é atingida por chuvas convectivas que estão associadas aos SF, os quais, mais ativos sobre o Oceano Atlântico, são a causa fundamental das precipitações nessa época do ano. Embora a cidade de Pelotas não esteja na região nordeste do RS,

nessa época do ano é possível observar precipitações também relacionadas a SF que podem registrar grandes acumulados. Um exemplo disso foram as chuvas acontecidas na cidade no dia 28 de janeiro de 2009, que acarretaram em casos de alagamentos com efeitos devastadores em toda a região. Segundo dados da Coordenadoria Regional de Defesa Civil do RS (CRDCRS, 2016), as chuvas provocaram um total de 14 mortes, a interdição de estradas e transbordamentos de rios. O objetivo fundamental deste trabalho é analisar as condições sinóticas associadas a este caso de evento extremo e identificar o sistema que ocasionou toda essa quantidade de chuva na região.

Material e métodos

Dados utilizados

Os dados de chuva foram coletados por meio de 4 (quatro) pluviômetros pertencentes à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), instalados em diferentes regiões da cidade de Pelotas (Figura 1): na Sede Principal da Embrapa Clima Temperado, localizada próxima à estrada de Pelotas a Canguçu, na Estação Experimental Cascata, localizada na mesma estrada, na Estação Experimental de Terras Baixas, junto ao Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), e no Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas da UFPEL.

Para realizar as análises sinóticas foram utilizados dados em ponto de grade gerados a partir do Global Forecast System (GFS), o qual é um modelo de previsão do tempo produzido pelo National Center for Environmental Prediction (NCEP), pertencente ao National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Esses dados permitem analisar as condições atmosféricas em escala global. No estudo do evento extremo apresentado neste trabalho foram consideradas as condições atmosféricas existentes no período de 48 horas (24 horas antes até 24 horas depois da chuva acontecer).

Os dados possuem 26 níveis na vertical, com 4 horários diários disponíveis (00, 06, 12, 18 UTC) e resolução horizontal de 0,5° x 0,5°. Também foram usadas imagens do canal infravermelho do satélite Global Online Enrollment System (GOES 10), com resolução espacial de 4 km e temporal de 15 minutos, bem como as cartas de superfície, fornecidas pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/CPTEC/INPE).

Figura 1. Localização do município de Pelotas, RSe com conjunto aos pluviômetros utilizados para a coleta de dados de precipitação: Sede Principal da Embrapa (Estrela), Estação Experimental Cascata (Triângulo), Estação Experimental de Terras Baixas (Círculo) e Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas da UFPEL (Quadrado).

Análise sinótica das chuvas no município de Pelotas

Variáveis fornecidas pelo modelo GFS

Para conhecer as condições sinóticas que favoreceram a ocorrência das chuvas intensas observadas em Pelotas, foram analisados os mapas de pressão ao nível médio do mar (PNMM) e da altura geopotencial nos níveis de 1000, 850, 500 e 250 hPa, com o objetivo de observar o movimento dos sistemas sinóticos presentes na região 24 horas antes e durante a ocorrência das chuvas. As variáveis utilizadas foram: altura geopotencial (Z),

componentes zonal (u) e meridional (v) do vento, temperatura (T), velocidade vertical (w), umidade específica (q), Convective Available Potential Energy (CAPE), Lifted Index (LI) e Convective Inhibition Index (CIN).

Variáveis e parâmetros termodinâmicos calculados

Foram calculadas diversas variáveis e parâmetros para analisar a situação sinótica e termodinâmica existente durante a ocorrência das chuvas intensas. Elas são:

- Divergência do vento em 250 e 850 hPa.

- Divergência de fluxo de umidade em baixos níveis e integrado na vertical entre 1000 hPa e 700 hPa.
- Advecção de vortacidade e temperatura.
- Índice termodinâmico K: Segundo George (1960), é calculado por:

$$K = T_{850} + Td_{850} - T_{500} - (T_{700} - Td_{700})$$

sendo T a temperatura do ar e Td a temperatura de ponto de orvalho nos níveis (em hPa) indicados em subscrito.

Estes campos meteorológicos foram gerados mediante a ferramenta de visualização Linguagem de Comandos do NCAR (NCAR Command Language, NCL).

Resultados e discussão

Conforme apresentado na Figura 2, a Estação Experimental Cascata registrou um total de 556,0 mm, no período das 12 UTC do dia 28 até 12 UTC do dia 29 de janeiro, enquanto na sede do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa

Clima Temperado, observa-se um acumulado de 418,2 mm, correspondendo aos maiores acumulados registrados por pluviômetros em Pelotas. Na análise horária das chuvas (Figura 3) se observa que os maiores acumulados ocorreram entre as 16 UTC e às 22 UTC, com o maior valor registrado pela estação de Cascata às 19 UTC, com um total de 141,25 mm em apenas uma hora.

Aglomerados de nuvens convectivas observados às 12UTC do dia 27 de janeiro na imagem do satélite GOES (Figura 4A) indica a presença de uma atmosfera instável do ponto de vista termodinâmico no centro-leste da Argentina, 24 horas antes do início das precipitações mais intensas registradas em Pelotas. Na carta de PNMM (Figura 4B) é possível observar que a área se encontrava sob a influência de um cavado. Este sistema contribuiu para deixar o tempo instável e favorecer a convecção na baixa troposfera. No nível de 500 hPa (Figura 4C) um pequeno cavado é observado no centro da Argentina, enquanto nada de relevante existia no nível de 250 hPa (Figura 4D), cuja altura do geopotencial apresentava uma configuração típica de um escoamento praticamente zonal sobre a região.

Figura 2. Valores de precipitação registrados na região de Pelotas entre as 12 UTC do dia 28 até as 12 UTC do dia 29 de janeiro de 2009.

Figura 3. Acumulado horário das precipitações na sede do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa e a Estação Experimental Cascata durante o dia 28 de janeiro de 2009. Em vermelho os horários com maiores acumulados nas duas estações.

Figura 4. (A) Imagem de satélite, (B) PNMM (hPa) e linhas de corrente em 1000 hPa, (C) altura do geopotencial (mgp) e velocidade vertical (Pa/s) em 500 hPa e (D) altura do geopotencial (mgp) e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa no dia 27 de janeiro de 2009 às 12 UTC.

Na imagem de satélite do dia 28 de janeiro às 00 UTC (Figura 5A) se observa que a área de instabilidade e nebulosidade associada existente 6 horas antes, enfraqueceu, deslocando-se para nordeste. A organização das células convectivas próximo dos limites entre a Argentina e o Uruguai

indica um deslocamento do sistema para nordeste. Os cavados existentes em superfície (Figura 5B) e 500 hPa (Figura 5C) também se deslocaram para o nordeste, enquanto no nível de 250 (Figura 5D) hPa começou a se formar um cavado sobre o centro-norte da Argentina. Neste horário também se pode

observar que sobre o oeste do Uruguai existia uma região de convergência do fluxo de umidade em 1000 hPa (Figura 6A), com valores da ordem de 10^{-7} s^{-1} , os quais representam a mesma ordem dos valores típicos de escala sinótica (Holton, 2012),

entretanto na camada entre 1000-700 hPa (Figura 6B) a área de convergência era uma ordem de grandeza maior que o padrão típico de escala sinótica.

Figura 5. (A) Imagem de satélite, (B) PNMM (hPa) e linhas de corrente em 1000 hPa, (C) altura do geopotencial (mgp) e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa e (D) divergência do vento (10^{-5} s^{-1}) em 250 hPa no dia 28 de janeiro de 2009 às 00 UTC.

Figura 6. (A) Convergência de fluxo de umidade (10^{-7} s^{-1}) e vento (m/s) em 1000 hPa e (B) integrado na camada 1000-700 hPa no dia 28 de janeiro de 2009 às 00 UTC.

Às 12UTC do dia 28 de janeiro, horário em que começa a se registrar as chuvas nas estações da Cascata e da Embrapa, é possível observar na

imagem de satélite (Figura 7A) uma área de instabilidade com forte atividade convectiva sobre o noroeste do Uruguai e o sudoeste do RS, a qual

coincidiu com um cavado existente em superfície (Figura 7B). Em níveis médios (Figura 7C) e altos (Figura 7D) se observa um cavado situado a oeste do Uruguai. A interação entre as condições atmosféricas próximo à superfície e a dinâmica dos níveis médios deram origem a uma situação sinótica favorável para a ocorrência das precipitações na região de estudo. É interessante destacar que, apesar da configuração atmosférica observada, dois fatores geralmente importantes para o desenvolvimento de sistemas sinóticos em latitudes médias, como as advecções de vorticidade e de temperatura, não foram relevantes, devido a um fraco gradiente tanto meridional quanto zonal de vorticidade e temperatura respectivamente em baixos e médios níveis (não mostrado).

Nesse instante de tempo existiam condições favoráveis para a ocorrência de tempestades severas em menor escala, o qual estava contribuindo para o desenvolvimento de células convectivas observadas na imagem de satélite. Na distribuição espacial da temperatura do ar no nível de 1000 hPa (Figura 8A) verificam-se valores da ordem de 24°C na região de Pelotas. Temperaturas mais altas são observadas ao norte e no centro do continente. Além dessa variabilidade, verifica-se no campo de vento, um padrão de circulação no sentido oceano-continente, pelo qual pode-se concluir que não estava existindo advecção quente na área. Esse resultado indica que outros fatores contribuíram para intensificar a

convecção local. Valores do índice K (Figura 8B) acima dos 35 °C em praticamente todo o estado de RS indicavam que o forte aquecimento diurno e a alta umidade do ar deixaram a atmosfera potencialmente instável e conseqüentemente favorável ao desenvolvimento de tempestades severas (Nascimento, 2005). Sobre todo o setor leste do Uruguai e RS é observada uma área de convergência de ventos (Figura 8C) em 850 hPa com valores da ordem de 10^{-5} s^{-1} , os quais, segundo Holton (2012), são típicos para a convergência do vento em escala sinótica, entretanto, em 250 hPa (Figura 8D) existia uma área de divergência mais para o oeste da região.

Na região de Pelotas é observada também a existência de convergência de fluxo de umidade no nível de 1000 hPa (Figura 9A), com valores da ordem de 10^{-7} s^{-1} , típicos da escala sinótica, enquanto a convergência de fluxo de umidade integrado na camada 1000-700 hPa (Figura 9B) mostra uma grande área de convergência sobre todo RS e Uruguai, com valores até uma ordem de grandeza maior que os valores típicos da escala sinótica. Deste modo, os resultados apresentados até o momento evidenciam que fatores termodinâmicos foram determinantes no processo de intensificação do sistema atmosférico observado em baixos níveis, enquanto fatores puramente dinâmicos, como advecções de temperatura e vorticidade tiveram papéis secundários.

Figura 7. (A) Imagem de satélite, (B) PNMM (hPa) e linhas de corrente em 1000 hPa, (C) altura geopotencial (mcp) e velocidade vertical (Pa/s) em 500 hPa e (D) altura do geopotencial (mcp) e velocidade do vento (m/s) no dia 28 de janeiro de 2009 às 12 UTC.

Figura 8. (A) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e vento (m/s) em 1000 hPa, (B) índice K ($^{\circ}\text{C}$), (C) divergência do vento (10^{-5} s^{-1}) e vento (m/s) em 850 hPa e (D) 250 hPa no dia 28 de janeiro de 2009 às 12 UTC.

Figura 9. (A) Convergência de fluxo de umidade (10^{-7} s^{-1}) e vento (m/s) em 1000 hPa e (B) integrado na camada 1000-700 hPa no dia 28 de janeiro de 2009 às 12 UTC.

No dia 28 de janeiro às 18UTC é possível observar uma grande atividade convectiva sobre todo o sudeste do RS, com a maior intensidade sobre a região de Pelotas, que apresentava nuvens com topos mais frios e, portanto, mais elevados

(Figura 10A). A partir desse horário começaram a ser registrados os maiores acumulados de precipitação, e na carta de PNMM (Figura 10B) pode-se ver como uma zona de baixa pressão encontrava-se sobre o RS. No nível de 500 hPa

(Figura 10C) se observa que o cavado teve pouco deslocamento quando comparado a sua localização geográfica, 6 horas antes, gerando velocidades verticais ascendentes da ordem de 10 Pa/s, típica para fenômenos de escala sinótica (Holton, 2012). Em 250 hPa (Figura 10D) é observado que o cavado se manteve praticamente na mesma posição, sem deslocamento em relação a 6 horas antes.

A temperatura em baixos níveis (Figura 11A) aumentou quando comparado com valores observados 6 horas antes. No entanto, o escoamento no sentido oceano permanecia transportando ar com temperaturas relativamente mais baixas para a região de Pelotas. Os valores do índice K (Figura 11B) aumentaram em relação aos observados 6 horas antes, possivelmente associados com o aumento da umidade nos baixos níveis. Valores elevados de K em ambientes sinóticos favoráveis ao desenvolvimento de atividade convectiva indicam condições atmosféricas extremamente favoráveis à ocorrência de tempestades severas. Outro fator que contribuiu para intensificação do

sistema foi a configuração do campo de divergência do vento tanto em baixos quanto em altos níveis. Em 850 hPa (Figura 11C) se observa uma área de convergência sobre grande parte da região sul do RS e o centro-leste do Uruguai, com valores da ordem típica para fenômenos em escala sinótica, enquanto em 250 hPa (Figura 11D) sobre todo o sul do Brasil existia uma extensa área de divergência, também com valores típicos de escala sinótica.

Em 1000 hPa (Figura 12A) a área de abrangência de convergência do fluxo de umidade aumentou em todo o centro-leste do estado e no nordeste do Uruguai, quando comparado com a distribuição espacial desta variável existente 6 horas antes, apesar dos valores não terem aumentado. Entre 1000-700 hPa a convergência de fluxo de umidade integrada nessa camada (Figura 12B) mostra uma grande área de convergência sobre toda a região, com valores elevados, o qual esteve favorecendo todos os processos convectivos que aconteceram durante esse horário.

Figura 10. (A) Imagem de satélite, (B) PNMM (hPa) e linhas de corrente em 1000 hPa, (C) altura geopotencial (m) e velocidade vertical (Pa/s) em 500 hPa e (D) altura do geopotencial (m) e velocidade do vento (m/s) no dia 28 de janeiro de 2009 às 18 UTC.

Figura 11. (A) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e vento (m/s) em 1000 hPa, (B) índice K ($^{\circ}\text{C}$), (C) divergência do vento (10^{-5} s^{-1}) e vento (m/s) em 850 hPa e (D) 250 hPa no dia 28 de janeiro de 2009 às 18 UTC.

Figura 12. (A) Convergência de fluxo de umidade (10^{-7} s^{-1}) e vento (m/s) em 1000 hPa e (B) integrada na camada 1000-700 hPa no dia 28 de janeiro de 2009 às 18 UTC.

Como observado na imagem de satélite (Figura 13A) do dia 29 às 00 UTC e verificado nos acumulados horários (Figura 3), as chuvas continuaram na cidade, mas com uma intensidade menor, comparada com as que aconteceram algumas horas antes. Isso porque a atividade convectiva se deslocou para o leste, até o oceano. A situação sinótica sobre a região mudou muito pouco, com o centro de baixas pressões (Figura 13B) sobre o sudoeste do RS, entretanto ainda sobre 500 hPa (Figura 13C) e 250 hPa (Figura 13D)

a presença dos cavados era muito importante para manter a situação existente. No nível de 850 hPa (Figura 14A) observa-se uma área de convergência do vento aonde estava concentrada a maior atividade convectiva, entretanto em 250 hPa (Figura 14B) ainda continuava a área de divergência sobre toda a região. A convergência do fluxo de umidade tanto em 1000 hPa (Figura 14C) como integrada entre 1000-700 hPa (Figura 14D) apresentava valores bem elevados ao sudeste do RS, até de uma ordem maior aos típicos de escala

sinótica. A combinação destes fatores favoreceu à formação de um ciclone extratropical que contribuiu para manter uma forte atividade

convectiva, embora ela tenha-se deslocado mais ao sudeste da região de Pelotas.

Figura 13. (A) Imagem de satélite, (B) PNMM (hPa) e linhas de corrente em 1000 hPa, (C) altura geopotencial (mgp) e velocidade vertical (Pa/s) em 500 hPa e (D) altura do geopotencial (mgp) e velocidade do vento (m/s) no dia 29 de janeiro de 2009 às 00 UTC.

Figura 14. (A) Divergência do vento (10^{-5} s^{-1}) e vento (m/s) em 850 hPa e (B) 250 hPa e (C) convergência de fluxo de umidade (10^{-7} s^{-1}) e vento (m/s) em 1000 hPa e (D) integrado na camada 1000-700 hPa no dia 29 de janeiro de 2009 às 00 UTC.

Em nenhum instante se observou magnitudes extremas nos campos diagnósticos avaliados, mesmo na convergência de fluxo de umidade na camada 1000-700 hPa. Desta forma, aparenta que houve a união de um sistema com características padrão da escala sinótica, mas que permaneceu sobre a região por um período suficiente para provocar tal quantidade de chuva. Esses resultados concordam com outros estudos sinóticos sobre esse evento de chuva intensa (Bainy; Teixeira, 2012; Raseira; Campos, 2014), os quais observaram que as causas fundamentais dos grandes acumulados de precipitação foram a convergência do fluxo de umidade, a divergência do vento em baixos e altos níveis e a permanência de uma configuração favorável em todos os níveis da atmosfera por um período de tempo considerável.

Conclusões

Na presente investigação se fez uma análise das condições sinóticas associadas a um evento de chuva intensa acontecido no dia 28 de janeiro de 2009 no município de Pelotas, RS. As principais conclusões obtidas foram:

- A formação de um ciclone extratropical sobre o sul do RS foi a causa fundamental que gerou mais de 400 mm em algumas localidades da região, com

uma situação sinótica caracterizada por uma convergência do vento em baixos níveis e divergência em altura, além de uma forte convergência do fluxo de umidade na camada de 1000-700hPa, os quais resultaram ingredientes essenciais para a ocorrência de precipitações intensas.

- As advecções de temperatura e vorticidade sobre a região de formação e intensificação do ciclone extratropical foram praticamente nulas durante todo o período.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o apoio financeiro fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), além do apoio institucional das Universidades Federais de Pelotas (UFPEL) e Campina Grande (UFCG).

Referencias

- Alvarenga, L. A., 2012. Precipitação no sudeste brasileiro e sua relação com a ZCAS. *Revista Agrogeoambiental*, 2, 1-7.
- Bainy, B. K.; Teixeira, M. S., 2009. Synoptic analysis of an extreme precipitation event occurred in southern Brazil in January. In: XI Congreso Argentino de Meteorología, 2012, Mendoza, Argentina. *Anales del XI Congreso Argentino de Meteorología*.
- Brandão, R. S.; Fisch, G. F., 2009. A ZCAS e seus impactos nas enchentes em áreas de risco em Guaratinguetá - SP. *Revista Biociências*, 2, 95-104.
- Britto, F.; Barletta, R.; Mendonça, M., 2006. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do RS. *Revista Brasileira de Climatologia*, 2, 35 -51.
- CRDCRS. Coordenadoria regional de Defesa Civil do RS. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br>>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- George, J.J., 1960. *Weather Forecasting for Aeronautics*. Academic Press, New York.
- Harnack, R. P.; Apffel, K.; Cermak Iii, J. R., 1999. Heavy precipitation events in New Jersey: Attendant upper-air conditions. *Weather and forecasting*. 6, 933-954.
- Holton, J. R.; Hakim, G. J., 2012. *An introduction to dynamic meteorology*. 4. ed. Academic Press, San Diego.
- Kobiyama, M ; Mendonça, M.; Moreno, D. A.; Marcelino, I. P. O.; Marcelino, E. V.; Gonçalves, E. F.; Brazetti, L. L. P.; Goerl, R. F.; Moller, G. S. F.; Rudorff, F. M., 2006. *Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos*. 1. ed. Organic Trading. Curitiba.
- Konrad, C. E., 1997. Synoptic-scale features associated with warm season heavy rainfall over the interior southeastern United States. *Weather and Forecasting*. 3, 557-571.
- Nascimento, E. L., 2005. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil?. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 1, 121-140.
- Prieto, R. B., 2016. *Estudo de Eventos Extremos de Chuva Persistente sobre o RS entre 2004 e 2013*. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.
- Rasera, G.; Campos, C. R. J., 2014. Análise de um caso de enchente ocorrido na região de Pelotas-RS em janeiro de 2009. *Ciência e Natura*. 1, 52-60.
- Teixeira, M. S., 2004. *Atividade de Ondas Sinópticas relacionada a episódios de chuvas intensas na região sul do Brasil*. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.
- Teixeira, M. S., 2009. *Caracterização física e dinâmica de episódios de chuvas intensas nas regiões sul e sudeste do Brasil*. 2009. Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE.
- Tominaga, L. K; Santoro, J; Amaral, R., 2009. *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. 1ed/2º reimpressão. Instituto Geológico. São Paulo.