

MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO A PARTIR DE DADOS SUB-HORÁRIOS OBTIDOS POR ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA

Táisa Flores¹; Guilherme Garcia de Oliveira^{2}; Claus Haetinger³; Nestor Antonio Bresolin Junior⁴; Fabiane Gerhard⁵*

Resumo – Em bacias hidrográficas pequenas, a utilização de dados diários pode implicar em incertezas nas avaliações hidrológicas relacionadas à análise de eventos extremos. O objetivo deste estudo é apresentar uma metodologia para avaliação de eventos extremos de precipitação a partir de dados sub-horários de uma estação automática. A série histórica utilizada se refere à cidade de Lajeado/RS. O trabalho envolveu o preenchimento de falhas, a análise de consistência, o desenvolvimento de um algoritmo para identificação de eventos extremos e uma análise dos mecanismos formadores da precipitação e suas consequências hidrológicas. Por meio de dados meteorológicos, imagens do satélite GOES, boletins meteorológicos e relatórios da Defesa Civil, buscou-se realizar uma integração entre as características das precipitações (altura, duração, intensidade), o mecanismo de formação (sistemas frontais, convectivos) e o evento hidrológico resultante (inundações, enxurradas, alagamentos). Foram identificadas 221 ocorrências de precipitações intensas (2004-2016), com precipitação acumulada superior a 30 mm. No inverno e na primavera a precipitação tende a apresentar maior lâmina acumulada e longa duração, em função da ocorrência de frentes frias, algumas delas estacionárias, com influência de correntes de jato e bloqueios atmosféricos. No verão, a precipitação é mais intensa, em função dos sistemas convectivos e da atuação de massas tropicais.

Palavras-Chave – Precipitações intensas; Eventos hidrológicos; Estações meteorológicas.

METHOD FOR EVALUATION OF EXTREME PRECIPITATION EVENTS BASED ON SUB-HOURLY DATA BY AN AUTOMATIC WEATHER STATION

Abstract – For small basins, the use of daily data may implicate in uncertainties in the hydrological evaluation regarding the analysis of extreme events. The main purpose of this study is to present methodologies to evaluate extreme precipitation events through sub-hourly data available in an automatic weather station. The historical data series refer to the city of Lajeado-RS. The project involved filling the gaps of precipitation data, the consistency analysis, the development of an algorithm to identify the events in the analysis of the mechanisms of precipitation formation and its hydrological consequences. Through meteorological data, GOES satellite images, daily weather reports and Civil Defence reports, the aim was to achieve the integration between the precipitation characteristics (height, duration, intensity), the formation mechanism (frontal and mesoscale convective systems) and the resulting hydrological event (flash and regular floods). It has been identified 221 occurrences of intense precipitation (2004-2016) and accumulated precipitation beyond 30mm. During the winter and spring, precipitation tends to present higher water depths and long duration, according to the occurrence of cold fronts, some stationary, with the influence of jet streams and atmospheric blocking. In summer, the precipitation is more intense due to convective systems and the occurrence of tropical air masses.

Keywords – Intense precipitation; Hydrological events; Weather stations.

¹ Centro Universitário UNIVATES, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, e-mail: taisa.flores@univates.br; ² Centro Universitário UNIVATES, e-mail: g.g.oliveira10@gmail.com; ³ Centro Universitário UNIVATES, e-mail: chaet@univates.br; ⁴ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Engenharia Civil, e-mail: nbresolin@gmail.com; ⁵ Centro Universitário UNIVATES, e-mail: fgerhard1@universo.univates.br.

* Autor Correspondente.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de eventos extremos como inundações e movimentos de massa, combinada com a ocupação de áreas suscetíveis, tem resultado em desastres com expressivos impactos à sociedade. Os eventos extremos hidrometeorológicos são os principais responsáveis pelos prejuízos financeiros, feridos e óbitos relacionados aos desastres naturais no Brasil (CEPED, 2013).

A bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, Rio Grande do Sul (RS), é uma das áreas atingidas frequentemente por eventos hidrológicos (Ferri e Togni, 2012). Ainda assim, a rede de monitoramento hidrometeorológica em operação na bacia não atende ao recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), seja em relação à quantidade de pontos monitorados ou à distribuição geográfica das estações (Kurek, 2016). As dificuldades em relação ao monitoramento e aplicações diversas dos dados coletados são potencializadas ainda: i) pela restrita série temporal (muitas estações possuem menos de dez anos de dados); ii) pelo baixo percentual de estações automáticas com registros horários ou sub-horários; iii) pelas dificuldades relacionadas aos investimentos em manutenção da rede (ocasionando falhas na série temporal).

Algumas aplicações em hidrologia e recursos hídricos, tais como a modelagem hidrológica, a simulação de eventos extremos, a previsão e o alerta de enchentes, ou o dimensionamento de obras hidráulicas, necessitam de informações detalhadas, no tempo e no espaço. Em bacias de pequeno porte e com rápida resposta às precipitações, a utilização de dados diários pode implicar em grande imprecisão nos processos de modelagens em hidrologia e hidráulica (Tucci, 2014; Kurek, 2016).

Diversos estudos já foram realizados no âmbito da análise de eventos extremos de precipitação (por exemplo, Santos e Manzi, 2010; Blain, 2011; Junqueira Júnior *et al.*, 2015; Oliveira e Silva, 2016; Santos *et al.*, 2017), porém a grande maioria das pesquisas nessa temática e em outras aplicações hidrológicas ou meteorológicas faz uso de séries diárias, principalmente em função das mesmas apresentarem uma distribuição espacial e temporal mais densa e extensa. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é apresentar uma metodologia para a avaliação de eventos extremos de precipitação a partir de dados sub-horários obtidos por uma estação automática.

METODOLOGIA

O presente estudo envolveu o preenchimento de falhas, a análise de consistência dos dados e uma análise de eventos extremos de precipitação, como mostra a Figura 01. A série histórica utilizada foi obtida por uma estação meteorológica localizada no Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, bacia do Taquari-Antas, RS. A escolha dessa estação para a análise de eventos extremos se deve à frequente ocorrência de eventos extremos de precipitação e, consequentes inundações, enxurradas e alagamentos, que tornam o Vale do Taquari uma das regiões do estado do RS com maior número de decretos de situação de emergência (Sausen e Reis, 2013).

A série histórica foi disponibilizada pelo Núcleo de Informações Hidrometeorológicas (NIH-UNIVATES), no período entre 2004 e 2016, com dados sub-horários, a cada 30 minutos. A estação automática é da marca Davis, modelo Vantage Pro 2. A estação conta com um pluviômetro, um termômetro, um higrômetro, um anemômetro, um barômetro e um sensor de radiação solar.

Para o preenchimento de falhas e análise de consistência, foram solicitados dados horários de precipitação ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As oito estações utilizadas nesse processo estão mapeadas na Figura 02. Esse conjunto de dados foi organizado e compilado em uma matriz, na qual cada linha se refere a um intervalo de tempo e cada coluna representa uma estação.

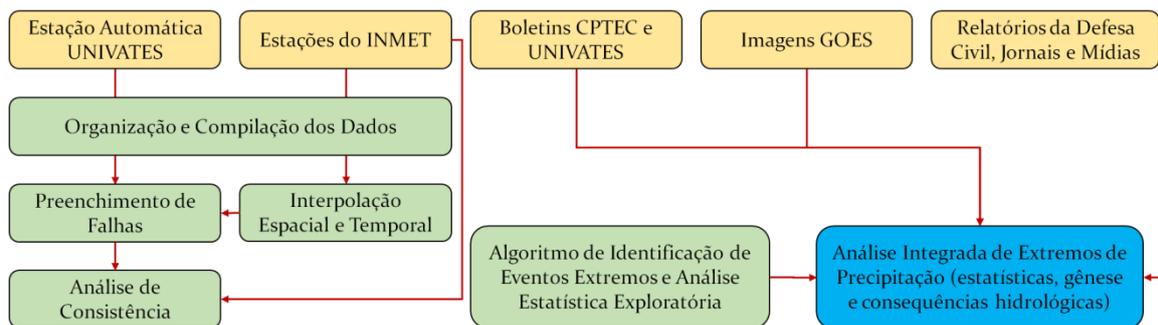


Figura 01 – Fluxograma das atividades desenvolvidas no estudo. Fonte: do autor (2017).

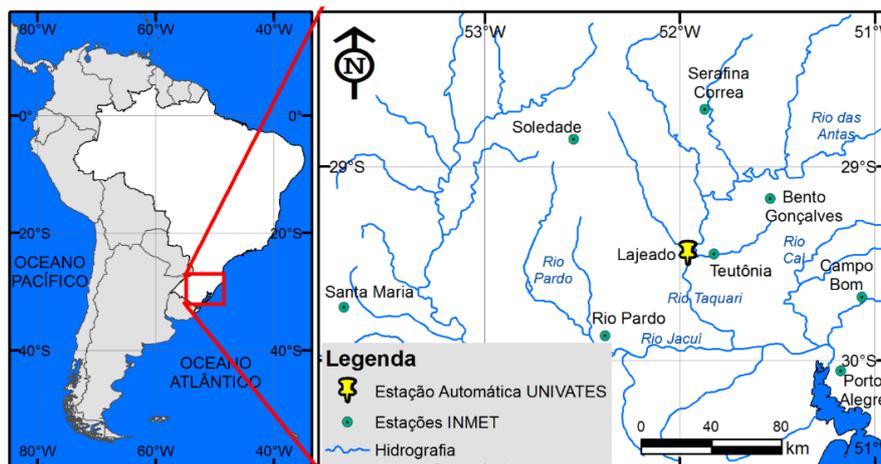


Figura 02 – Mapa de localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo. Fonte: do autor (2017).

Foi escolhido o método de interpolação espacial pelo inverso do quadrado da distância para o preenchimento de falhas na série de precipitação, considerando os dados disponibilizados pelo INMET. Para automatizar, foi escrito um algoritmo no *software* MATLAB para o cálculo horário dos pesos e da precipitação interpolada, já que os dados do INMET também apresentam algumas falhas no período. Uma vez interpolada a precipitação horária, foi realizada a transformação para a escala sub-horária (a cada 30 min) por uma técnica de interpolação temporal baseada em uma janela móvel (Equações 01 a 03). A avaliação do desempenho de preenchimento foi realizada com base no coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS) e o quartil 95% dos erros (E_{95}).

$$\alpha_t = \frac{P60_t + P60_{t-1}}{2} \quad (01)$$

$$P30_{1t} = P60_t \frac{\alpha_t}{\alpha_t + \alpha_{t+1}} \quad (02)$$

$$P30_{2t} = P60_t - P30_{1t} \quad (03)$$

Em que: α_t é um índice de suavização da chuva horária (tempo t) para cada 30 min; $P60$ é a chuva horária interpolada; $P30_{1t}$ é a chuva sub-horária calculada na 1ª meia hora; $P30_{2t}$ é a chuva na 2ª meia hora.

Embora a estação da UNIVATES tenha uma manutenção preventiva periódica, foi realizada uma análise de consistência, tendo como base os dados da estação mais próxima (Teutônia). Essa análise foi realizada por meio da comparação entre os totais precipitados, considerando o valor acumulado no tempo, e uma comparação das frequências acumuladas das alturas de precipitações.

Para a identificação de eventos extremos foi desenvolvido um algoritmo no *software* MATLAB, que percorre cada intervalo de tempo e define, de forma automática, a ocorrência ou não

de um evento extremo. Para cada instante t , os critérios para delimitar o início de um evento extremo foram: i) a ocorrência de precipitação ($P>0$) no instante t ; ii) precipitação acumulada superior a α nas β horas subsequentes, e; iii) no instante anterior ($t-1$) não estava ocorrendo um evento extremo. Para delimitar o fim de cada evento extremo de precipitação, foram considerados os seguintes critérios: i) a ocorrência de precipitação ($P>0$) no instante t ; ii) a não ocorrência de precipitação ($P=0$) no instante $t+1$; iii) no instante anterior ($t-1$) estava ocorrendo um evento extremo, e; iv) precipitação acumulada inferior a γ nas θ horas subsequentes. Todos os intervalos de tempo compreendidos entre esses dois instantes foram considerados como blocos de chuva do evento, incluindo períodos sem precipitação.

Outra regra estabelecida no algoritmo se refere ao limiar mínimo de precipitação total acumulada em cada evento. Esse limiar λ é um valor ao qual cada evento é submetido para validar a regra de total acumulado mínimo, que poderia não ser respeitada com os critérios anteriormente estabelecidos. Neste estudo, para fins de avaliação de eventos extremos de precipitação que podem ter ocasionado algum tipo de evento extremo hidrológico (inundação, enxurrada ou alagamento) foram definidos os seguintes valores para os parâmetros: $\alpha = 40$ mm; $\beta = 24$ horas; $\gamma = 15$ mm; $\theta = 6$ horas; $\lambda = 30$ mm. Esses valores podem ser alterados, de acordo com as aplicações de cada estudo.

Ainda no MATLAB, foram extraídas as seguintes métricas para comparação, em cada evento extremo identificado: i) mês do ano; ii) tempo transcorrido desde o último evento; iii) precipitação acumulada; iv) duração; v) intensidade média; vi) intensidade de pico; vii) tempo de pico; viii) desvio padrão. Essas métricas foram analisadas utilizando-se de ferramentas estatísticas descritivas, de modo a avaliar as medidas centrais e a dispersão dos valores em relação às estações do ano.

Para a análise detalhada dos mecanismos associados às precipitações intensas, foram selecionados 25 eventos, dos quais foram avaliados os respectivos dados de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos e pressão atmosférica. Além dos dados meteorológicos, foram analisados também: i) boletins diários do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE); ii) boletins diários do NIH-UNIVATES; iii) imagens dos satélites GOES, obtidos junto à Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA-INPE). O uso conjunto dessas informações permite inferir sobre o sistema atuante sobre o RS, fazendo com que seja possível identificar relações entre as métricas de precipitação e o sistema que desencadeou os volumes precipitados.

Por fim, buscou-se realizar uma análise integrada entre as características da precipitação (altura, duração e intensidade), o seu mecanismo formador (sistema frontal, sistema convectivo) e o evento hidrológico desencadeado (inundação nos grandes rios, enxurrada nas bacias rurais de menor porte, alagamentos em pequenas bacias urbanas e movimentos de massa). Para tanto, além do uso dos materiais mencionados, foi realizada uma pesquisa nos relatórios de danos da Defesa Civil, em jornais e outras mídias relevantes sobre a ocorrência desses eventos hidrológicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando os parâmetros definidos, foram identificadas 221 ocorrências de precipitações intensas em Lajeado, entre 2004 e 2016 (Tabela 01). Destes eventos, mais de 50% ocorreram nos últimos cinco anos, o que evidencia um aumento na frequência de precipitações extremas. O ano de 2014 foi o que apresentou o maior número de ocorrências, um total de 29 eventos. As precipitações intensas predominam entre os meses de julho e outubro, com 43% das ocorrências.

Também foi observada uma tendência de aumento na precipitação acumulada média, na intensidade média e de pico por evento. Em 2004, por exemplo, nas ocorrências identificadas, a

precipitação média foi de 47 mm por evento, com duração em torno de 20h, intensidade média de 2,8 mm/h e intensidade de pico de 16 mm/h. Já em 2016, a precipitação média por evento foi de 74 mm (+57%), com intensidade média de 7,7 mm/h e intensidade de pico de 33 mm/h. Essas diferenças são expressivas e indicam que no período analisado houve uma mudança significativa nas características dos eventos extremos, incluindo o aumento na variabilidade da chuva em cada evento, com desvio padrão das precipitações passando de 1,8 mm (2004) para 4,7 mm (2016).

Tabela 01 – Características dos eventos extremos de precipitação (2004-2016) – Lajeado/RS. Fonte: do autor (2017).

Ano	NE	PAM (mm)	DM (h)	IM (mm/h)	IPM (mm/h)	DPM (mm)
2004	8	47	20	2,8	16	1,8
2005	8	49	19	2,8	17	1,8
2006	9	55	19	4,6	24	3,0
2007	16	63	21	4,3	23	3,0
2008	15	57	18	4,5	22	2,8
2009	23	64	22	5,3	30	3,8
2010	14	69	23	4,7	24	3,0
2011	16	79	25	3,6	23	2,6
2012	14	67	24	4,8	29	3,5
2013	24	70	20	5,0	35	3,9
2014	29	61	18	7,6	32	4,6
2015	24	80	29	3,4	34	3,2
2016	21	74	20	7,7	33	4,7

Legenda: NE é o número de eventos extremos; PAM é a precipitação média por evento; DM é a duração média; IM é a intensidade média da precipitação; IPM é a intensidade média do pico; DPM é o desvio padrão das precipitações.

Outro aspecto importante a ser destacado é o tempo transcorrido entre dois eventos. Nos três primeiros anos (2004-2006), a recorrência dos extremos de precipitação foi de 38 dias em média, chegando a apresentar até 171 dias sem chuvas intensas. Já nos últimos três anos (2014-2016), o tempo de recorrência médio foi de apenas 14 dias, indicando um significativo aumento na frequência de extremos de precipitação, com intervalo máximo de 60 dias entre ocorrências.

Na Figura 03 são apresentados gráficos indicando algumas características das precipitações extremas em Lajeado. Deve-se destacar que no inverno a precipitação tende a apresentar maior lâmina acumulada e eventos mais demorados, sendo que, em média, um evento extremo apresenta uma precipitação de 71,6 mm e duração de 26 h. Esses valores são bem superiores ao outono, por exemplo, quando as precipitações extremas apresentam média de 57,7 mm e duração de 18 h. Além disso, é importante destacar que a variabilidade desses dois indicadores também é maior no inverno.

Esses resultados são explicados, principalmente, pela passagem regular de sistemas frontais de precipitação nesse período do ano, quando ocorre o encontro de massas de ar mais frias oriundas da região polar com as massas de ar mais quentes da região tropical. Cada frente fria possui suas próprias características, as quais dependem de outros mecanismos associados à circulação do ar, tais como as correntes de jato, a umidade do ar e os gradientes horizontal e vertical de pressão, bem como eventuais bloqueios atmosféricos exercidos por um anticiclone tropical, os quais podem resultar em uma frente fria estacionária. Todos esses aspectos influenciam diretamente no volume acumulado de precipitação e na duração do episódio crítico, que tendem a apresentar valores mais expressivos do que os sistemas convectivos que ocorrem no período mais quente do ano.

Por outro lado, deve-se observar que no verão e na primavera a precipitação tende a ser mais intensa e apresentar maior variabilidade interna. No verão, um evento extremo apresenta uma intensidade média de 6,7 mm/h e uma intensidade de pico típica de 36,4 mm/h. Esses valores são bem superiores ao inverno, quando as precipitações extremas apresentam valores de 4,1 e 20,2 mm/h, respectivamente. Isso se deve à predominância de processos convectivos associados às

massas tropicais que atuam no RS durante esse período do ano. Alguns fenômenos, por vezes resultantes do deslocamento de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) e outras áreas de instabilidade provenientes da região tropical continental (Baixa do Chaco, por exemplo), apresentam como características a curta duração (precipitações que ocorrem preferencialmente entre o final da tarde e a madrugada), a elevada intensidade e alta variabilidade espacial e temporal, provocada pelo surgimento de nuvens bem desenvolvidas verticalmente. Esses sistemas se desenvolvem rapidamente e podem provocar pancadas de chuva isoladas em algumas ocasiões.

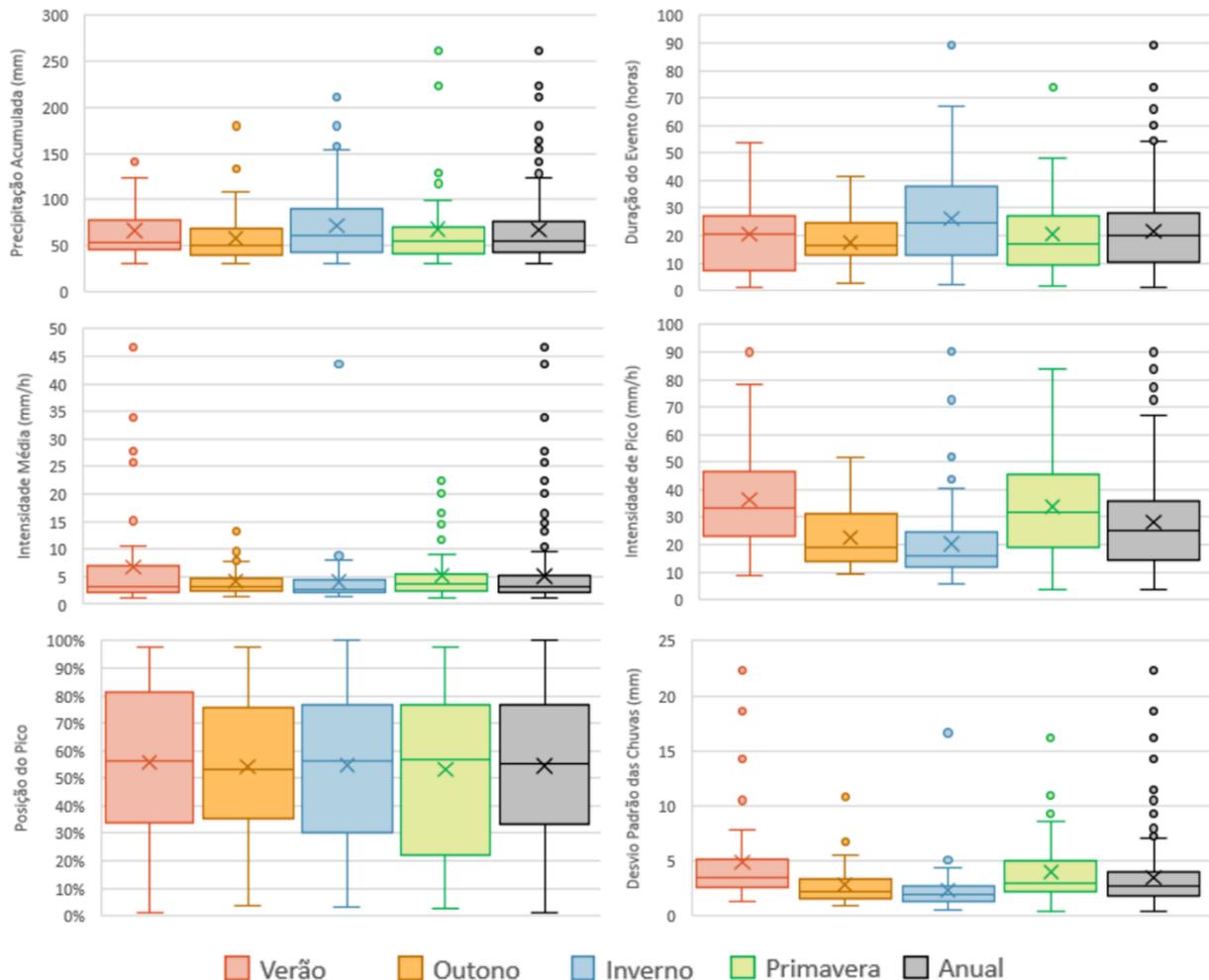


Figura 03 – Gráficos de caixas com os valores mínimos e máximos, os quartis, a mediana, o valor médio e os pontos de exceção, referentes às precipitações extremas na estação localizada em Lajeado, RS. Fonte: do autor (2017).

Dos 25 eventos analisados de forma mais detalhada, quatro foram identificados como resultantes de dinâmicas complexas que desencadearam frentes frias estacionárias, envolvendo a atuação da corrente de jato subtropical, combinada com uma zona de convergência de umidade oriunda de noroeste e a passagem de sistemas de baixa pressão. Todos ocorreram entre os meses de agosto e outubro. Nesses episódios de precipitação, o acumulado médio foi de 249 mm em 4,5 dias, resultando em diversos desastres naturais (inundações, enxurradas, granizo, vendavais, entre outros), com destaque para as inundações nas grandes bacias do RS. Um bom exemplo é o evento ocorrido em 07-11/10/2015, que resultou em 785 mil pessoas atingidas, conforme a Defesa Civil.

Outro fenômeno recorrente é a associação de precipitações provocadas por frentes frias e outros mecanismos convectivos, identificados pela presença de cavados e a atuação de correntes de jato. Neste caso, foram analisados detalhadamente sete eventos. Este tipo de fenômeno costuma

gerar uma precipitação inferior ao caso anterior, com acumulado médio de 140 mm e duração média de 34 horas. Todos os eventos nessa categoria ocorreram entre setembro e janeiro, predominando entre a primavera e o verão. Embora esse tipo de precipitação possa também desencadear inundações, em virtude do menor volume acumulado e maior concentração da precipitação no tempo, normalmente resulta em episódios de vendavais, granizo e enxurradas em bacias menores.

As frentes frias foram responsáveis exclusivamente por oito eventos. Com o enfraquecimento ou a ausência de outros mecanismos convectivos, esses fenômenos costumam gerar acumulados inferiores aos dois tipos anteriormente descritos, com uma média de 112 mm e duração de 30 h. Além disso, a precipitação é mais homogênea, com intensidade de pico menor. Há uma tendência de ocorrência desse fenômeno entre o outono e o inverno (entre maio e agosto), estando associado, principalmente, com algumas inundações de menor magnitude.

Os mecanismos convectivos relacionados exclusivamente a Sistemas de Baixa Pressão, vindos de noroeste, representaram seis dos 25 eventos. Todos ocorreram entre o verão e o outono (janeiro a maio). Esses eventos têm como características marcantes a curta duração (média de 24 horas), muitas vezes, com dois picos (noites consecutivas, intercaladas por pequeno período sem chuvas durante a manhã), além de elevada intensidade de pico (média de 46 mm/h). Pelo levantamento realizado, esses fenômenos desencadeiam principalmente vendavais, alagamentos em áreas urbanas, enxurradas em pequenas bacias e movimentos de massa.

Para ilustrar o processo de análise detalhada, pode-se apresentar o caso de um fenômeno complexo ocorrido entre os dias 18-23/09/2007, quando ocorreram fortes chuvas no RS (Figura 04). O algoritmo identificou três eventos atuando nesse intervalo de tempo, que somados apresentaram 262 mm de precipitação em Lajeado. No dia 18, o fenômeno associado foi uma frente fria, que ocasionou 48 mm de chuva em um intervalo de 15 h. No dia 20, em função de um bloqueio atmosférico provocado por um centro de alta pressão no centro-norte do Brasil, e da corrente de jato subtropical com escoamento de umidade proveniente de noroeste, formou-se uma densa área de instabilidade, com precipitação acumulada de 59 mm e duração de 28 h. Em seguida, entre os dias 22 e 23, persistindo esse padrão de circulação, combinado ao avanço de uma massa de ar polar, instalou-se sobre o RS uma frente fria estacionária, que provocou 155 mm de chuva em 40 h. Com os solos mais úmidos, esse último evento de precipitação resultou em inundações em boa parte dos grandes rios, tais como o Taquari, o Caí e o Jacuí. Os registros da Defesa Civil indicam que dezenas de municípios do RS entraram com pedido de situação de emergência nesse evento extremo.

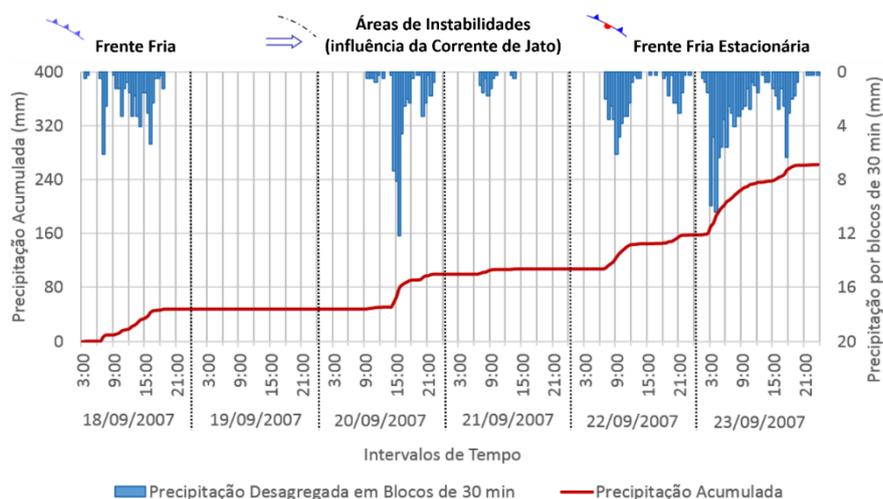


Figura 04 – Precipitação acumulada e desagregada em blocos para o período entre 18/09/2007 e 23/09/2007, em Lajeado, RS, e os mecanismos atmosféricos associados à gênese das precipitações. Fonte: do autor (2017).

CONCLUSÕES

A metodologia proposta neste trabalho para a avaliação de eventos extremos de precipitação em escala sub-horária permitiu a realização de uma análise integrada das características das chuvas extremas, o seu mecanismo de formação e o evento extremo desencadeado. A partir do conhecimento da origem de cada evento analisado e o seu período de ocorrência, foi possível encontrar uma sazonalidade associada aos tipos de precipitações extremas.

Conclui-se que na maioria dos extremos de precipitação, os mecanismos formadores são as frentes frias, sendo algumas destas estacionárias, ou associadas a outros sistemas atmosféricos. As frentes frias podem resultar em eventos extremos em qualquer estação do ano, porém, as que provocam danos de maior magnitude são as de caráter estacionário, que apresentam maior recorrência entre os meses de agosto e outubro. Os eventos desencadeados se referem a inundações em grandes bacias, enxurradas, movimentos de massa, granizo e vendavais, os quais resultam em um grande número de desabrigados e prejuízos de ordem econômica.

REFERÊNCIAS

- BLAIN, G.C. Cento e vinte anos de totais extremos de precipitação pluvial máxima diária em Campinas, Estado de São Paulo: análises estatísticas. *Bragantia*, v. 70, n. 3, p. 722-728, 2011.
- CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. 2013. Disponível em: http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS_mioloWEB.pdf. Acesso em 16 abr. 2017.
- FERRI, G; TOGNI, A.C. (2012). *A História da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas*. Editora Univates, Lajeado, 375 p.
- JUNQUEIRA JR., J.A.; DE MELLO, C.R.; ALVES, G.J. Eventos extremos de precipitação no Alto Rio Grande, MG: Análise probabilística. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 19, n. 4, 2015.
- KUREK, R.K.M. *Análise das Inundações do Vale do Taquari/RS como Subsídio à Elaboração de um Modelo de Previsão*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFSM_de760f2130810e11681bee0e43706c71. Acesso em 13 mar. 2017.
- OLIVEIRA, R.; SILVA, S.R. Estudos de Eventos Extremos de Chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Una. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 2, n. 1, 2016.
- RODRIGUES, M.L.G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de Frentes Frias no Litoral de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 22, n. 2, 2004.
- SANTOS, C.A.C.; MANZI, A.O. Eventos extremos de precipitação no estado do Ceará e suas relações com a temperatura dos Oceanos Tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 1, 2010.
- SANTOS, S.R.; SANSIGOLO, C.A.; NEVES, T.T.A.T.; CAMPOS, T.L.O.B; SANTOS, A.P.P. Frequências dos Eventos Extremos de Seca e Chuva na Amazônia Utilizando Diferentes Bancos de Dados de Precipitação. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 2, 2017.
- SAUSEN, T.M.; REIS, J.T. (2013). Levantamento e avaliação das inundações ocorridas no Rio Grande do Sul. Org. por Guasselli, L.A.; Oliveira, G.G. e Alves, R.C.M. ed. Evangraf, Porto Alegre – RS, pp. 25 – 40.
- TUCCI, C.E.M. (2014). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 943p.