



Eventos Severos no Rio Grande do Sul no Período 2004-2008

Severe Events on Rio Grande do Sul from 2004 to 2008

Vanderlei Rocha de Vargas Jr¹ & Cláudia Rejane Jacondino de Campos²

¹INPE, Programa de Pós-graduação em Geofísica Espacial,
Caixa Postal 515, 12.227-010, São José dos Campos, São Paulo, Brasil

²Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-graduação em Meteorologia,
Caixa Postal 354, 96.010-970, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mails: vanderleirvjr@gmail.com; cjc campos@ufpel.edu.br

Recebido em: 11/09/2014 Aprovado em: 20/03/2015

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2015_1_137_146

Resumo

Analisou-se a ocorrência de eventos severos no Rio Grande do Sul (RS) entre 2004 e 2008, as regiões atingidas por estes e o impacto do evento severo que atingiu o maior número de municípios. Utilizaram-se dados de ocorrência de eventos severos no RS e municípios atingidos por estes, obtidos no banco de dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do RS. Os resultados mostraram que: 247 eventos severos atingiram 55,6% dos municípios que compõem o RS; vendaval e granizo foram os eventos severos mais frequentes registrados; Out-Nov-Dez e Jul-Ago-Set foram os trimestres do ano com maior registro de ocorrência e a região mais atingida pelos eventos severos foi a porção norte do Estado. Observou-se ainda que granizo atingiu 47,8% dos municípios do RS afetados por eventos severos, gerou situação de emergência em 70,2% das comunicações e atingiu preferencialmente o noroeste do Estado.

Palavras-chave: Desastres naturais; granizo; situação de emergência

Abstract

It was analyzed the occurrence of severe events in the Rio Grande do Sul (RS) from 2004 to 2008, the regions affected by them and the impact of severe event that reached the greatest number of municipalities. Data of severe events occurrence and RS municipalities affected by them, obtained from CEDCRS (Coordenadoria Estadual de defesa Civil do RS) database, were used. The results showed that: 247 severe events affected 55,6% of the RS municipalities; windstorm and hail were the RS severe events more frequently registered; the quarters and the RS region most affected by severe events were Oct-Nov-Dec and Jul-Aug-Sep, and the north portion of state, respectively. In addition, hail affected 47,8% of RS municipalities affected by severe events; generated emergence situation in 70,2% of communications, and reached preferentially the northwest of state.

Keywords: Natural disasters; hail; emergence situation

1 Introdução

Os eventos com condição de tempo severo, ou eventos severos, como por exemplo, granizo, vendaval e enchente, podem causar nas regiões onde atuam sérios prejuízos econômicos e sociais e até mesmo perda de vidas (Castro, 2003; Kobiyama *et al.*, 2006). Podem ocorrer associados a diversos tipos de sistemas meteorológicos independentemente de sua escala espaço-temporal. No sul do Brasil os eventos severos estão associados principalmente a dois tipos de sistemas meteorológicos: Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e Sistemas Frontais (SF) que são os mais frequentes nesta região (Houze, 1993; Quadro *et al.*, 1996).

Os SCM são constituídos por aglomerados de células convectivas, que apresentam área com contínua precipitação, que pode ser parcialmente estratiforme e parcialmente convectiva (Houze, 1993). Estes sistemas possuem formas variadas, sendo classificados como Linhas de Instabilidade (LI), quando possuem forma de linha; Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), quando possuem um aspecto mais circular, ou simplesmente, SCM, quando suas formas são irregulares (Cotton & Anthes, 1989). No sudeste da América do Sul (AS), onde se localiza o Estado do Rio Grande do Sul (RS), os SCM são frequentes, sendo responsáveis por grande parte da precipitação registrada nesta região (Velasco & Fritsch, 1987; Nebit *et al.*, 2006; Zipser *et al.*, 2006). Destaca-se que este sistema meteorológico ocorre durante todo ano, no entanto, com maior frequência no período quente, devido ao aparecimento de condições meteorológicas favoráveis ao desenvolvimento de nuvens convectivas. Apresenta, em sua maioria, duração entre 6 e 12h e uma trajetória média de oeste para leste, ou seja, do continente para o oceano (Nicolini *et al.*, 2002; Torres, 2003, Campos & Eichholz, 2011).

Conforme mencionado anteriormente, o outro sistema meteorológico que também atua para a formação de eventos severos no sul do Brasil são os SF, que podem ser definidos como uma zona de transição entre duas massas de ar com características diferentes. Atuam durante todo o ano no Brasil e afetam mais significativamente as regiões sul e sudeste, sendo responsáveis pelas

chuvas e frio, principalmente no sul do país (Quadro *et al.*, 1996; Satyamurty *et al.*, 1998; Harter, 2004). Estes sistemas têm uma parcela significativa na formação de eventos severos, pois contribuem fortemente para a intensificação da convecção na região sul do Brasil, favorecendo a formação de SCM (Siqueira & Machado, 2004) e, eventualmente de eventos severos.

ORS, por possuir sua economia essencialmente voltada à agroindústria, é um dos Estados que mais sofre com quebra de safras causadas por eventos severos, que além de causarem grande impacto sobre a economia local, também podem levar à perda de vidas humanas. Isto mostra a importância do estudo de eventos severos que atingem o RS, uma vez que o melhor conhecimento deste tipo de fenômeno meteorológico pode ajudar a minimizar os danos causados por estes eventos nesta região.

Com base no exposto o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição sazonal dos eventos severos que afetaram o RS no período de 01/01/2004 a 31/12/2008 e as regiões atingidas por estes. Analisou-se também, em mais detalhes, um dos tipos de evento severo mais frequente e que atingiu o maior número de municípios no período.

2 Materiais e Métodos

Neste estudo foram utilizados dados de ocorrência de eventos severos observados no RS e municípios atingidos por estes, entre 01/01/2004 a 31/12/2008, obtidos no banco de dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do RS (CEDCRS, 2013). Dentre todos os registros de eventos severos notificados pela CEDCRS no período de estudo, foram selecionados os eventos do tipo: granizo, granizo/vendaval (ocorrência simultânea dos dois ES), vendaval, enxurrada, inundação, enchente, alagamento e deslizamento, os quais estão associados à atuação de SCM e SF na região. Com esses dados foi criada uma planilha eletrônica com as seguintes informações: data de ocorrência do evento severo observado no RS, tipo de evento severo observado no RS e município atingido pelo evento severo observado no RS.

No caso de eventos severos observados no RS do mesmo tipo que ocorreram no mesmo dia, e que

afetaram mais de um município, verificou-se pela análise das imagens do satélite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite), qual o tipo de sistema meteorológico foi responsável pela origem destes eventos severos. Esta análise foi realizada, pois eventos deste tipo normalmente estão associados a sistemas meteorológicos (SCM e SF) que podem cobrir grandes áreas. Desta forma, eventos severos observados no RS que tiveram a mesma origem, isto é, foram gerados pelo mesmo sistema meteorológico, foram contabilizados como apenas um evento severo. Caso contrário, quando os eventos severos observados no RS foram gerados por sistemas meteorológicos diferentes, estes foram contabilizados separadamente, como eventos severos distintos. As imagens brutas do satélite GOES 10 e 12 do canal 4 (infravermelho termal), com resolução espacial no seu ponto subsatélite de 4 km x 4 km e resolução temporal de 30 minutos, do período de 01/01/2004 a 31/12/2008, utilizadas neste trabalho, foram 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).

Após a seleção dos eventos severos observados no RS e dos municípios atingidos, os mesmos foram separados por trimestres representando cada uma das estações do ano: período quente (Jan-Fev-Mar, JFM), período temperado frio (Abr-Mai-Jun, AMJ), período frio (Jul-Ago-Set, JAS) e período temperado quente (Out-Nov-Dez, OND).

Em seguida, analisou-se a distribuição sazonal dos eventos severos observados no RS, contabilizando-se o total trimestral e para o período (2004 a 2008) de cada um dos tipos de eventos severos observados individualmente e também de todos os tipos de eventos severos que ocorreram.

Na sequência procedeu-se à análise sazonal dos municípios do RS atingidos por eventos severos no período de 2004 a 2008. Para contabilizar o número de municípios do RS atingidos por eventos severos primeiramente computou-se o total de municípios distintos atingidos em cada trimestre por cada um dos tipos de eventos severos observados no RS, ou seja, quando um município foi atingido pelo mesmo tipo de evento severo mais de uma vez no mesmo trimestre este foi computado apenas uma vez. Em seguida computou-se, no período, o total de municípios distintos atingidos por cada um dos tipos

de eventos severos observados, isto é, quando um município foi atingido pelo mesmo tipo de evento severo observado no RS em trimestres distintos, este foi computado apenas uma vez. Na sequência computou-se o total trimestral de municípios distintos atingidos por todos os eventos severos observados no RS, ou seja, quando um município foi atingido por mais de um tipo de evento severo no mesmo trimestre, este foi computado apenas uma vez. E por fim computou-se o total no período de municípios distintos atingidos por todos os eventos severos observados no RS, isto é, quando um município foi atingido por qualquer um dos tipos de eventos severos observados em mais de um trimestre, este foi computado apenas uma vez.

Analisou-se também a distribuição sazonal das regiões atingidas pelos eventos severos observados no RS separando-se os municípios atingidos nas 11 regiões que compreendem as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (REDECs) que compõem o RS (CEDCRS, 2013; Figura 1). A CEDCRS a fim de melhor gerenciar os registros de eventos severos dividiu o Estado em 11 regiões denominadas REDECs, as quais têm como sede um dos municípios que compõe cada região, o qual é o responsável por receber as informações da sua região e repassá-las à sede da CEDCRS. Assim, tem-se a REDEC 1 (Metropolitana) com 60 municípios; REDEC 2 (Passo Fundo) com 84 municípios; REDEC 3 (Santa Maria) com 50 municípios; REDEC 4 (Pelotas) com 27 municípios; REDEC 5 (Santo Ângelo) com 69 municípios; REDEC 6 (Santana do Livramento) com 13 municípios; REDEC 7 (São Luiz Gonzaga) com 45 municípios; REDEC 8 (Imbé) com 23 municípios; REDEC 9 (Caxias do Sul) com 51 municípios; REDEC 10 (Uruguaiana) com 14 municípios e REDEC 11 (Lageado) com 60 municípios.

Por fim, se analisou as regiões do RS atingidas por granizo (um tipo de evento severo observado no RS que apresentou maior frequência e atingiu maior número de municípios entre 2004 e 2008) e a severidade deste evento severo em função da CEDCRS ter declarado situação de emergência nos municípios atingidos. Para isso contabilizou-se sazonalmente essas declarações para cada caso de granizo detectado. Como no período de estudo houve municípios que foram atingidos mais de uma vez por granizo, estes declararam sua situação mais de uma vez, sendo então consideradas todas as declarações para a análise dos resultados.

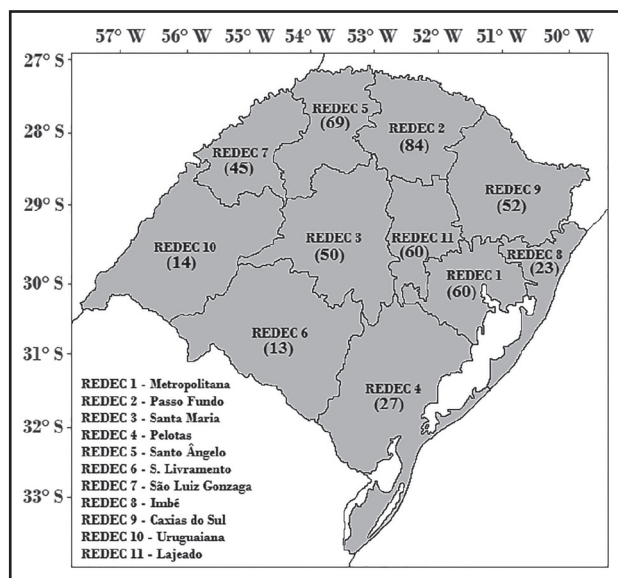


Figura 1 Distribuição espacial das REDECs e o total de municípios que compõem cada uma. (Adaptado de CEDCRS, 2013).

3 Resultados e Discussão

3.1 Eventos Severos que Atingiram o RS entre 2004 e 2008

A análise dos eventos severos que afetaram o RS registrados pela CEDCRS no período de 2004 a 2008 mostra um total de 247 eventos severos (Tabela 1), sendo granizo e vendaval (26% cada) os mais comuns, seguidos de enxurrada e enchente (12% cada), granizo/vendaval (10%), inundação (9%), alagamento (3%) e deslizamento (2%). A maior frequência de vendaval e granizo no RS, que também foi observada por outros autores (Viana *et al.*, 2009; Nedel *et al.*, 2012), deve-se ao fato que, na região sul do Brasil em comparação à outras regiões observa-se condições baroclínicas mais intensas (Grimm, 2009) e, portanto forte cisalhamento vertical do vento que favorece a formação de tempo severo, cuja definição tradicional inclui a ocorrência de vendaval e granizo.

Apesar da região sul do Brasil apresentar condições favoráveis à formação de eventos severos durante todo o ano, observou-se que OND (35,22% do total de eventos severos observados no RS no período) e JAS (26,32% do total de eventos severos observados no RS no período) foram os trimestres mais favoráveis (Tabela 1).

Em OND as condições sinóticas de grande escala como a Alta da Bolívia (AB, circulação

Eventos Severos	JFM	AMJ	JAS	OND	Total	Contribuição (%)
Granizo	6	15	20	23	64	26
Vendaval	18	7	14	25	64	26
Enchente	1	11	10	8	30	12
Enxurrada	10	4	6	10	30	12
Granizo/Vendaval*	6	3	5	11	25	10
Inundação	8	2	4	8	22	9
Alagamento	1	2	3	1	7	3
Deslizamento	0	1	3	1	5	2
Total trimestral	50	45	65	87	247	-
Contribuição (%)	20,3	18,2	26,3	35,2	-	-

Tabela 1 Distribuição sazonal dos eventos severos observados no RS entre 2004 e 2008.

quase-estacionária em altos níveis, dinamicamente ligada a um cavado sobre o nordeste do Brasil) e a Baixa do Chaco (BC, área de baixa pressão de origem termo-orográfica localizada entre o Paraguai e Bolívia) atuam no sentido de gerar convergência, movimentos ascendentes e aquecimento em baixos níveis, condições necessárias para desencadear a convecção. Também, nessa época em baixos níveis (850 hPa) na AS a circulação da Alta do Atlântico Sul (AAS, associada à circulação média meridional da atmosfera, que surge devido a Célula de Hadley) e o Jato de Baixos Níveis (JBN, escoamento de norte, a leste dos Andes), contribuem para o transporte de calor e umidade da região amazônica para a região subtropical (Velasco & Fritsch, 1987; Vila, 2004; Marengo *et al.*, 2004; Mattos, 2009). Além de transportar calor e umidade para a região sul da AS o JBN também gera turbulência por meio do cisalhamento do vento e participa ativamente como mecanismo de disparo da instabilidade potencial favorável para a formação de tempestades severas no Sul-Sudeste do Brasil, Norte da Argentina, Bolívia e Sul do Paraguai (Sugahara *et al.*, 1994; Marengo *et al.*, 2004) e portanto de eventos severos. Além da presença das condições atmosféricas citadas acima, existe ainda o efeito do aquecimento diurno mais presente, nesta época, devido à aproximação do solstício de verão no hemisfério sul, o que favorece a manutenção de SCM e, portanto a formação de maior número de eventos severos no RS.

Em JAS as condições atmosféricas características observadas na região também favorecem a formação de maior número de eventos severos que afetam o RS. Dentre elas pode-se

destacar além da condição baroclínica mais intensa e da propagação e intensificação da convecção que ocorrem ao longo dos SF normalmente mais intensos nesta época; a maior frequência de JBN mais intensos ao sul de 20°S (Salio *et al.*, 2002; Marengo *et al.*, 2004), que é outro sistema de escala sinótica que também pode influenciar diretamente a formação de SCM (devido principalmente ao transporte de umidade e calor) e consequentemente de ES_{RS}.

Pode-se notar também na Tabela 1, que os eventos severos que afetaram o RS mais frequentes nos períodos quentes (JFM e OND) foram vendaval, enxurrada e inundação, com um total de 43, 20 e 16 ocorrências, respectivamente. A preferência de ocorrência de enxurrada (definida como inundação brusca devido a chuvas intensas e concentradas, Kobiama *et al.*, 2006) e inundação (aumento do nível dos rios além de sua vazão normal, que gera o transbordamento destes, devido a chuvas intensas, Castro, 2003) nos períodos quentes pode ser explicada pela maior frequência de SCM nestes períodos do ano (Campos & Eichholz, 2011), os quais causam intensas precipitações na região.

Observa-se ainda analisando a Tabela 1 que o evento severo observado no RS que apresentou maior frequência nos períodos frios (AMJ e JAS) foi granizo, com um total de 35 ocorrências. A maior frequência de granizo observada no RS nos períodos frios pode estar relacionada a algumas características presentes na atmosfera para a sua formação, como por exemplo, temperatura média do ar mais baixa e transporte de calor e umidade em baixos níveis, que tornam a atmosfera instável e assim, criam um ambiente favorável ao disparo da convecção e à formação de correntes ascendentes intensas (Knight & Knight, 2001; Wallace & Hobbs, 2006). Essas correntes ascendentes mantêm os hidrometeoros (partículas de gelo e gotas de água) em suspensão dentro das nuvens convectivas por mais tempo, antes de precipitarem, permitindo a formação do granizo pela colisão entre essas partículas. Conforme mencionado anteriormente, os JBN que são responsáveis por transportar calor e umidade da região amazônica para a região subtropical, são mais intensos ao sul de 20°S (região onde se localiza o RS) em JAS, o que favorece a formação do granizo nos períodos frios do ano.

Além do granizo outros três eventos severos apresentaram preferência de ocorrência nos períodos frios: enchente (aumento do nível dos

rios além de sua vazão normal, sem que haja o transbordamento destes, devido à ocorrência de chuvas intensas Kobiama *et al.*, 2006), alagamento (águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos, devido à fortes chuvas, CEDCRS, 2013) e deslizamento (movimento coletivo de solo, rocha e/ou vegetação encosta abaixo, devido à ocorrência de elevados volumes de precipitação, Kobiama *et al.*, 2006) com 21, 5 e 4 ocorrências, respectivamente. A preferência de ocorrência nos períodos frios, destes três últimos eventos severos citados, pode estar associada à maior ocorrência de eventos extremos de precipitação no RS nestes períodos (Eichholz & Campos, 2011), além da atuação conjunta de SF e SCM, comuns nessa época do ano, uma vez que SF tendem a estimular a ocorrência de SCM maiores e com maior tempo de vida (Campos & Eichholz, 2011) o que contribui para maiores volumes de precipitação e, portanto para ocorrência de enchentes. Além disso, apesar do volume de precipitação não possuir uma variabilidade sazonal significativa no RS, a evaporação por outro lado, registra nos meses mais frios do ano as suas menores taxas (Figueiredo & Calliari, 2005). Isso pode favorecer a maior disponibilidade de água nestes meses e a consequente preferência de ocorrência de alagamento observada nos períodos frios do ano. A maior ocorrência de eventos extremos de precipitação e as menores taxas de evaporação registrados nestes períodos possivelmente também favorecem maior infiltração da água no solo, o que por sua vez, levou a preferência de ocorrências de deslizamentos nestes períodos do ano.

3.2 Regiões do RS Atingidas por Eventos Severos entre 2004 e 2008

Na sequência, foi analisada a distribuição sazonal dos municípios atingidos pelos diferentes tipos de eventos severos que afetaram o RS entre 2004 e 2008 (Tabela 2). Pode-se notar que os 247 eventos severos observados no RS no período de estudo (Tabela 1), atingiram 276 municípios distintos. Lembrando que o RS possui 496 municípios (FEE, 2013), logo, no período de 2004 e 2008, 55,6% dos municípios do RS (276 municípios) foram atingidos pelos 247 eventos severos que afetaram o RS.

Analisando-se a relação entre os tipos de eventos severos observados no RS e o número de municípios atingidos, nota-se que os eventos severos

Eventos Severos	JFM	AMJ	JAS	OND	Total no período*
Granizo	7	31	56	59	132
Vendaval	24	14	35	60	118
Enxurrada	12	4	19	11	43
Enchente	2	11	23	14	42
Granizo/Vendaval	7	5	14	14	39
Inundação	10	2	4	10	25
Alagamento	1	3	6	1	11
Deslizamento	0	1	3	1	5
Total trimestral**	57	66	136	144	276***
* total de municípios distintos atingidos por cada um dos tipos de eventos severos **total trimestral de municípios distintos atingidos por todos os eventos severos *** total de municípios distintos atingidos por todos os eventos severos					

Tabela 2 Distribuição sazonal dos municípios do RS atingidos pelos eventos severos observados entre 2004 e 2008.

observados no RS que atingiram o maior número de municípios no período de estudo foram: granizo (132 municípios) e vendaval (118 municípios), seguidos por enxurrada (43 municípios), enchente (42 municípios), granizo/vendaval (39 municípios), Inundação (25 municípios), alagamento (11 municípios) e deslizamento (5 municípios). Quando se analisou a distribuição sazonal dos municípios do RS atingidos pelos eventos severos entre 2004 e 2008 (Tabela 2) pôde-se notar que estes são observados em todos os períodos do ano. No entanto, a maior parte dos municípios atingidos foi observada em OND (144 municípios), seguido por JAS (136 municípios), AMJ (66 municípios) e JFM (40 municípios).

Portanto a análise conjunta das Tabelas 1 e 2 mostra que o número de municípios atingidos por eventos severos no RS, pode estar relacionado tanto à frequência de ocorrência dos eventos severos observados no RS, como também à intensidade destes eventos severos. Por essa razão, o maior número de municípios atingidos em AMJ em relação à JFM, apesar de ter registrado menor ocorrência de eventos severos, pode ser um indicativo de que os eventos severos observados em AMJ, que são normalmente gerados pela interação de SCM e SF (mais comuns em AMJ e JAS), sejam mais intensos e atinjam maior número de municípios do que os registrados em JFM (gerados menos frequentemente

pela interação de SCM e SF) (Siqueira & Marques, 2008; Campos & Eichholz, 2011).

Em seguida, analisou-se a distribuição geográfica sazonal das regiões atingidas pelos diferentes tipos de eventos severos observados no RS entre 2004 e 2008, separando-se os municípios atingidos nas 11 REDECs que compõem o RS (Figura 2). Analisando cada trimestre do período de estudo pode-se notar que em JFM os municípios atingidos ficaram mais concentrados no norte e leste da metade norte do Estado (acima de 30°S) na região coberta pelas REDECs 1, 2 e 8, onde se concentraram 59,6% dos 57 municípios atingidos, neste trimestre (Figura 2a). A região mais atingida pelos eventos severos observados no RS em AMJ se deslocou para o centro-norte da metade norte do RS na região coberta pelas REDECs 2, 3 e 5, onde se concentraram 56% dos 66 municípios atingidos, neste trimestre (Figura 2b). No trimestre JAS os municípios atingidos ficaram concentrados no centro-norte da metade norte, na região coberta pelas REDECs 1, 2, 3 e 11, onde se concentraram 66,9% dos 136 municípios atingidos, neste trimestre (Figura 2c). Em OND (Figura 2d) o extremo norte do RS foi mais atingido pelos eventos severos observados no RS (REDECs 2, 5 e 7, onde se concentraram 58% dos 144 municípios atingidos, neste trimestre).

Pôde-se observar, portanto, em todos os trimestres do período de estudo que a região do Estado mais atingida foi a metade norte, com destaque para a REDEC 2, e que pelo menos um município de cada REDEC foi atingido pelos eventos severos observados no RS (exceção ocorreu em OND onde a REDEC 8 não apresentou nenhum registro de município atingido). A maior concentração de municípios na metade norte do estado (onde se localizam ~ 87,1% do total de municípios do RS, ou seja, 432 municípios) faz com que seja esperado que a maioria dos municípios atingidos por eventos severos se localize também nessa região. Outro fator que pode influenciar a ocorrência de maior número de municípios atingidos por eventos severos nessa porção do Estado é a maior quantidade de precipitação nela registrada devido a sua topografia mais acidentada quando comparada à metade sul (abaixo de 30°S), o que tende a gerar maior ocorrência de eventos severos. Alguns autores relatam que apesar de o relevo regional não interferir a ponto de criar grandes variações na pluviometria anual do

RS, sua influência é sentida, uma vez que na metade norte chove mais do que na metade sul (Berlato *et al.*, 2000; Matzenauer *et al.*, 2007). Além disso, a metade norte do RS é uma região bastante favorável à ocorrência de SCM, cuja formação mostra relação com a topografia da região e também com a região de saída dos JBN onde há umidade e calor para a geração da convecção e por consequência, condições favoráveis à formação de eventos severos (Velasco & Fritsch, 1987; Durkee & Mote, 2009; Sakamoto, 2009; Vargas Jr *et al.*, 2012). Portanto, justifica-se porque a metade norte do Estado é a mais atingida por eventos severos.

3.3 Análise da Ocorrência de Granizo no RS entre 2004 e 2008

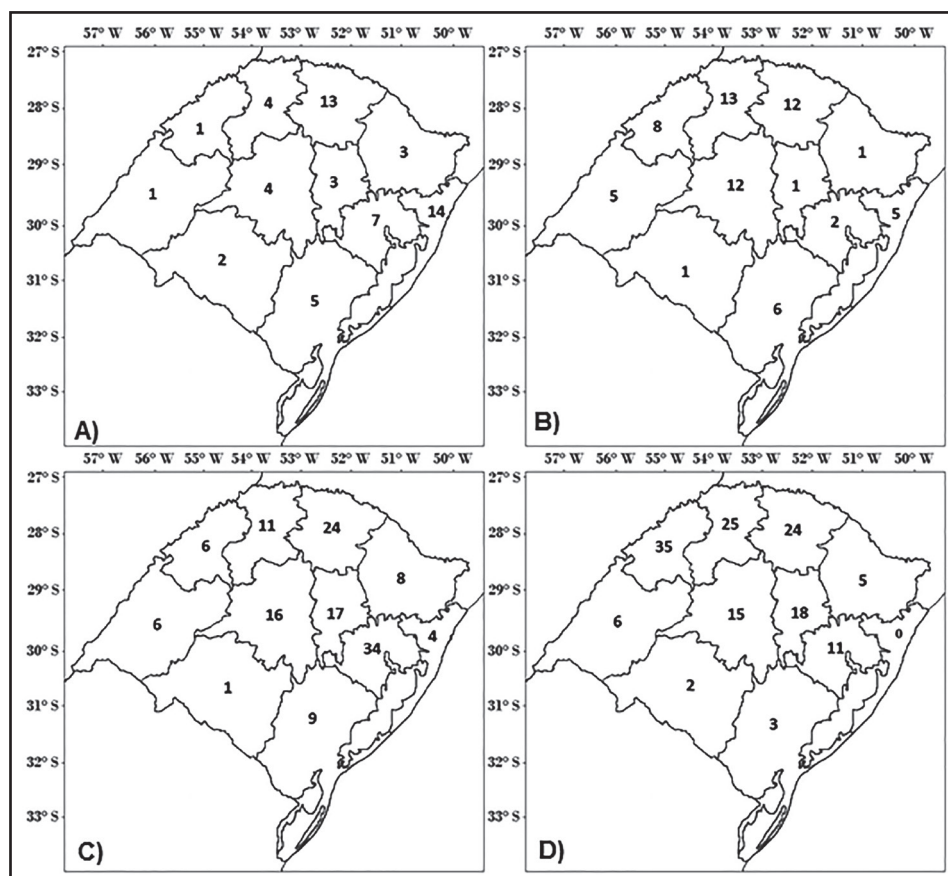
Com um total de 64 ocorrências (que correspondem a ~25,9% das ocorrências de eventos severos observados no RS entre 2004 e 2008, Tabela 1) e 132 municípios atingidos (que correspondem a 47,8% dos municípios atingidos, Tabela 2), granizo foi o evento severo observado no RS que mais se destacou, por ter sido um dos que apresentou maior

ocorrência e, por ter sido o que atingiu o maior número de municípios no período de estudo. Por esta razão, analisou-se sazonalmente as regiões do RS atingidas por este evento e a sua severidade a partir de informações disponibilizadas na página da CEDCRS.

Analizando a Tabela 1, pôde-se observar que granizo apresentou ocorrência em todos os períodos do ano, com destaque para os trimestres OND e JAS, onde foram registradas mais de 67% das ocorrências de granizo. O mesmo comportamento foi observado com relação aos municípios do RS atingidos por granizo entre 2004 e 2008 (Tabela 2), ou seja, as 64 ocorrências de granizo registradas atingiram maior número de municípios nos trimestres OND (59 municípios atingidos) e JAS (56 municípios atingidos).

Analizando a distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingidos por granizo entre 2004 e 2008, em cada REDEC do RS, pode-se observar que em JFM (Figura 3a) apenas quatro REDECs foram atingidas; a região coberta pela REDEC 2 (norte do Estado) foi a mais

Figura 2 Distribuição geográfica sazonal do número de municípios atingidos pelos eventos severos observados no RS entre 2004 e 2008 em cada REDEC. (A) JFM; (B) AMJ; (C) JAS e (D) OND.



atingida, com 57,1% dos 7 municípios atingidos, neste trimestre. Em AMJ (Figura 3b) a região mais atingida por granizo se deslocou para o centro-norte do RS, na região coberta pelas REDECs 2, 3 e 5, onde se concentraram 58% dos 31 municípios atingidos; neste trimestre apenas as REDECs 9 e 1 não foram atingidas. Em JAS (Figura 3c), todas as REDECs foram atingidas por granizo, destacando-se as REDECs 1, 2 e 4. Em OND (Figura 3d) a região centro-norte do RS foi a mais atingida (REDECs 2, 3, 5 e 7, onde se concentraram 89,8% dos municípios atingidos neste trimestre). Neste último trimestre apenas a região leste do RS (REDECs 1, 8, 9 e 11) não foi atingida por granizo. Portanto, observou-se que a maior ocorrência de granizo em todos os trimestres foi observada na metade norte do Estado, a região mais propícia para sua ocorrência foi o noroeste do Estado (REDECs 2, 5 e 7) e a região menos propícia foi a coberta pelas REDECs 6, 8 e 9.

Na sequência analisou-se o impacto sazonal da ocorrência de granizo entre 2004 e 2008, em função da CEDCRS ter declarado situação de emergência nos municípios atingidos (Tabela 3). As situações

de emergência são situações anormais provocadas por um evento severo, que podem gerar notórios prejuízos à comunidade afetada. A intensidade do desastre é que vai definir se a recuperação dos danos causados necessitará de auxílio e recursos municipal, estadual e/ou federal (Castro, 2003).

Pôde-se observar que entre 2004 e 2008 foi declarada situação de emergência em 113 das 161 comunicações à CEDCRS sobre a situação dos municípios atingidos por granizo (Tabela 3). Portanto, neste período a ocorrência de granizo gerou situação de emergência em 70,2% das comunicações. Cabe lembrar que no período de estudo 132 municípios distintos foram atingidos por granizo (Tabela 2), porém alguns municípios foram atingidos mais de uma vez, e, portanto, declararam sua situação mais de uma vez. Os trimestres que registraram maior número de situações de emergência foram OND e JAS, com 50 registros (44,3% das comunicações de situação de emergência) e 33 registros (29,2% das comunicações de situação de emergência), respectivamente. Este resultado também foi observado por Nedel *et al.*

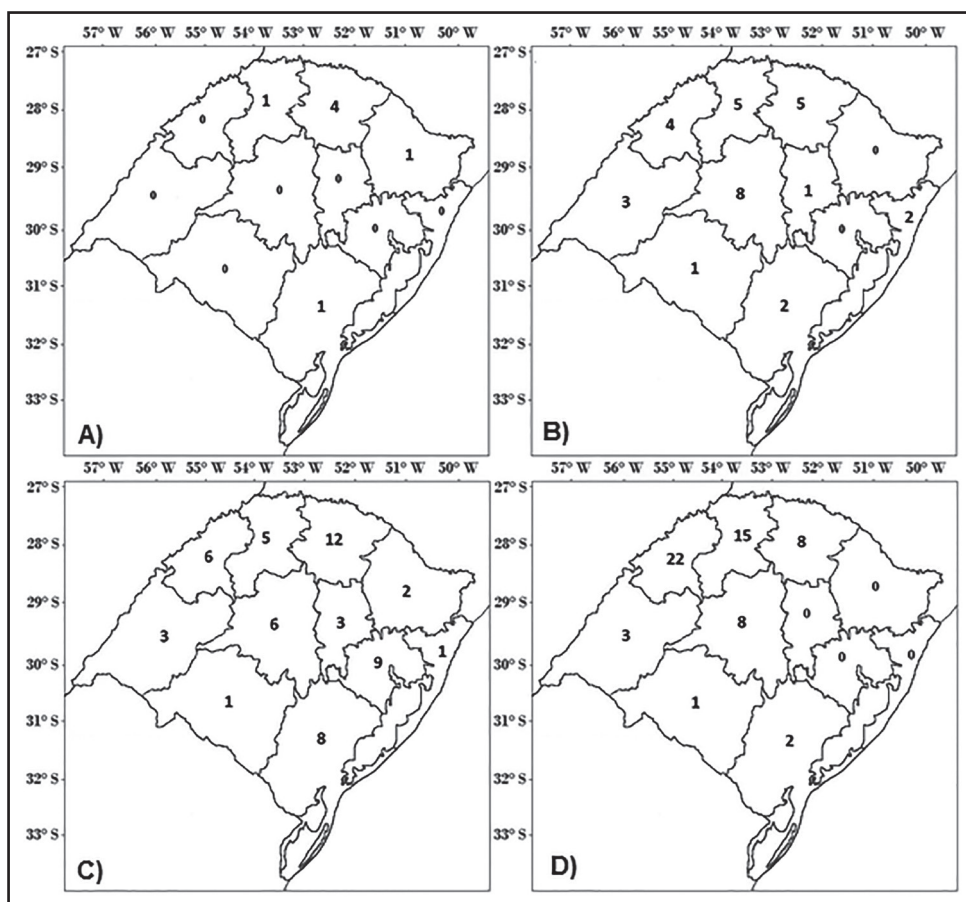


Figura 3 Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingidos por granizo entre 2004 e 2008 em cada REDEC. (A) JFM; (B) AMJ; (C) JAS e (D) OND.

(2012) que constatou em um estudo de vinte anos (1989 – 2009), que os períodos preferenciais para a ocorrência de situação de emergência gerada por granizo ocorrem principalmente nos períodos de OND e JAS.

Situação dos municípios		
Trimestre	Com registro de SE*	Sem registro de SE
JFM	7	0
AMJ	23	10
JAS	33	25
OND	50	13
Total	113	48
Contribuição(%)	70,2	29,8
*SE- Situação de Emergência		

Tabela 3 Distribuição sazonal da situação dos municípios do RS afetados por granizo de 2004 a 2008

4 Conclusões

A análise da ocorrência de eventos severos no RS e das regiões atingidas por estes mostrou que, entre 2004 e 2008, 247 eventos severos foram observados no RS e atingiram 55,6% dos municípios que compõem o Estado. Os eventos mais frequentes registrados foram vendaval e granizo e os trimestres com maior registro de ocorrência foram OND e JAS. Além disso, a região mais atingida pelos eventos severos foi a metade norte do Estado com destaque para a REDEC 2.

Com relação ao impacto do evento severo do tipo granizo, observou-se que entre 2004 e 2008, este foi o tipo de evento severo que apresentou maior frequência, atingiu maior número de municípios (mais de 47% de todos os municípios atingidos por eventos severos) e gerou situação de emergência em mais de 70% das comunicações. Observou-se ainda que os trimestres preferenciais para a ocorrência de situação de emergência gerada por granizo foram aqueles em que houve maior número de ocorrências e maior número de municípios atingidos, OND e JAS. Além disso, a região preferencial de ocorrência de granizo foi o noroeste do Estado (REDECs 2, 5 e 7).

Por possuir sua economia essencialmente voltada à agroindústria, o RS é um dos estados que mais sofre com quebra de safras causadas por eventos severos, que causam grande impacto sobre a economia local. Portanto, os resultados obtidos neste estudo mostram que o melhor conhecimento

sobre as características da distribuição sazonal dos eventos severos que atuam no RS, tais como, época mais frequente, região do Estado mais atingida, bem como os fenômenos meteorológicos a eles associados podem ajudar a minimizar os impactos por eles causados.

Além disso, pôde-se observar que granizo é um evento severo que possui grande potencial para gerar situação de emergência, que causam desde perdas na agroindústria, passando por danos às residências, podendo levar até à perda de vidas humanas. Dessa forma o melhor conhecimento sobre a ocorrência de granizo no RS é de extrema importância, pois permite a utilização, por parte dos órgãos competentes, de medidas que reduzam a vulnerabilidade aos danos causados por esse evento severo.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro.

6 Referências

- Berlato, M.A.; Fontana, D.C. & Puchalski, L. 2000. Precipitação pluvial normal e riscos de ocorrência de deficiência pluviométrica e deficiência hídrica no Rio Grande do Sul: ênfase para a metade sul do Estado. In: SEMINÁRIO SOBRE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE FRUTÍFERAS, 68, Pelotas – RS, 2000. *Anais*, Pelotas, Embrapa Clima Temperado, p. 67-81.
- Castro, A.L.C. 2003. *Manual de Desastres: desastres*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. 174 p.
- CEDCRS, 2013. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do RS. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br>>. Acesso em: 02 dez. 2013.
- Campos, C.R.J. & Eichholz, C.W. 2011. Características físicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. *Revista Brasileira de Geofísica*, 29: 331-345.
- Cotton, R.W. & Anthes, B.R. 1989. *Storm and cloud dynamics*. Academic Press, Inc. International Geophysics Series, 44: 883p.
- Durkee, J.D. & Mote, T.L. 2009. A climatology of warm-season mesoscale convective complexes in subtropical South America. *International Journal of Climatology*. 30: 418–431. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1893/pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2013.
- Eichholz, C.W. & Campos, C.R.J. 2011. Distribuição de eventos extremos de precipitação no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 6, Habana, 2011. *Anais*, Habana-Cuba, Sociedade Cubana de Meteorologia, p. 78-82.

- FEE - Fundação de Economia e Estatística, 2013. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_estado.php>. Acesso em: 25 nov. 2013.
- Figueiredo, S.A. & Calliari, L.J. 2005. Sangradouros: Distribuição espacial, Variação sazonal, Padrões morfológicos e Implicações no gerenciamento costeiro. *Gravel*, 3: 47-58.
- Grimm, A.M. 2009. Variabilidade Anual do Clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J. & DIAS, M.A.F.S. (eds.). *Tempo e clima no Brasil*. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 353-374.
- Harter, I.B. 2004. *Análise de precipitação em Pelotas - RS utilizando transformada Wavelet de Morlet*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Dissertação de Mestrado, 85p.
- Houze, R.A. 1993. Mesoscale convective systems. In: HOUZE, R.A. (ed.). *Cloud dynamics*. Academic Press, Inc, 53: 334-404.
- Knight, C.A. & Knight, N.C. 2001. Hailstorms. In: DOSWELL III, C.A. *Severe Convective Storms*. American Meteorological Society. Meteorological Monographs, 28(50): 223-249.
- Kobiyama, M.; Mendonça, M.; Moreno, D.A.; Marcelino, I.P.V.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: conceitos básicos*. Florianópolis: Editora Organic Trading, 109 p.
- Marengo, J.A.; Soares, W.R.; Saulo C. & Nicolini, M. 2004. Climatology of the Low- Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *Journal of Climate*, 17(12): 2261- 2280.
- Mattos, E.V. 2009. *Relações das propriedades físicas das nuvens convectivas com as descargas elétricas*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, INPE, Dissertação de Mestrado, 244p.
- Matzenauer, R.; Viana, D.R.; Bueno, A.C.; Maluf, J.R.T. & Carpenedo, C.B. 2007. Regime anual e estacional de chuvas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, Aracaju -SE. 2007. *Anais*, Aracaju – SE, SBA, p. 37-41.
- Nedel, A.; Sausen, T.M. & Saito, S.M. 2012. Zoneamento dos desastres naturais ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul no período 1989 – 2009: Granizo e Vendaval. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27(2): 119-126.
- Nesbitt, S.W.; Cifelli, R. & Rutledge, S.A. 2006. Storm morphology and rainfall characteristics of TRMM precipitation features. *Monthly Weather Review*, 134: 2702-2721.
- Nicolini, M.; Saulo, A.C.; Torres, J.C. & Salio, P. 2002. Enhanced precipitation over Southeastern South América related to strong low-level jet events during austral warm season. *Meteorologica, Special Issue for the South American Monsoon System*, 27: 59-69.
- Quadro, M.F.L.; Machado, L.H.R.; Calbete, S.; Batista, N.N.M. & Sampaio, G. 1996. Climatologia de Precipitação e Temperatura. In: NOBRE, C.A. (ed.). *Climanálise Especial - Edição Comemorativa de 10 anos*. MCT/ INPE/CPTEC. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman1/boletim/cliesp10a/chuesp.html>>. Acesso em: 25 out. 2013.
- Salio, P.; Nicolini, M. & Saulo, A.C. 2002. Chaco Low Level Jet Events Characterization during the Austral Summer Season. *Journal Geophysical Research*, 107(D24): 4816, 10.1029/2001JD001315.
- Sakamoto, M.S. 2009. *Sistemas Convectivos de Mesoescala observados na Região Subtropical da América do Sul durante o SALLJEX*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 243p.
- Satyamurty, P.; Nobre, C.A. & Silva Dias, P.L. 1998. South America. In: *Meteorology of the Southern Hemisphere*. Boston: A.M.S., 27: 119-139.
- Siqueira, J.R. & Machado, L.A.T. 2004. Influence of the Frontal Systems on the Day-to- Day Convection Variability over South America. *Journal of Climate*, 17: 754- 1766.
- Sugahara, S.; Rocha, R.P. & Rodrigues, M.L. 1994. Condições atmosféricas de grande escala associadas a jato de baixos níveis na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, Belo Horizonte-MG, 1994. *Anais*, Belo Horizonte, SBMet, v. 2, p. 573-577.
- Torres, J.C. 2003. *Sistemas convectivos en mesoescala altamente precipitantes en El norte y centro de Argentina*. Programa de Pós-graduação em Ciências, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade de Buenos Aires, Tese de doutorado, 130p.
- Velasco, I. & Fritsch, J.M. 1987. Mesoscale convective complexes in the Americas. *Journal Geophysical Research*, 92: 9591-9613.
- Viana, D.R.; Aquino, F.E. & Muñoz V.A. 2009. Avaliação de desastres no Rio Grande do Sul associados a Complexos Convectivos de Mesoescala. *Revista Sociedade & Natureza*, 21(2): 91-105.
- Vila, D.A. 2004. *Sistemas convectivos precipitantes de mesoescala sobre Sudamerica: Ciclos de vida y circulación en gran escala asociada (Rainy mesoscale convective systems over South America: Life cycle and the associated large scale environment)*. Programa de Pós-graduação em Ciências, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade de Buenos Aires, Tese de doutorado, 132p.
- Wallace, J.M. & Hobbs, P.V. 2006. *Atmospheric science: an introductory survey*. Academic Press-Inc, 2 ed. 365 p.
- Zipser, E.J.; Liu, C.; Cecil, D.J.; Nesbitt, S.W. & Yorty, D.P. 2006. Where are the Most Intense Thunderstorms on Earth? *Bulletin of American Meteorological Society*, 87: 1057–1071.