



Eventos Severos Que Afetaram o Rio Grande do Sul em 2009
Severe Events Affecting Rio Grande do Sul in 2009

Marco Alves¹; Cláudia Rejane Jacondino de Campos² & Anderson Spohr Nedel²

¹Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Atmosféricas IAG/USP, 3386, 05508-090, São Paulo, 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: marco.alvarenga.alves@gmail.com; cjc Campos@ufpel.edu.br; asnedel@gmail.com

Recebido em: 15/10/2015 Aprovado em: 19/04/2016

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2016_2_98_107

Resumo

Neste estudo analisou-se a distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de Eventos Severos no Rio Grande do Sul em 2009 (ES), as regiões atingidas por estes ES, o impacto do ES que apresentou maior frequência diária e que atingiu o maior número de municípios. Utilizaram-se dados de ocorrência diária de ES e municípios atingidos por estes (MA_{ES}), do período de 01/01/2009 a 31/12/2009, obtidos no banco de dados da CEDCRS (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul). Os resultados mostraram que: houve ocorrência de ES em ~26% dos dias de 2009; ~61% dos municípios que compõem o Rio Grande do Sul foram atingidos por ES em 2009; e que a região mais atingida foi o Noroeste Rio-grandense. Observou-se ainda que, a maior ocorrência de ES e MA_{ES} em OND (Out., Nov., Dez.) deveu-se às condições atmosféricas sazonais características da região associadas à atuação do El Niño moderado. Em 2009, vendaval foi o ES que apresentou maior frequência diária; atingiu maior número de municípios; gerou situação de emergência em ~94% das ocorrências; atingiu mais de 100 mil pessoas e casou danos na agricultura em ~22% dos municípios atingidos. Além disso, o trimestre e a região do Rio Grande do Sul mais afetada por vendaval neste ano foram OND e Noroeste Rio-Grandense, respectivamente.

Palavras-chaves: Eventos severos; defesa civil; vendaval; El Niño

Abstract

In this study was analyzed the seasonal distribution of the number of days with severe events occurred in Rio Grande do Sul in 2009 (SE_{RS}), the regions affected by these SE_{RS} , the impact of the SE_{RS} which has presented the highest daily frequency, and has reached the greatest number of municipalities. Data of SE_{RS} daily occurrence and municipalities affected by these SE_{RS} (MA_{SE}) from 01/01/2009 to 12/31/2009, obtained from CEDCRS (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul) database, were used. The results showed that: there were occurrences of SE_{RS} in ~26% of the days in 2009; ~61% of the Rio Grande do Sul municipalities were hit by SE in 2009, and the worst-hit region was the Northwestern Rio-Grandense. We also observed that the higher occurrence of SE_{RS} and MA_{SE} in OND (Oct., Nov., Dec.) was due to seasonal atmospheric conditions characteristics of the region associated to the role of a moderated El Niño. In 2009, the windstorm was the SE that showed the highest daily frequency; reached the highest number of municipalities; generated emergency situation in ~94% of occurrences; reached more than 100 thousand people, and caused agriculture damage in ~22% of the municipalities affected. In addition, the quarter and the Rio Grande do Sul region most affected by windstorm in 2009 were OND and Northwest Rio-Grandense, respectively.

Keywords: Severe events; civil defense; windstorm; El Niño

1 Introdução

Os episódios de desastres desencadeados por fenômenos meteorológicos severos, também denominados Eventos Severos (ES), causam sérios impactos sociais e econômicos nas regiões onde atuam (CEDCRS, 2014). Estes ES ocorrem associados a diversos tipos de sistemas meteorológicos independentemente de sua escala espaço-temporal. Normalmente, os ES potencialmente danosos, como por exemplo: vendaval, enxurrada, enchente, granizo, entre outros (Kobiyama *et al.*, 2006), são desencadeados por tempestades severas e dependem das condições atmosféricas, principalmente em escala sinótica (Marcelino, 2003). No sul do Brasil a precipitação e os ES estão associados principalmente a dois tipos de sistemas meteorológicos: Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e Sistemas Frontais (SF), que contribuem fortemente para a intensificação da convecção na região (Siqueira, 2004) e, portanto, para a distribuição da precipitação e formação de ES. Os SCM na região Sul ocorrem durante todo o ano, sendo mais frequentes de outubro a março (Silva Dias *et al.*, 2009). Por outro lado, os SF que também atuam sobre o sul do Brasil durante todo o ano, são mais frequentes nos meses de junho a setembro (Harter, 2004; Cavalcanti & Kousky, 2009).

Embora a distribuição sazonal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul (RS) seja bastante uniforme (Berlato, 1992), vários estudos mostram que esta apresenta uma variabilidade espacial significativa, com totais anuais de precipitação na Metade Norte do estado (MN - norte de 30°S) superiores aos registrados na Metade Sul (MS - sul de 30°S) (Berlato *et al.*, 2000; Matzenauer *et al.*, 2007). Além disso, segundo Grimm *et al.* (2000), a variabilidade interanual da precipitação em toda a região Sul do Brasil está relacionada a fenômenos de circulação atmosférica, tanto em escala regional quanto global. Dentre os fenômenos de grande escala que alteram a circulação global e os padrões de precipitação em diversas partes do globo, pode-se citar o fenômeno climático ENOS (El Niño-Oscilação Sul). Diversas pesquisas (Fontana & Berlato, 1997; Diaz *et al.*, 1998; Grimm *et al.*, 2000) demonstraram que existe no sul do Brasil um evidente sinal de variabilidade climática relacionado com o fenômeno ENOS, ou seja, os episódios quentes (El Niño -

EN) estão relacionados com a precipitação pluvial acima da normal e os episódios frios (La Niña - LN), relacionados à diminuição da precipitação pluvial no Rio Grande do sul. Portanto, o ENOS além de influenciar a distribuição da precipitação também pode influenciar a ocorrência de ES no Rio Grande do Sul.

Como o Rio Grande do Sul tem sua economia em grande parte voltada para a agricultura, ou seja, à produção e exportação de alimentos, condições meteorológicas adversas são um dos fatores que mais preocupam governo e produtores. Isso porque o Rio Grande do Sul é um dos estados que mais sofre com a quebra de safras agrícolas causadas por ES, que geram grandes prejuízos à economia, incluindo danos à infraestrutura dos municípios, ao meio ambiente e até perda de vidas humanas (CEDCRS, 2014; ASERS, 2014).

Devido ao grande potencial destrutivo e à frequência de ocorrência relativamente comum de ES no Rio Grande do Sul (ES), o estudo dos ES que atingem o estado tem grande importância, uma vez que um melhor conhecimento do comportamento destes eventos pode ajudar a minimizar os danos causados por eles nesta região.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ES em 2009 e as regiões atingidas por estes. Analisou-se também o impacto do ES que apresentou maior frequência diária e atingiu o maior número de municípios neste ano. O ano de 2009 foi escolhido para este estudo por ter apresentado um número elevado de registros de ES comparado aos anos de 2004 a 2008 (CEDCRS, 2014) e também por ter sido um ano em que houve o estabelecimento do fenômeno ENOS nas suas fases fria (JFM), neutra (AMJ) e quente (JAS e OND) (Climanálise, 2009).

2 Materiais e Métodos

Neste estudo foram utilizados dados de ocorrência diária de ES e municípios do Rio Grande do Sul atingidos por estes (MA_{ES}), no período de 01/01/2009 a 31/12/2009, obtidos no banco de dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul (CEDCRS). Dentre todos os registros de ES notificados pela CEDCRS no

período de estudo, foram selecionados os eventos do tipo: alagamento (águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos, devido à fortes chuvas, CEDCRS, 2014), enchente (aumento do nível dos rios além de sua vazão normal, sem que haja o transbordamento destes, devido à ocorrência de chuvas intensas Kobiyama *et al.*, 2006), inundação (aumento do nível dos rios além de sua vazão normal, que gera o transbordamento destes, devido a chuvas intensas, Castro, 2003), enxurrada (inundação brusca devido a chuvas intensas e concentradas, Kobiyama *et al.*, 2006), granizo, granizo/vendaval (ocorrência simultânea dos dois ES), e vendaval (deslocamento intenso de ar na superfície terrestre devido, principalmente, às diferenças no gradiente de pressão atmosférica, aos movimentos descendentes e ascendentes do ar e a rugosidade do terreno, correspondem ao número 10 da Escala de Beaufort, compreendendo ventos cujas velocidades variam entre 88 a 102 km/h, Castro, 2003), os quais estão associados à atuação de SCM e SF na região.

Para a seleção dos dados foi criada uma planilha eletrônica com as seguintes informações: data de ocorrência do ES, tipo de ES observado e MA_{ES} . Após essa seleção os dados 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, verificou-se a distribuição sazonal da ocorrência diária dos ES e do número de MA_{ES} . Para contabilizar o número de dias com ocorrência de ES primeiramente computou-se o total de dias em cada trimestre com ocorrência de cada um dos tipos de ES observados. Em seguida, computou-se o total trimestral de dias distintos com ocorrência de todos ES observados no período, isto é, quando em um mesmo dia, de um mesmo trimestre, houve ocorrência de mais de um tipo de ES, este dia foi contado apenas uma vez. Por fim, contabilizou-se o total de dias distintos com ocorrência de todos os ES observados no período, somando-se os totais trimestrais de dias distintos com ocorrência de todos ES observados no período, calculados anteriormente.

Para contabilizar o número de MA_{ES} primeiramente contabilizou-se o total de municípios

distintos atingidos em cada trimestre por cada um dos tipos de ES observados, ou seja, quando um município foi atingido pelo mesmo tipo de ES mais de uma vez no mesmo trimestre, este foi contabilizado apenas uma vez. Em seguida, computou-se o total no período de municípios distintos atingidos por cada um dos tipos de ES observados, isto é, quando um município foi atingido pelo mesmo tipo de ES em trimestres distintos, este foi computado apenas uma vez. Na sequência, contou-se o total trimestral de municípios distintos atingidos por todos os ES observados, isto é, quando um município foi atingido por mais de um tipo de ES no mesmo trimestre, este foi computado apenas uma vez. E por fim, contabilizou-se o total no período de municípios distintos atingidos por todos os ES observados, ou seja, quando um município foi atingido por qualquer um dos tipos de ES observados em mais de um trimestre, este foi registrado apenas uma vez.

Na sequência, analisou-se a distribuição geográfica sazonal das regiões atingidas pelos ES separando-se os MA_{ES} dentro das sete mesorregiões que compreendem o Rio Grande do Sul (IBGE, 2014). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma mesorregião é classificada dentro de uma unidade federativa, segundo o processo social, como determinante; o quadro natural, como condicionante, e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial. Desta forma, cada mesorregião tem uma identidade regional, construída pela sociedade que a formou ao longo dos anos. No Rio Grande do Sul existem sete mesorregiões, sendo elas: Centro Ocidental Rio-Grandense, Centro Oriental Rio-Grandense, Metropolitana de Porto Alegre, Nordeste Rio-Grandense, Noroeste Rio-Grandense, Sudeste Rio-Grandense e Sudoeste Rio-Grandense (Figura 1).

Por fim, se analisou as mesorregiões do Rio Grande do Sul atingidas por vendaval (ES que apresentou maior frequência diária e atingiu maior número de municípios em 2009) e o impacto deste ES no Rio Grande do Sul a partir de informações disponibilizadas na página da CEDCRS. Foi verificado o impacto deste ES em função:

i) de a CEDCRS ter declarado situação de emergência (SE) nos municípios atingidos. Para isso contabilizou-se sazonalmente essas declarações para

cada caso de vendaval detectado. Como no período de estudo houve municípios que foram atingidos mais de uma vez por vendaval, estes declararam sua situação mais de uma vez, sendo então consideradas todas as declarações para a análise dos resultados;

ii) do número de pessoas atingidas. Para essa análise contabilizou-se sazonalmente o número de pessoas atingidas em cada declaração de ocorrência de vendaval; e

iii) do número de municípios com registro de danos causados à agricultura. Para cada declaração de vendaval, quando um município declarou ter sofrido danos em zonas rurais com áreas de cultivos, esse foi contabilizado como um município com dano na agricultura.

Também foram utilizadas informações sobre as principais condições atmosféricas sazonais que atuaram em 2009 e que influenciaram o Rio Grande do Sul, obtidas do Boletim Climanalise (Climanalise, 2009) para ajudar na discussão dos resultados.

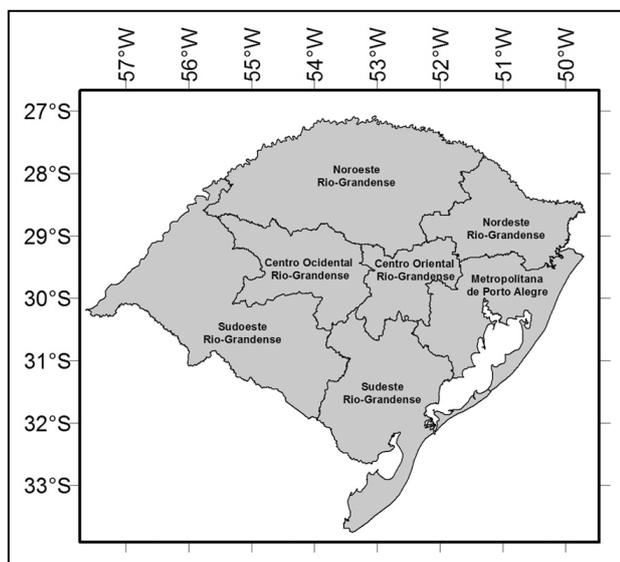


Figura 1 Distribuição geográfica das mesorregiões do Rio Grande do Sul. Fonte: IBGE (2014).

3 Resultados e Discussão

3.1 ES e Regiões do Rio

Grande do Sul Atingidas em 2009

A análise da distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ES em 2009 (Tabela 1) mostra que houve 95 dias distintos com ocorrência de ES, ou seja, em 26% dos 365 dias deste ano

houve ocorrência de ES. Dentre todos os tipos de ES analisados neste estudo, os mais frequentes foram: vendaval (58 dias), enxurrada (47 dias) e enchente (33 dias), seguidos de granizo (25 dias), inundação (11 dias), granizo/vendaval (4 dias) e alagamento (1 dia). Observou-se também que em todos os períodos do ano houve dias com ocorrência de ES, porém, OND foi o trimestre que apresentou o maior número de dias com ocorrência destes eventos (~50% - 47 dias), seguido de JFM (~26% - 25 dias), JAS (~23% - 22 dias) e AMJ (~1% - 1 dia).

Pode-se notar que, no primeiro semestre de 2009 (JFM e AMJ) houve menor frequência diária de ES (~27% do total) do que no segundo semestre (JAS e OND ~73% do total). Vale ressaltar que em JFM estava atuando o fenômeno LN, que desde o ano anterior influenciou a ocorrência de um grande período de estiagem no Estado. Em AMJ houve a transição entre LN e EN e a condição de neutralidade foi observada. Assim, a intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul associada à predominância de anomalias positivas de pressão ao nível do mar sobre a América do Sul em JFM e o posicionamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul mais ao norte em AMJ, foi desfavorável à formação e ao deslocamento de SCM e SF sobre a região Sul do Brasil. Por conta disso, não houve condições favoráveis para a ocorrência de muitos ES e nem de grandes volumes de chuva na região durante estes períodos (Climanalise, 2009; Seluchi, 2009). Apesar disso, JFM é o trimestre em que normalmente há maior convecção no Rio Grande do Sul, devido ao maior aquecimento da superfície, gerado pela disponibilidade energética provida pelo Sol, e ao aporte de umidade para dentro do continente, que tendem a instabilizar a atmosfera. Essa maior convecção, normal nesta época do ano, favorece a formação de SCM e SF que contribuem fortemente para a precipitação total e também para a ocorrência de maior número de ES na região (Grimm, 2009). Por essa razão, no primeiro semestre de 2009, JFM foi o trimestre que apresentou maior frequência diária de ES.

Por outro lado, durante o segundo semestre de 2009 estava atuando sobre o Oceano Pacífico Equatorial, o fenômeno EN (moderado), que favoreceu a ocorrência de ES relacionados à SCM e SF, contribuindo assim para a maior frequência diária de ES neste semestre, principalmente em OND. Em

conjunto com a atuação do fenômeno EN, neste semestre, houve intensificação do Jato Subtropical de Altos Níveis (devido ao fortalecimento dos ventos de oeste), incursão de SF sobre o Rio Grande do Sul, a atuação mais intensa do Jato de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes e a presença de cavados em média e alta troposfera que favoreceram precipitação intensa e as ocorrências de ES (Climanálise, 2009). Sabe-se que durante a atuação do fenômeno EN ocorre um fortalecimento da circulação de Hadley, que passa a transportar mais momento angular absoluto colaborando para a ocorrência de jatos subtropical fortes. Com esta intensificação dos jatos, os SF transientes em superfícies que atuam sobre a região Sul do Brasil também são intensificados e bloqueados nesta região, causando elevados volumes de precipitação e também ocorrência de ES (Rao & Hada, 1990; Marcelino *et al.*, 2004). Portanto, a maior frequência diária de ES em OND de 2009 deveu-se às condições atmosféricas de grande escala atuantes na região e à maior convecção normalmente observada neste trimestre no Rio Grande do Sul (assim como em JFM, períodos quentes do ano) que favoreceram a formação de ES. Em JAS, além das características do ambiente observadas no segundo semestre de 2009, tinha-se ainda as condições baroclínicas no Rio Grande do Sul que são mais intensas normalmente, devido ao maior gradiente latitudinal de temperatura neste trimestre. Neste caso, as ondas baroclínicas nos ventos de oeste, normalmente mais intensos neste trimestre, produzem maior convergência de umidade, favorecendo a ciclogênese e a maior penetração no Rio Grande do Sul de SF mais intensos nesta época do ano, que favorecem a ocorrência de precipitação e de ES na região (Grimm, 2009).

Eventos	JFM	AMJ	JAS	OND	Total *
Vendaval	11	1	11	35	58
Enxurrada	11	0	4	32	47
Enchente	2	0	9	22	33
Granizo	6	0	9	10	25
Inundação	0	0	1	10	11
Granizo/Vendaval ⁽¹⁾	2	0	2	0	4
Alagamento	0	0	0	1	1
Total **	25	1	22	47	95***

Tabela 1 Distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ES em 2009.

⁽¹⁾ Ocorrência simultânea dos dois eventos.

* Total de dias distintos atingidos por cada um dos tipos de ES.

** Total trimestral de dias distintos atingidos por todos os ES.

*** Total de dias distintos atingidos por todos os ES.

Quando se analisou a distribuição sazonal do número de municípios atingidos pelos ES (MA_{ES}) em 2009 (Tabela 2) pôde-se notar que o total de municípios atingidos, nos 95 dias distintos de ocorrência de ES registrados pela CEDCRS em 2009, foi 304. Estes 304 municípios distintos atingidos correspondem a ~61% dos 496 municípios que compõem o Rio Grande do Sul (FEE, 2014). Observou-se ainda que em 2009 os ES que afetaram o maior número de municípios foram: vendaval (138 municípios), enxurrada (116 municípios) e enchente (60 municípios), seguidos por granizo (46 municípios), inundação (12 municípios), granizo/vendaval (4 municípios), alagamento (1 município). Quando se analisou a distribuição sazonal dos MA_{ES} em 2009 (Tabela 2) pôde-se notar que estes são observados em todos os períodos do ano. No entanto, a maior parte dos MA_{ES} foi observada em OND (255 municípios), seguido por JAS (72 municípios), JFM (40 municípios) e AMJ (1 município).

Portanto a análise conjunta das Tabelas 1 e 2 mostra que o número de MA_{ES}, pode estar relacionado tanto à frequência diária de ocorrência dos ES, como também à intensidade dos ES. Por essa razão, o maior número de municípios atingidos em JAS em relação à JFM, apesar de ter registrado menor ocorrência diária de ES, pode ser um indicativo de que os ES observados em JAS, que são normalmente gerados pela interação de SCM e SF (mais comuns em 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) (Campos *et al.*, 2007; Siqueira & Marques, 2008).

Em seguida, analisou-se a distribuição geográfica sazonal do número de municípios do Rio

Eventos	JFM	AMJ	JAS	OND	Total*
Vendaval	13	1	28	112	138
Enxurrada	14	0	7	101	116
Enchente	3	0	18	47	60
Granizo	10	0	24	16	46
Inundação	0	0	1	11	12
Granizo/Vendaval	2	0	2	0	4
Alagamento	0	0	0	1	1
Total trimestral **	40	1	72	255	304***

Tabela 2 Distribuição sazonal do número de municípios atingidos por ES em 2009.

⁽¹⁾ Ocorrência simultânea dos dois eventos.

* Total de municípios distintos atingidos por cada um dos tipos de ES.

** Total trimestral de municípios distintos atingidos por todos os ES.

*** Total de municípios distintos atingidos por todos os ES.

Grande do Sul atingidos por todos os tipos de ES em 2009, em cada mesorregião (Figura 2). Pôde-se notar que o Noroeste Rio-Grandense foi a região mais atingida em todos os trimestres e que em JFM, JAS e OND, todas as mesorregiões do Rio Grande do Sul foram afetadas por ES em 2009. Outra observação interessante é que em todos os trimestres de 2009 a MN (Norte de 30°S) do Rio Grande do Sul foi mais atingida pelos ES. A maior concentração de municípios na MN do estado (onde se localizam ~ 87% do total de municípios do Rio Grande do Sul, ou seja, 432 municípios) faz com que seja esperado que a maioria dos MA_{ES} se localize também nessa região. Outro fator que pode influenciar a ocorrência de maior número de MA_{ES} nessa porção do Estado é a maior quantidade de precipitação nela registrada devido a sua topografia mais acidentada quando

comparada à MS (Sul de 30°S), o que tende a gerar maior ocorrência de ES. Alguns autores relatam que apesar de o relevo regional não interferir a ponto de criar grandes variações na pluviometria anual do Rio Grande do Sul, sua influência é sentida, uma vez que na MN chove mais do que na MS (Berlato *et al.*, 2000; Matzenauer *et al.*, 2007). Além disso, a MN do Rio Grande do Sul 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 ES (Velasco & Fritsch, 1987; Durkee & Mote, 2009; Sakamoto, 2009; Vargas Jr *et al.*, 2012). Portanto, justifica-se porquê esta porção do estado é a mais atingida por ES.

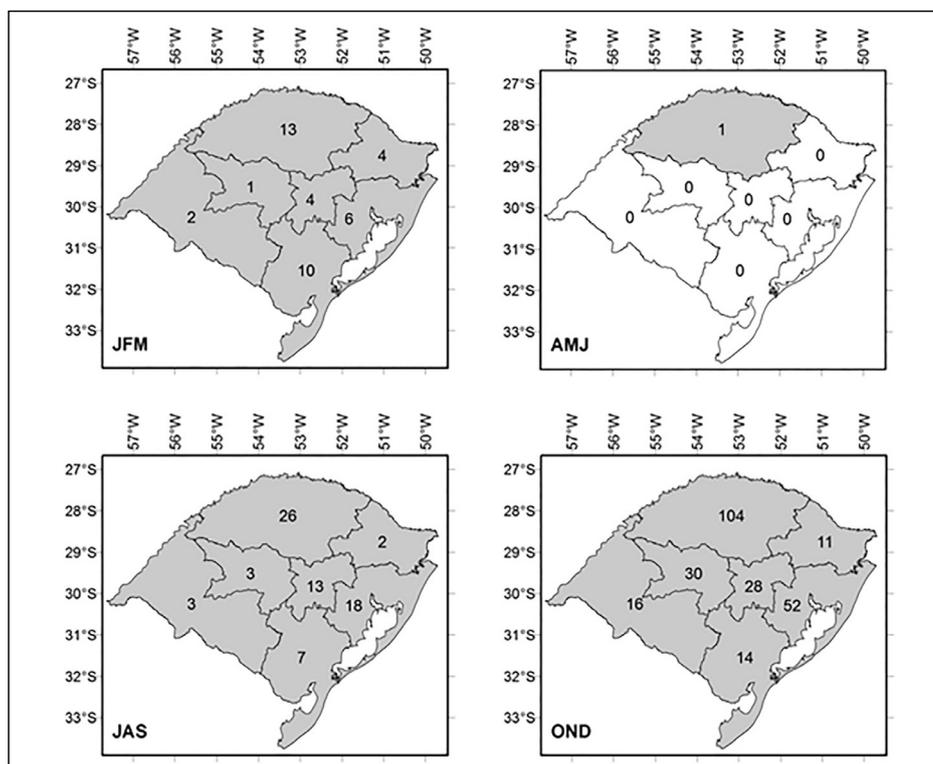


Figura 2 Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do Rio Grande do Sul atingidos por todos os tipos de ES em 2009, em cada mesorregião: JFM, AMJ, JAS e OND.

3.2 Impacto da Ocorrência de Vendaval no Rio Grande do Sul em 2009

Com um total de 58 dias de ocorrência (que correspondem a ~61% das ocorrências de ES em 2009, Tabela 1) e 138 municípios atingidos (que correspondem a ~45% dos MA_{ES}, Tabela 2), o ES do tipo vendaval foi o evento que apresentou maior ocorrência diária e atingiu o maior número de

municípios em 2009. A maior frequência de vendaval no Rio Grande do Sul, que também foi observada por outros autores (Viana *et al.*, 2009; Vargas Jr. *et al.*, 2011, Rasera & Campos, 2013), deve-se ao fato que, na região sul do Brasil em comparação à outras regiões observa-se condições baroclínicas mais intensas (Cavalcanti *et al.*, 2009) e, portanto forte cisalhamento vertical do vento, que favorece a formação de tempo severo, cuja definição tradicional

inclui a ocorrência de vendaval. Por isso, a região sul do Brasil, e mais especificamente o Rio Grande do Sul, é bastante favorável à ocorrência deste tipo de ES, uma vez que as tempestades convectivas tendem a tornarem-se severas (com ocorrência de vendaval) quando se desenvolvem sob condição de forte cisalhamento vertical do vento. Por esta razão, o comportamento sazonal do número de dias com ocorrência de vendaval em 2009, bem como os municípios do Rio Grande do Sul atingidos por este ES foi analisado.

Analisando a Tabela 1, pôde-se observar que vendaval apresentou maior ocorrência diária nos períodos quentes do ano (~79% das ocorrências: OND - ~60% e JFM - ~19%) do que nos períodos frios (~21% das ocorrências: AMJ - ~2% e JAS - ~19%). O mesmo comportamento foi observado com relação aos municípios do Rio Grande do Sul atingidos por vendaval em 2009 (Tabela 2), ou seja, as 58 ocorrências diárias de vendaval atingiram maior número de municípios nos períodos quentes do ano (OND e JFM, 125 municípios – 118 municípios distintos atingidos) do que nos períodos frios (AMJ e JAS, 29 municípios distintos atingidos).

Analisando a distribuição geográfica sazonal do número de municípios do Rio Grande do Sul atingidos por vendaval em 2009, em cada mesorregião do Rio Grande do Sul, pode-se observar que em JFM (Figura 3 - JFM) a mesorregião mais afetada foi a Noroeste Rio-Grandense, seguida pela Nordeste Rio-Grandense. Em AMJ (Figura 3 - AMJ) houve apenas uma ocorrência de vendaval no Rio Grande do Sul na mesorregião Nordeste Rio-Grandense. Em JAS (Figura 3 - JAS), a mesorregião Noroeste Rio-Grandense também foi a mais atingida, seguida pela Metropolitana de Porto Alegre e Centro Oriental Rio-Grandense. No último trimestre de 2009 (Figura 3 - OND) todas as mesorregiões foram atingidas por vendaval, sendo que as mais atingidas foram a Noroeste Rio-Grandense, seguida pela Metropolitana de Porto Alegre, Centro Ocidental Rio-Grandense e Centro Oriental Rio-Grandense. Portanto, observou-se que a maior ocorrência de vendaval em todos os trimestres de 2009 foi observada na MN do estado.

Ao analisar as características topográficas dos municípios afetados por vendaval pôde-se notar que estes estavam localizados em regiões que apresentam relevo acidentado, principalmente na

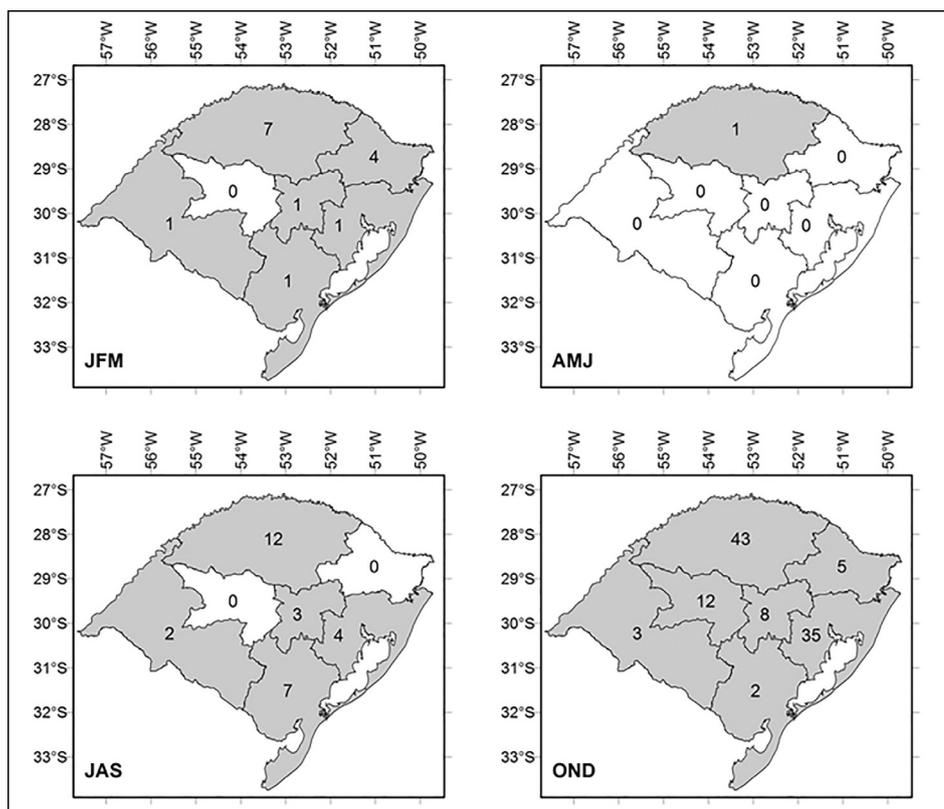
MN, onde a topografia pode chegar a mais de 990 m de altura (ASERS, 2014). Conforme mencionado anteriormente, o predomínio de vendaval no Rio Grande do Sul pode estar relacionado com a frequente passagem de SF, SCM, ciclones extratropicais, entre outros sistemas meteorológicos, que podem causar vendavais intensos. Isso porque esses sistemas amplificam as diferenças no gradiente de pressão atmosférica que influenciam no deslocamento intenso do ar, principalmente em regiões com relevo acidentado, como é o caso da MN do Rio Grande do Sul (Cavalcanti *et al.*, 2009).

Na sequência analisou-se o impacto sazonal dos ES do tipo vendaval, que ocorreram em 2009, em função: de a CEDCRS ter declarado situação de emergência (SE) nos municípios atingidos; do número de pessoas atingidas; e do número de municípios com registro de danos causados à agricultura (Tabela 3).

Pode-se observar na Tabela 3 que foi declarada SE em 145 das 154 comunicações à CEDCRS sobre a situação dos municípios atingidos por vendaval em 2009. Portanto, neste ano a ocorrência de vendaval gerou SE em ~94% das comunicações. O trimestre que registrou maior número de comunicações de SE foi OND com 109 registros (~75% das comunicações de SE). As situações de emergência são situações anormais provocadas por um ES, que podem gerar notórios prejuízos, com danos reparáveis (ou irreparáveis) pela 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). De acordo com Reckziegel (2007), no período de 1980 a 2005 foram registradas 4.812 ocorrências de desastres naturais em municípios do Rio Grande do Sul associados à dinâmica da atmosfera. Destas ocorrências a maior parte foi de eventos de estiagem (2.836), seguidos pelas ocorrências de vendaval (1.344). Ainda, de acordo com este autor há um aumento na intensidade dos impactos provocados pelos ES, que pode ser explicado pela interação entre as atividades socioeconômicas e o ambiente natural, de modo que a vulnerabilidade está intimamente relacionada com o crescente processo de marginalização social e um ambiente natural deteriorado.

Analisando o número de decretos de SE nos períodos quentes e frios de 2009, observa-se que nos

Figura 3 Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingido por vendaval em 2009, em cada mesorregião do Rio Grande do Sul: JFM, AMJ, JAS e OND



Trimestres	Situação dos Municípios		Pessoas atingidas	Municípios com danos na agricultura
	com SE*	sem SE*		
JFM	11	2	8.724	3
AMJ	1	0	0	0
JAS	24	4	10.355	1
OND	109	3	81.805	27
Total parcial	145	9	-	-
Total	154		100.884	30

Tabela 3 Distribuição sazonal da situação dos municípios, do número de pessoas atingidas e do número de municípios com registro de danos causados à agricultura atingidos por vendaval em 2009.
 *SE- Situação de Emergência

períodos quentes (JFM e OND - ~83% dos decretos de SE) houve maior número de registros do que nos períodos frios (AMJ e JAS - 17,2 dos decretos de SE). Este resultado também foi observado por Nedel *et al.* (2012) que constatou em um estudo de vinte anos (1989 – 2009) que os períodos preferenciais para a ocorrência de SE geradas por vendavais ocorre principalmente nos períodos de OND e JFM

(períodos quentes). Estes autores observaram que, o ano de 2009 foi o que apresentou a maior ocorrência de vendavais no período entre 1989 a 2009, e que a maioria dos decretos de SE foi registrada nos meses de novembro e outubro, quando o Rio Grande do Sul estava sob a influência de EN moderado (Climanálise, 2009).

Observou-se também que em 2009 a ocorrência de vendaval no Rio Grande do Sul atingiu 100.884 pessoas. OND foi o trimestre com maior número de pessoas afetadas (81.805 pessoas – 81,09% do total), seguido pelos trimestres JAS (10.355 pessoas – ~10% do total) e JFM (8.724 pessoas – ~9% do total). Destaca-se que, na única ocorrência de vendaval no trimestre AMJ não houve registro de danos a nenhuma pessoa.

Por fim analisou-se o número de municípios atingidos por vendaval em 2009 que registraram danos na agricultura (Tabela 3 e Figura 4). Pode-se notar que 30 municípios distintos registraram danos na agricultura em 2009, correspondendo a ~22% de todos os municípios atingidos por vendaval neste ano (138 municípios). Ressalta-se que um mesmo município da MN registrou danos na agricultura em

JFM e OND devido à ocorrência de vendaval, por isso o total de municípios distintos é 30. Observou-se ainda que em 2009, ~60% dos 30 municípios atingidos estavam localizados na mesorregião Noroeste Rio-Grandense e que apenas duas mesorregiões do Rio Grande do Sul não registraram danos na agricultura, devido à ocorrência de vendaval: Sudoeste Rio-grandense e Nordeste Rio-grandense (Figura 4). Observou-se também (Tabela 3) que, o trimestre mais atingido foi OND (27 municípios), seguido por JFM (3 municípios) e JAS (1 município).

Portanto, pôde-se observar que em 2009, vendaval foi o ES que apresentou maior frequência diária, atingiu maior número de municípios, gerou SE em ~94% das comunicações, atingiu mais de 100 mil pessoas e casou danos na agricultura em ~22% dos municípios atingidos. Observou-se ainda que o trimestre e a região do Estado mais afetados por vendaval foram OND e MN, respectivamente.

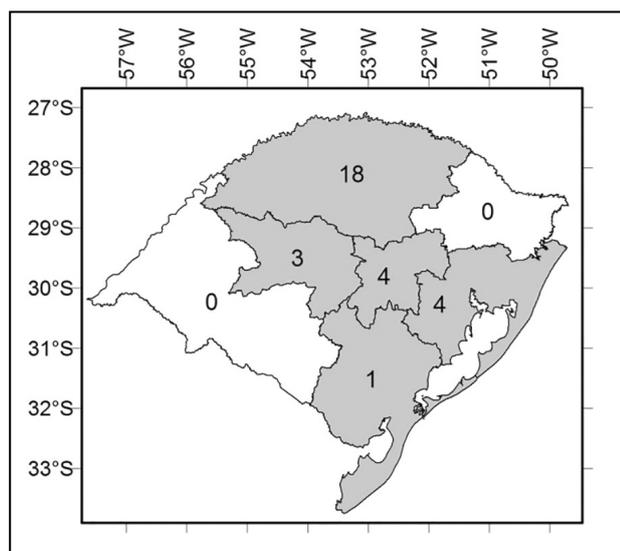


Figura 4 Distribuição geográfica do número de municípios atingidos por vendaval em 2009, que registraram danos na agricultura em cada mesorregião do Rio Grande do Sul.

4 Conclusões

A análise do número de dias com ocorrência de ES no Rio Grande do Sul em 2009 e das regiões atingidas por estes, mostrou que: em 26% dos dias deste ano houve ocorrência de ES; 61,3% dos municípios que compõem o Rio Grande do Sul foram atingidos por ES em 2009 e que a região mais atingida foi a MN do estado com destaque para o Noroeste Rio-grandense. Além disso, a maior ocorrência de

ES no segundo semestre de 2009, especialmente em OND, deveu-se às condições atmosféricas sazonais características da região associadas à atuação do fenômeno ENOS na sua fase quente (EN moderado).

Com relação ao impacto do ES do tipo vendaval, observou-se que em 2009, este foi o ES que apresentou maior frequência diária; atingiu maior número de municípios; gerou SE em ~94% das comunicações; atingiu mais de 100 mil pessoas e causou danos na agricultura em ~22% dos municípios atingidos. Observou-se ainda que, o trimestre e a região do estado mais afetada por vendaval neste ano foram OND e MN (Noroeste Rio-Grandense), respectivamente.

Portanto, os resultados obtidos neste estudo mostram que o melhor conhecimento sobre as características da distribuição sazonal dos ES que atuam no Rio Grande do Sul, 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 ele causados.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro.

6 Referências

- ASERS. Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SCP/Deplan. 2014 Disponível em: <http://www1.seplag.rs.gov.br/atlas/#>. Acesso em: 9 jan. 2014.
- Berlato, M.A. 1992. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; CUNHA, G.R.; SANTOS, M.L.V.; FARIAS, J.R.B. & BARNI, N.A. *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: UFRGS, p.11-23.
- 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. *Resumos expandidos*, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 67-81.
- Campos, C.R.J.; Pinto, L.B. & Eichholz, C.W. 2007. Condições de tempo severo observadas no RS entre 2003 e 2006 que causaram prejuízos à agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, Aracajú SE, 2007. *Resumos expandidos*, Aracajú: SBA, v. 1, p. 53-56.
- Castro, A.L.C. 2003. *Manual de Desastres: desastres*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. 174 p.

- Cavalcanti, I.F.A.; Ferreira, N.J.; Silva, M.G.A.J. & Silva Dias, M.A.F. *Tempo e clima no Brasil*. 1ªed. São Paulo: Oficina de Texto. 463 p.
- Cavalcanti, I.F.A. & Kousky, V.E. 2009. Frentes Frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A. J. & SILVA DIAS, M.A.F. *Tempo e clima no Brasil*. 1ªed. São Paulo: Oficina de Texto, p. 135-146.
- CEDCRS. Coordenaria Estadual de Defesa Civil do RS. 2014 Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>>. Acesso em: 09 jan. 2014.
- Climanálise. Boletim de Monitoramento e Análise Climática - INPE/CPTEC. 2009. São José dos Campos - SP, Brasil, v.1 a 12. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 09 jan. 2014.
- Diaz, A.E.; Studzinski, C.D. & Mechoso, C.R. 1998. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. *Journal of Climate*, 11(2): 251-271.
- 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.
- FEE. Fundação de Economia e Estatística, 2014. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_estado.php>. Acesso em: 25 mar. 2014.
- Fontana, D.S. & Berlatto, A.M. 1997. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 5(1): 127-132.
- Grimm, A.M.; Barros, V.R. & Doyle, M.E. 2000. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, 13: 35-58.
- Grimm, A.M. 2009. Climas da região sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A. J. & SILVA DIAS, M.A.F. *Tempo e clima no Brasil*. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 259-274.
- Harter, I.B. 2004. *Análise de precipitação em Pelotas - RS utilizando transformada Wavelet de Morlet*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, Universidade federal de Pelotas, Dissertação de Mestrado, 85 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm>. Acesso em: 12 jan. 2014.
- 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.
- Marcelino, I.P.V. 2003. *Análise episódica de tornados em Santa Catarina: Caracterização sinótica e mineração de dados*. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de Mestrado, 214 p.
- Marcelino, I.P.V.O.; Mendonça, M. & Rudorff, F.M. 2004. Ocorrências de granizo no estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, Florianópolis-SC, 2004. *Resumos expandidos*, Florianópolis, UFSC, p. 795-805.
- 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. *Resumos expandidos*, Aracaju-SE. CD-ROM.
- 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.
- Rao, V.B. & Hada, K. 1990. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillations. *Theoretical and Applied Climatology*, 42: 81-91.
- Rasera, G. & Campos, C.R.J. 2013. Análise sazonal das regiões do Rio Grande do Sul atingidas por eventos severos gerados por SCM no período de 2004 a 2008. *Anuário do Instituto de Geociências*, 36(2): 61-69.
- Reckziegel, B.W. 2007. *Levantamento dos desastres naturais desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005*. Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação de Mestrado, 284p.
- 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.
- Seluchi, M.E. 2009. Geadas e friagens. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J. & SILVA DIAS, M.A.F. *Tempo e clima no Brasil*. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 151-166.
- Silva Dias, M.A.F.; Rozante, J.R. & Machado, L.A.T. 2009. Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J. & SILVA DIAS, M.A.F. *Tempo e clima no Brasil*. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 181-191.
- Siqueira, J.R. 2004. *Variabilidade interdiurna da convecção na América do Sul: a propagação meridional da convecção*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de Mestrado, 186p.
- Siqueira, J.R. & Marques, V.S. 2008. Occurrence frequencies and trajectories of mesoscale convective systems over southeast Brazil related to cold frontal and non-frontal incursions. *Australian Meteorological Magazine*, 57: 345-357.
- Vargas Jr., V.R.; Campos, C.R.J.; Rasera, G. & Eichholz, C.W. 2011. Eventos severos que afetaram o RS no período de 2004 a 2008. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE MICROMETEOROLOGIA, 7, Santa Maria-RS, 2011. *Resumos expandidos*, Santa Maria, UFSM, CD-ROM.
- Vargas Jr., V.R.; Campos, C.R.J.; Rasera, G. & Eichholz, C.W. 2012. Formação e Deslocamento dos CCM que afetaram o RS entre 2004 e 2008. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 11, Mendoza, 2012. *Resumos expandidos*, Mendoza, UNCuyo, CD-ROM.
- 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.