

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Meteorologia

Graduação em Meteorologia



Trabalho de Conclusão de Curso

**Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul entre 2004 e
2008**

Vanderlei Rocha de Vargas Junior

Pelotas, 2013

VANDERLEI ROCHA DE VARGAS JUNIOR

Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008

Trabalho apresentado na disciplina TCC3 do Curso Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cláudia Rejane Jacondino de Campos

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:
Ubirajara Buddin Cruz – CRB-10/901
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

V297e Vargas Junior, Vanderlei Rocha de
Eventos severos que afetaram o Rio Grande do Sul entre
2004 e 2008 / Vanderlei Rocha de Vargas Junior. – 64f. ; il. –
Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em
Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de
Meteorologia. Pelotas, 2013. – Orientador Cláudia Rejane Ja-
condino de Campos.

1.Meteorologia. 2.Eventos severos. 3.Granizo. 4.Rio
Grande do Sul. I.Campos, Cláudia Rejane Jacondino de.
II.Título.

CDD: 551.68787

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Cláudia Rejane Jacondino de Campos

Prof. Dr. Jonas da Costa Carvalho

Prof^a. Dr^a. Luciana Barros Pinto

Dedicatória

À minha família e a todos que sempre acreditaram em mim e me incentivaram.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família que sempre esteve ao meu lado.

Aos amigos e colegas militares do Núcleo de Preparação de Oficiais da Reserva do ano de 2010 do 9º Batalhão de Infantaria Motorizada que direta ou indiretamente tiveram fundamental importância na minha formação pessoal e profissional.

Aos amigos e colegas da graduação.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de Graduação.

À Professora Dr^a Cláudia Rejane Jacondino de Campos, responsável em grande parte pela minha orientação.

À banca examinadora pelas sugestões de grande valia para que o trabalho ficasse ainda mais elaborado.

Resumo

VARGAS JR., V. R. **Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008**. 2013. 58f. TCC (Graduação) – Faculdade de Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A atividade humana é direta e indiretamente afetada pelas condições meteorológicas de uma determinada região, principalmente quando se trata de eventos de tempo severo (ES). No caso do estado do Rio Grande do Sul (RS), ES podem causar grande impacto econômico na região, já que este estado possui sua economia voltada essencialmente à agroindústria. Com base nisto, este trabalho teve como objetivo analisar: a distribuição sazonal dos ES que afetaram o RS (ES_{RS}), a distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos por estes ES e o impacto do tipo de ES que atingiu o maior número de municípios. Foram utilizados dados de ocorrência de ES_{RS} e municípios atingidos por estes, do período de 01/01/2004 a 31/12/2008, obtidos no banco de dados da defesa civil do RS (DCRS) e em seguida selecionados os eventos do tipo granizo, granizo/vendaval, vendaval, enxurrada, inundação, enchente, alagamento e deslizamento. Foram também utilizadas imagens de satélite a fim de distinguir os ES_{RS} , estes dados foram obtidos da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DAS/CPTEC/INPE). Na sequência foi analisada a distribuição sazonal dos ES_{RS} e dos municípios atingidos (dividindo-se o estado em metade norte-MN e sul-MS). Posteriormente fez-se a mesma análise para o ES_{RS} que atingiu o maior número de municípios (granizo). Por fim, utilizando as informações disponibilizadas na página da DCRS, foi estudado o impacto do granizo no RS. Com este estudo foi possível concluir que: i) dentre os 247 ES_{RS} registrados, os tipos mais comuns foram granizo e vendaval, com um total de 64 (25,91%) ocorrências registradas cada; ii) os ES_{RS} do tipo vendaval (43), enxurrada (20), granizo/vendaval (17) e inundação (16) foram observados com maior frequência nos períodos quentes, enquanto que os eventos do tipo granizo (35), enchente (21), alagamento (5) e deslizamento (4) tiveram sua maior frequência nos períodos frios; iii) eventos extremos de precipitação podem levar a ocorrência de um maior número de eventos do tipo enxurrada que por sua vez tendem a causar, possivelmente, o maior número de eventos do tipo inundação; iv) A baixa taxa de evaporação nos períodos frios do ano favoreceu o maior número de registros de alagamento, o que por sua vez pode estar diretamente interligado com a maior frequência de deslizamentos nesta época do ano; v) os

períodos quentes apresentaram maior frequência de ES_{RS} (137, ou seja, 55,46% do total de ES_{RS}) em relação aos períodos frios (110, ou seja, 44,54% do total de ES_{RS}); vi) os 247 ES_{RS} afetaram um total de 276 municípios, dos quais, a maior parte (239) estava localizada na MN do estado; vii) os períodos quentes e frios apresentaram semelhante número de municípios atingidos por ES_{RS}, o primeiro registrou 201 e o segundo 202 municípios afetados; viii) apesar dos ES_{RS} do tipo granizo e vendaval terem ocorrido com a mesma frequência dentro do período de estudo, granizo foi o evento que afetou o maior número de municípios (132); ix) os ES_{RS} do tipo granizo afetaram maior número de municípios na MN do estado (110) em relação à MS (22); x) em aproximadamente 70%, das ocorrências de granizo houve declaração de situação de emergência pelo município afetado e xi) não houve zonas (rural e/ou urbana) preferencialmente atingidas pelo ES_{RS} do tipo granizo.

Palavras-chave: Rio Grande do Sul, eventos severos e granizo.

Abstract

VARGAS JR., V. R. **Severe events that affected the Rio Grande do Sul from 2004 to 2008**. 2013. 58f. CCW (Graduation) - Faculty of Meteorology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Human activity is directly and indirectly affected by the weather of a given region, especially in the case of severe weather events (SE) occurrence. In the state of Rio Grande do Sul (RS), SE can cause large economic impact in the region, since this state has its economy based mainly on agriculture industry. Based on that, this study aimed to examine: the seasonal distribution of SE that affected the RS (SE_{RS}), the seasonal geographical distribution of municipalities affected by these SE, the impact of the SE type that hit the greater number of municipalities. Data of occurrence of SE_{RS} and municipalities affected by these events, from the period of 01/01/2004 to 12/31/2008, obtained in the database of civil defense of RS (CDRS) were used to selected events like hail, hail/windstorm, windstorm, torrent, inundation, flood, overflow and landslide. Also satellite images were used to distinguish the SE_{RS} , these data were obtained from the Division of Environmental Systems and Satellites, Center for Weather Forecasting and Climate Studies, National Institute for Space Research. In the sequence the seasonal distribution of SE_{RS} and municipalities affected (splitting the state in half north-HN and south-HS) were analyzed. After the same analysis was made for the SE_{RS} reaching the largest number of municipalities (hail). Finally, using the information provided on the CDRS page it was studied the impact of hail in RS. With this study it was concluded that: i) among the 247 registered SE_{RS} , the most common types were hail and windstorm, with a total of 64 (25.91%) each recorded occurrences; ii) The SE_{RS} type windstorm (43), torrent (20), hail / windstorm (17) and inundation (16) were observed more frequently in warm periods, while events like hail (35), flood (21), overflow (5) and landslide (4) were the most frequent in cold periods; iii) extreme precipitation events may lead to a greater number of events like torrent causing possibly the largest number of events like inundation; iv) the low evaporation rate in the cold periods of the year favored the largest number of overflow occurrence, which in turn can be directly interfaced with the highest frequency of landslides; v) the warm periods had a higher SE_{RS} frequency (137, i.e. 55.46% of the total SE_{RS}) in relation to cold periods (110, i.e. 44.54% of the total SE_{RS}); vi) the 247 SE_{RS} affected a total of 276 municipalities, of which the majority (239) were located in the HN of RS; vii) the warm and cold periods presented similar number of municipalities affected by SE_{RS} , the first with 201

and second with 202 municipalities affected; viii) despite of hail and windstorm have occurred with the same frequency within the study period, the hail was the event which affected the largest number of municipalities (132); ix) hail affected most municipalities in the HN of state (110) compared to HS (22); x) in approximately 70% of hail occurrences there was declaration of emergency situation by the municipality affected; xi) there were no preferentially affected areas (rural and/or urban) by hail.

Key-Words: Rio Grande do Sul, Severe events and hail.

Lista de Figuras

- Figura 1 Mapa topográfico (a) e unidades geomorfológicas do RS (b).
Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2012). 21
- Figura 2 Divisão municipal (a) e bacias hidrográficas (b) do RS.
Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2012). 22
- Figura 3 Tipos de clima da Região Sul do Brasil.
Fonte: ANTUNES (1996, p. 90). 23
- Figura 4 (a) Temperatura média anual e (b) Precipitação pluvial média anual do RS.
Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2012). 24
- Figura 5 Coordenadorias Regionais da Defesa Civil do RS.
Fonte: DEFESA CIVIL DO RS (2012). 28
- Figura 6 Página principal do site da Defesa Civil do RS com a indicação do local onde se encontram os dados sobre eventos severos (seta em vermelho).
Fonte: <http://www.defesacivil.rs.gov.br> 28
- Figura 7 Municípios atingidos por ES_{RS} de 2003 a 2010 (seta azul) e a partir de 2011 (seta vermelha).
Fonte: <http://www.defesacivil.rs.gov.br> 29

Figura 8	Planilha eletrônica com as informações utilizadas no estudo.	34
Figura 9	Exemplo de um único sistema meteorológico (SCM) atuando sobre o estado do RS e gerando ES_{RS} nos municípios plotados no mapa.	34
Figura 10	Estado do RS dividido em MN e MS.	35
Figura 11	Distribuição sazonal dos ES_{RS} no período de 2004 a 2008.	40
Figura 12	Distribuição sazonal dos tipos de ES_{RS} no período de 2004 a 2008. JFM (a), AMJ (b), JAS (c) e OND (d).	42
Figura 13	Distribuição sazonal dos municípios do RS atingidos por ES_{RS} (MA_{ESRS}) (coluna azul) e as contribuições sazonais destes em relação ao total de MA_{ESRS} no período de 2004 a 2008 (coluna vermelha).	44
Figura 14	Distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS atingidos por ES_{RS} no período de 2004 a 2008. JFM (a), AMJ(b), JAS (c) e OND (d).	47
Figura 15	Distribuição sazonal dos municípios do RS atingidos pelos diferentes tipos de ES_{RS} entre 2004 e 2008. JFM (a), AMJ (b), JAS (c) e OND (d).	49
Figura 16	Distribuição sazonal dos ES_{RS} do tipo granizo (coluna azul) e os municípios do RS atingidos por este entre 2004 e 2008: total de municípios do RS atingidos (coluna vermelha), municípios atingidos na MN (coluna verde) e municípios atingidos na MS (coluna roxa).	51

Figura 17 Distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos por ES_{RS} do tipo granizo no período de 2004 a 2008. JFM (a), AMJ (b), JAS (c) e OND (d).

Lista de Tabelas

Tabela 1	Distribuição sazonal dos ES _{RS} entre 2004 e 2008. Fonte: Defesa Civil do RS (2012).	38
Tabela 2	Municípios do RS atingidos por ES _{RS} no período de 2004 a 2008.	45
Tabela 3	Distribuição sazonal dos municípios do RS afetados pelos ES _{RS} entre 2004 e 2008.	49
Tabela 4	Municípios do RS atingidos por ES _{RS} do tipo granizo no período de 2004 a 2008.	52
Tabela 5	Distribuição sazonal da situação dos municípios afetados pelo ES _{RS} do tipo granizo no período de 2004 a 2008.	55
Tabela 6	Distribuição sazonal dos locais atingidos em cada município pelo ES _{RS} granizo no período de 2004 a 2008.	55

Lista de Abreviaturas

AMJ	Abr-Mai-Jun
AS	América do Sul
CCM	Complexo Convectivo de Mesoescala
cT	Continental Tropical
DCRS	Defesa Civil do Rio Grande do Sul
DISME/INMET	8° Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia
DSA/CPTEC/INPE	Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
EEP	Eventos Extremos de Precipitação
ES	Eventos Severos
ES _{RS}	Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul
FF	Frente Fria
ForTrACC	Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
JAS	Jul-Ago-Set
JBN	Jatos de Baixos Níveis
JFM	Jan-Fev-Mar
Km	Quilômetro
LI	Linha de Instabilidade
MA _{ESRS}	Municípios do RS atingidos pelos ES _{RS}
MN	Metade Norte
MP	Marítima Polar

MS	Metade Sul
MT	Marítima Tropical
OND	Out-Nov-Dez
OPE	Oceano Pacífico Equatorial
REDEC	Coordenadoria Regional de Defesa Civil
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SCM	Sistema Convectivo de Mesoescala
SF	Sistema Frontal
TSM	Temperatura da Superfície do Mar

Sumário

1 Introdução.....	18
2 Revisão de Literatura.....	21
2.1 Características da área de estudo.....	21
2.2 Eventos com Condição de Tempo Severo ou episódios de desastre associados a condições meteorológicas extremas (ES).....	25
2.3 Resultados de Pesquisas sobre ES.....	30
3 Metodologia.....	33
3.1 Seleção ES _{RS}	33
3.2 Análise dos municípios do RS atingidos por ES _{RS}	35
3.3 Impactos do ES _{RS} do tipo granizo no RS.....	36
4 Resultados e Discussões.....	38
4.1 Análise dos ES _{RS} entre 2004 e 2008.....	38
4.2 Análise dos municípios do RS atingidos por ES _{RS} entre 2004 e 2008	43
4.2.1 Municípios do RS atingidos por todos ES _{RS}	43
4.2.2 Municípios do RS atingidos por cada um dos tipos de ES _{RS}	47
4.3 Impactos do ES _{RS} do tipo granizo no RS entre 2004 e 2008.....	50
4.3.1 Distribuição sazonal e espacial do ES _{RS} do tipo granizo.....	50
4.3.2 Análise da situação dos municípios atingidos por ES _{RS} do tipo granizo.....	54
5 Conclusão.....	57

Referências.....	59
------------------	----

Introdução

A atmosfera é essencial para a vida na Terra, é por causa desta que dispomos de alguns gases que filtram grande parte da radiação solar nociva aos seres vivos, e outros que tornam possível o efeito estufa, responsável pela temperatura amena com pequena variação em comparação com os demais corpos celestes sem atmosfera. É devido à presença desta camada fina de gases sobre a superfície terrestre que há água em forma líquida, vital para os processos físico-químicos recorrentes. Estas e outras condições impostas pela atmosfera tornaram o ambiente terrestre propício à evolução da vida como a conhecemos.

O estudo de mecanismos físicos e químicos da atmosfera é de suma importância para o desenvolvimento de qualquer civilização, uma vez que fenômenos atmosféricos influenciam diretamente setores como a agricultura, a construção civil, o tráfego aéreo e marítimo, as comunicações, exercícios militares... De forma indireta os fenômenos meteorológicos ainda podem afetar a indústria e as movimentações financeiras, por exemplo. Portanto, fica claro que todas as atividades humanas são direta ou indiretamente afetadas pelas condições do tempo e clima. Com base nisso, desenvolveu-se a ciência da meteorologia, a qual estuda fenômenos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera terrestre, bem como sua interação com o meio ambiente.

A meteorologia trabalha com diferentes escalas espaciais e temporais as quais definem as dimensões de um determinado fenômeno atmosférico. Estas escalas podem ter dimensões espaciais de alguns metros com duração de poucos minutos, ou ainda, ter dimensões de dezenas de milhares de quilômetros (Km) com duração de meses. Holton (2004) define alguns tipos de movimentos atmosféricos em função de sua respectiva escala horizontal, onde o tipo de movimento de menor escala, o livre caminho médio molecular, tem escala horizontal de micrômetros,

enquanto que o maior, as ondas planetárias, estão na ordem de milhares de Km. A fim de facilitar o estudo dos fenômenos atmosféricos, Orlanski (1975) dividiu-os em três escalas de movimento: Microescala (tem dimensões espaciais de alguns metros até alguns Km com duração da ordem de minutos); Mesoescala (dimensões espaciais variam entre alguns Km até poucos milhares de Km, com uma escala temporal variando de algumas horas até alguns dias) e Macroescala (escala espacial de até dezenas de milhares de Km com escala temporal da ordem de dias ou até mesmo semanas).

Dentre os diversos fenômenos atmosféricos que ocorrem em todas as escalas, têm-se os eventos com condição de tempo severo (ES) cujo estudo é de vital importância, uma vez que são eventos meteorológicos extremos, que possuem grande potencial destrutivo. Este tipo de evento é responsável por causar diversos danos à sociedade como um todo, podendo causar destruição e perda de vidas por onde passam. Os ES estão sempre associados a algum tipo de sistema meteorológico, independentemente da escala espaço-temporal deste, tais como: Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e Sistemas Frontais (SF)

Os SCM são constituídos por aglomerados de células convectivas, as quais apresentam área com contínua precipitação, sendo 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). Destaca-se que os CCM são responsáveis pela maior parte dos danos, gerados por eventos naturais, observados no sul da América do Sul-AS (VELASCO; FRITSCH, 1987), região onde se localiza o Rio Grande do Sul (RS). Estes sistemas meteorológicos ocorrem durante todo ano, no entanto, com maior frequência no período quente, devido ao aparecimento de condições meteorológicas favoráveis ao desenvolvimento de nuvens convectivas. Apresentam, 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, 2011a). Apesar dos SCM contribuírem significativamente para a geração de ES, eles ainda não são bem previstos (CORFIDI et al., 1996).

Já os SF são definidos como uma zona de transição entre duas massas de ar de 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 ES, pois contribuem fortemente para a intensificação da convecção na região sul do Brasil, favorecendo a formação de SCM e, portanto de ES (SIQUEIRA, 2004a).

O RS, por possuir sua economia essencialmente voltada à agroindústria, é um dos estados que mais sofre com quebra de safras causadas por ES, 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 ES 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 geral deste trabalho é realizar uma análise sazonal dos ES que afetaram o RS (ES_{RS}) no período de 01/01/2004 a 31/12/2008.

Mais especificamente pretende-se:

- analisar a distribuição sazonal dos ES_{RS} ;
- analisar a distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS atingidos pelos ES_{RS} e
- analisar o impacto no RS do tipo de ES_{RS} que atingiu o maior número de municípios (granizo).

Revisão de Literatura

2.1 Características da área de estudo

O estado do RS pertence à República Federativa do Brasil e possui uma área territorial de aproximadamente 282.184 Km², sendo esta, localizada entre as latitudes de 27°05'S e 33°45'S e longitudes de 49°43'O e 57°39'O. Grandes lagunas e ambientes lacustres pertencentes ao estado correspondem a 5,2% da sua área total, além disso, possui 622 km de costa marítima. A topografia é bem distinta, com um planalto ao norte, serra no nordeste, depressões no centro e planícies costeiras. As altitudes, portanto, oscilam bastante, com mais de 1.000m no nordeste e chegando a menos de 100m na Depressão Central e Planície Costeira (Fig. 1).

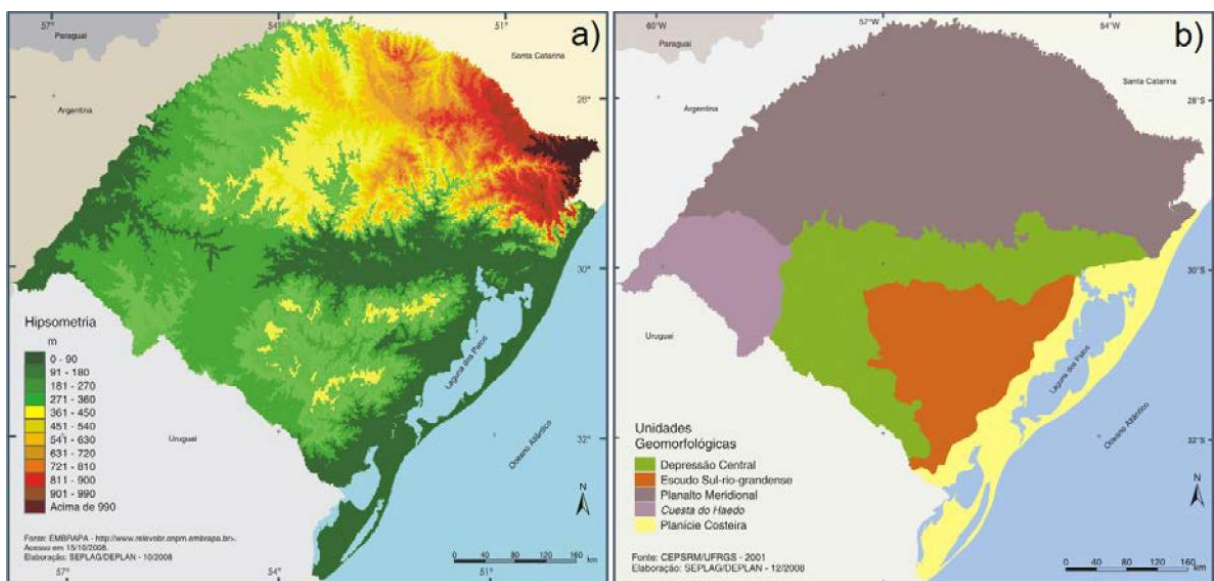


Figura 1 - Mapa topográfico (a) e unidades geomorfológicas do RS (b).

Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2012)

Segundo o Atlas Econômico do RS (2012), desde 2003 o estado possui 496 municípios (Fig. 2a), sendo 432 deles (87,1% do total) localizados na metade norte do estado (MN), ou seja, ao norte de 30°S. O restante dos municípios (64) está localizado na metade sul do estado (MS), ao sul de 30°S. Vale lembrar que a maior concentração de municípios na MN do RS deve-se a colonização e a influência de variadas etnias, principalmente, italianos e alemães, que desenvolveram colônias com agricultura familiar que fracionou o território em pequenas propriedades, as quais serviram como base para a criação de novos municípios. Por outro lado, o menor número de municípios na MS do RS deve-se à colonização por espanhóis e portugueses, que praticavam atividades favorecidas pela topografia da região como agricultura e criação de gado em grandes latifúndios, os quais se tornaram municípios.

Com relação aos recursos hídricos do estado, estes estão divididos em três grandes bacias hidrográficas (Fig. 2b): a Bacia do Uruguai (verde-claro), a Bacia do Guaíba (verde-escuro) e a Bacia Litorânea (marrom). Tanto a bacia do Uruguai quanto a Litorânea tem o uso dos seus solos vinculado principalmente às atividades agropecuárias e agroindustriais. Já na bacia do Guaíba o uso do solo é ligado a atividades diversificadas, incluindo indústria, agropecuária, agroindústria, entre outras.

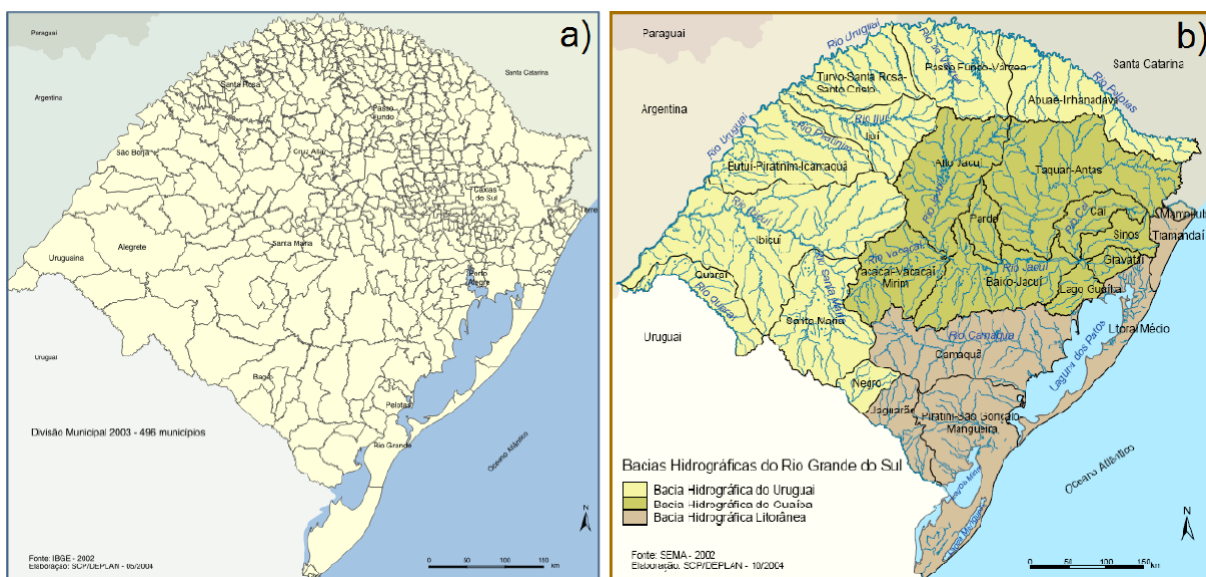


Figura 2 - Divisão municipal (a) e bacias hidrográficas (b) do RS.

Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2012)

Climaticamente, o RS se enquadra na zona fundamental temperada ou "C" e no tipo fundamental "Cf" ou temperado úmido, segundo o sistema de classificação climática de Köppen. No estado, este tipo "Cf" se subdivide em duas variedades: "Cfa" e "Cfb", que se caracterizam por apresentarem chuvas durante todos os meses do ano e possuírem a temperatura do mês mais frio superior a 3°C. O que as diferencia é a temperatura do mês mais quente, que no caso da variedade "Cfa" é superior a 22°C enquanto que para a variedade "Cfb" é inferior a 22°C. Desta forma, com base na classificação climática de Köppen, o RS se divide em duas áreas climáticas (Fig. 3), "Cfa" e "Cfb", sendo que a variedade "b" se restringe ao Planalto Meridional e ao escudo Sul-Rio-Grandense, enquanto que as demais áreas pertencem à variedade "a" (MORENO, 1961).



Figura 3 - Tipos de clima da Região Sul do Brasil.

Fonte: ANTUNES (1996, p. 90).

A amplitude térmica anual no RS é significativamente grande, sendo influenciada fortemente por sistemas atmosféricos de latitudes médias e altas. O regime de temperatura do RS é influenciado pelas massas de ar Marítima Tropical (mT), Marítima Polar (mP) e Continental Tropical (cT) (ANDRADE, 1972). Outros fatores, tais como a latitude, o relevo e a continentalidade/maritimidade também exercem influência na temperatura do RS (MORENO, 1961; NIMER, 1989). Conforme o Atlas Sócio Econômico do RS (2012), a temperatura média do ar no estado apresenta grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geada e precipitação eventual de neve principalmente na serra. As temperaturas médias anuais variam de 10 a 20°C (Fig. 4a).

Segundo diversos autores, a região sul do Brasil é a que apresenta a distribuição espacial de precipitação mais uniforme de todo o Globo, possuindo um regime de precipitação pluvial bem distribuído e bem definido. Porém, observa-se no RS que os valores médios de precipitação pluvial apresentam regularidades ao longo do ano, mas com variações espaciais e sazonais (MOTA, et al. 1971; NIMER, 1989; TUBELIS; NASCIMENTO, 1983; VIANELLO; ALVES, 2000) .

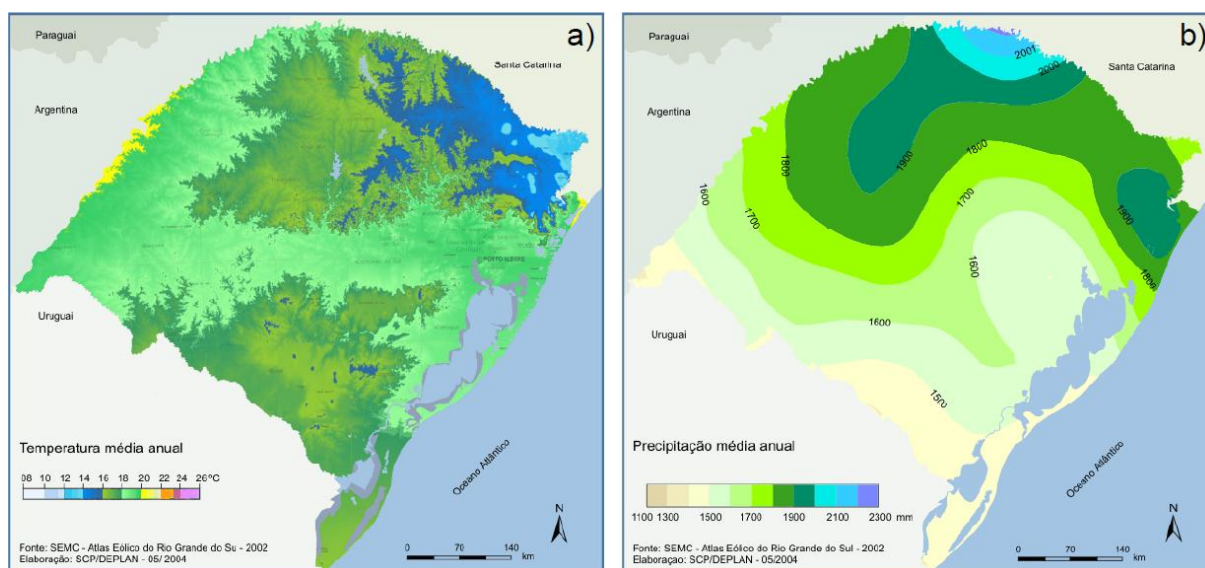


Figura 4 - (a) Temperatura média anual e (b) Precipitação pluvial média anual do RS.

Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2012)

No RS apesar de o relevo regional não interferir a ponto de criar grandes variações na pluviometria anual, sua influência é sentida, uma vez que na MS do RS chove menos que na MN. Ao sul de 30° S são registradas precipitações pluviais anuais inferiores a 1.500 mm, enquanto que na MN do estado são registrados totais anuais de precipitação superiores a 1.500 mm (Fig. 4b), com intensidade maior de chuvas no nordeste do RS. Esta diferença de precipitação nas duas regiões do RS deve-se ao relevo mais acidentado da MN do estado que favorece a maior quantidade de precipitação (NIMER, 1989; IPAGRO, 1989; ÁVILA et al., 1996; BERLATO et al., 2000).

2.2 Eventos com Condição de Tempo Severo ou episódios de desastre associados a condições meteorológicas extremas (ES)

Existem diversas definições para desastres, sendo que estas dependem do enfoque (físico, infra-estrutura e social) e da natureza das ocorrências (geológica, climática, antrópica, etc.). Estas definições geralmente referem-se às consequências e não as causas dos fenômenos (AYSAN; OLIVER, 1987; WIJLMAN; TIMBERLAKE, 1985; CUNY, 1983).

No Brasil, Castro (1998, p. 82) define desastres como “o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”. Os desastres são normalmente súbitos e inesperados, de uma gravidade e magnitude capaz de produzir danos materiais e humanos (KOBAYAMA et al., 2006).

Os desastres podem ser classificados a partir de três aspectos, conforme Castro (1999):

- a) Intensidade: divididos em quatro níveis (pequeno, médio, grande e muito significativo), a partir dos prejuízos avaliados;
- b) Evolução: refere-se à velocidade do evento, classificada em súbitos (inundações, vendavais e tornados), graduais (inundações lentas e secas) e somação dos efeitos parciais;

c) Origem: classificados em naturais (fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana), antrópicos (causados pela ação ou omissão humana) e mistos (associados às ações ou omissões humanas, que contribuem para intensificar os desastres).

As ocorrências desencadeadas por fenômenos meteorológicos severos e causadoras de desastres são descritas conforme publicação organizada por Kobiyama et al. (2006):

a) Inundação: trata-se do aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre a planície de inundação. A Defesa Civil classifica as inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude) e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas) (CASTRO, 2003).

b) Enchente: quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio. Os termos “enchente” e “inundação” são frequentemente empregados como sinônimos, no entanto devem ser usados com diferenciação.

c) Enxurrada: inundação brusca devido às chuvas intensas e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado.

d) Escorregamento ou deslizamento: movimento coletivo de massa e/ou material sólido encosta abaixo, como solos, rochas e vegetação, sob a influência direta da gravidade (SELBY, 1993). Estes movimentos podem ocorrer principalmente com elevados volumes de precipitação e/ou terremotos. Tanto chuvas intensas de curta duração, quanto de longa duração (chuvas contínuas), fornecem condições propícias para a diminuição da resistência do solo, atuando como um dos principais agentes deflagradores de movimentos de encostas, especialmente em ambientes tropicais úmidos (GUIDICINI; IWASA, 1976).

e) Granizo: precipitação de gelo, em forma esférica ou irregular, apresentando geralmente diâmetro de cinco mm (GLICKMAN, 2000). As condições que propiciam a formação de granizo acontecem na parte superior de nuvens do tipo *Cumulunimbus*, que possuem temperaturas muito baixas. Em função da união de gotas congeladas, o granizo cresce rapidamente. Além disso, as gotas congeladas movimentam-se com as correntes subsidentes e ascendentes, chocando-se com

gotas de água mais frias até alcançarem as dimensões de queda (KULICOV; RUDNEV, 1980; KNIGHT; KNIGHT, 2001).

f) 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 (VIANELLO; ALVES, 2000). O relevo também pode contribuir significativamente para a intensificação dos ventos. As variações bruscas na velocidade do vento denominam-se rajadas, as quais, normalmente são acompanhadas por mudanças bruscas na direção. Estas rajadas também podem variar consideravelmente em virtude da rugosidade do terreno, seja ela natural (colinas, morros, vales, etc.) ou construída (casas, prédios, etc.) (BRYANT, 1991).

g) Alagamento: São águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos, por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. Nos alagamentos, o extravasamento das águas depende muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais (Defesa Civil do RS, 2012).

No RS a Defesa Civil (DCRS) classifica os fenômenos meteorológicos adversos e causadores de desastres em: alagamentos, ciclones extratropicais, deslizamentos, enchentes, enxurradas, granizo, granizo/vendaval, inundações, tornados e vendavais. Além disso, a DCRS faz uma regionalização das ocorrências de ES_{RS} no RS, dividindo o estado em 11 coordenadorias Regionais de Defesa Civil (REDECs), que são as seguintes: Caxias do Sul, Imbé, Lajeado, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santana do Livramento, Santo Ângelo, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana (Fig. 5).

O site da DCRS, <http://www.defesacivil.rs.gov.br> (Fig. 6), passou por reformulação no segundo semestre de 2011 visando simplificar o acesso aos dados, algumas mudanças visuais também foram feitas. Além da seção “Área dos Municípios”, onde constam os ES_{RS} que atingiram os municípios (indicada por uma seta na Fig. 6), existem outras como: boletins, galeria de fotos, campanhas, eventos, acesso restrito e contato, todas na aba superior da página.



Figura 5 - Coordenadorias Regionais de Defesa Civil do RS.

Fonte: DEFESA CIVIL DO RS (2012)

The screenshot shows the main page of the Defesa Civil do RS website. The header includes the logo of Defesa Civil Rio Grande do Sul, the text "DEFESACIVIL RS CASA MILITAR", and the logo of Rio Grande do Sul. The navigation menu on the left includes the following items:

- ▶ PÁGINA INICIAL
- ▶ SISTEMAS
- ▶ NOTÍCIAS
- ▶ ESTRUTURA
- ▶ LEGISLAÇÃO
- ▶ COMUNICAÇÕES
- ▶ FALE CONOSCO
- ▶ ÁLBUM DE FOTOS
- ▶ **ÁREA DOS MUNICÍPIOS** (indicated by a red arrow)
- ▶ CAMP. AGASALHO 2012

The main content area features a photo of a snowy landscape with a house in the background. Below the photo, the text reads: "Em NOTÍCIAS - Temporada de granizo muda a paisagem de Arroio do Padre" and "Foto: Tatiana Neitzke/Especial CP". At the bottom right, there is a weather widget for "RS - Porto Alegre" showing the date "03/08 Sex", temperature "16 / 29", and "0% 0mm".

Figura 6 – Página principal do site da Defesa Civil do RS com a indicação do local onde se encontram os dados sobre eventos severos (seta em vermelho).

Fonte: <http://www.defesacivil.rs.gov.br>

Na página “Área dos Municípios” (Fig. 7), podem-se selecionar eventos de 2003 a 2010 e eventos a partir de 2011. Ao selecionar eventos de 2003 a 2010, o processo de seleção de municípios atingidos, tipos de ES_{RS} e período de ocorrência são feitos de maneira manual pelo pesquisador. Por outro lado, ao selecionar eventos a partir de 2011, existe a opção de selecionar todos os municípios atingidos e todos os tipos de ES_{RS} que ocorreram, bem como o período de interesse. Pode-se optar também, por selecionar um município específico e visualizar todos os ES_{RS} que o afetaram num determinado período. É possível, ainda, selecionar para um período específico apenas um tipo de ES_{RS} e verificar todos os municípios atingidos por este. Esta opção de seleção dos dados em função do município, tipo de ES_{RS} e período, que foi acrescentada ao site, para eventos a partir de 2011, permite de forma muito mais simples a filtragem dos dados e seu uso em pesquisa.

The image shows the website interface for 'DEFESACIVIL RS CASA MILITAR'. At the top, there are logos for 'DEFESA CIVIL RIO GRANDE DO SUL', 'DEFESACIVIL RS CASA MILITAR', and 'Rio Grande do Sul Governo do Estado'. Below the logos is a navigation menu with items like 'PÁGINA INICIAL', 'SISTEMAS', 'NOTÍCIAS', 'ESTRUTURA', 'LEGISLAÇÃO', 'COMUNICAÇÕES', 'FALE CONOSCO', 'ÁLBUM DE FOTOS', 'ÁREA DOS MUNICÍPIOS' (highlighted in purple), and 'CAMP. AGASALHO 2012'. To the right of the menu is the title 'ÁREA DOS MUNICÍPIOS'. In the center, there is a 3D city model graphic and the text 'ESCOLHA A CONSULTA'. Below this, there are two options for consultation: 'Municípios Atingidos - Ativos e Arquivados (Eventos a partir de 2011)' with sub-items 'Totais - Ativos e Arquivados (Eventos a partir de 2011)' and 'Gráficos (Eventos a partir de 2011)', indicated by a red arrow; and 'Municípios Atingidos (Eventos de 2003 a 2010)' with sub-items 'Gráficos (Eventos de 2003 a 2010)', indicated by a blue arrow. At the bottom left, a yellow box displays 'Visitante nº: 237615'.

Figura 7 – Municípios atingidos por ES_{RS} de 2003 a 2010 (seta azul) e a partir de 2011 (seta vermelha).

Fonte: <http://www.defesacivil.rs.gov.br>

2.3 Resultados de Pesquisas sobre ES

Devido ao seu grande potencial destrutivo e à sua frequência relativamente comum em diversas regiões do mundo, os ES têm grande importância para a meteorologia, com isto, nos últimos anos, diversos estudos vêm sendo publicados nesta área conforme mostra a descrição a seguir.

Viana et al. (2009a) identificaram os CCM que ocorreram no RS, utilizando o aplicativo Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters (ForTrACC), no período de outubro a dezembro de 2003 e avaliaram os desastres associados a estes sistemas. O levantamento das ocorrências de desastres foi realizado a partir do cruzamento dos dias em que ocorreram CCM com as informações da DCRS e do Jornal Correio do Povo. Foram verificadas 90 ocorrências de desastres pela DCRS que estavam relacionadas com CCM durante o período de estudo, representando 63% do total dos desastres registrados no período. Os eventos severos mais registrados foram: vendavais (47%), enxurradas (23%), enchentes (16%) e granizo/vendaval (6%). Entre os três meses analisados, dezembro (46 eventos) e outubro (36 eventos) se destacaram, enquanto que, novembro teve apenas oito desastres contabilizados. Os autores notaram também que enquanto o mês de outubro apresentou predomínio de episódios de vendavais e granizo, em dezembro foi de enchentes, enxurradas, inundações e alagamentos, mostrando forte relação com precipitação intensa.

Alves e Campos (2011a), utilizando dados sobre ES_{RS} fornecidos pela DCRS, realizaram uma análise sazonal dos ES_{RS} ocorridos em 2009. Observaram que, o trimestre out-nov-dez (OND) foi o que apresentou à maior frequência de ES_{RS} (60,3%), seguido do trimestre jul-ago-set (JAS), com 23% do total anual. Associaram esse resultado com o fenômeno El Niño, que esteve forte no segundo semestre de 2009 e que é responsável por um aumento na quantidade de chuvas no estado. Com relação aos tipos de ES_{RS} mais frequentes, estes autores verificaram que o vendaval além de ter sido o ES_{RS} mais observado, foi o único a ocorrer em todos os trimestres do ano. Uma possível explicação estaria relacionada ao grande número de SF que passaram pelo estado, neste ano, provocando grandes diferenças no gradiente de pressão atmosférica, favorecendo a ocorrência de vendavais.

Alves et al. (2011b) analisaram todos os municípios do RS atingidos por algum tipo de ES_{RS} no ano de 2009 utilizando os dados de ES_{RS} fornecidos pela DCRS. Verificaram que OND foi o período com maior quantidade de municípios atingidos por ES_{RS} (~70%). Este fato pode ser explicado pelo favorecimento da formação de SCM em OND devido à maior insolação e, portanto, maior atividade convectiva. Além disso, foi verificada anomalia positiva da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial (OPE), evidenciando a presença do fenômeno El Niño, que afeta os fatores condicionantes para a ocorrência destes eventos na região sul da América do Sul. O El Niño também foi um dos fatores que contribuiu para o número de municípios afetados por ES_{RS} em JAS (19,5%). Além disso, a maior intensidade dos SF, comuns nesse período do ano, favoreceu a formação de ES. Os tipos de ES_{RS} mais comuns observados foram vendaval (37,9%), enxurrada (29,0%) e enchente (16,2%). A ocorrência de vendavais foi explicada pela grande quantidade de SF que passam pelo estado e que amplificam as diferenças no gradiente de pressão atmosférica e que, portanto influenciam no deslocamento intenso de ar. Em OND foi observada a ocorrência de todos os tipos de ES_{RS} , diferentemente dos outros trimestres, o que pode ser explicado pela maior predisposição para ocorrência de ES_{RS} nesta época do ano. Separando o RS em duas metades, norte e sul, divididos pela latitude de 30°S, foi verificada uma maior ocorrência de ES_{RS} sobre a MN, isto pode ser explicado pelo maior número de municípios na MN, já que estes possuem áreas territoriais menores.

Eichholz e Campos (2011a) utilizaram dados diários de precipitação pluvial referentes a dezesseis estações meteorológicas de superfície fornecidos pelo 8° Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (DISME/INMET) e o aplicativo ForTrACC para analisar a ocorrência de um evento extremo de precipitação registrado na cidade de Pelotas no dia 7 de maio de 2004. O SCM em questão teve um ciclo de vida de aproximadamente 43 horas, sua etapa de iniciação ocorreu às 01:30 UTC do dia 07/05/2004, sobre a fronteira oeste do Paraná, a máxima extensão às 13:30 UTC do mesmo dia, sobre o litoral norte do RS e dissipou sobre o Atlântico às 20:30 UTC. A trajetória do seu centro de massa passou apenas pela fronteira do RS com Santa Catarina (SC), porém no momento de

máxima extensão cobriu quase todo o estado. Observaram que o SCM primeiramente atingiu seu máximo resfriamento para em seguida atingir sua máxima extensão, o que é comum conforme mostrado no trabalho de Machado et al. (1998). Outro ponto relevante foi observar um evento extremo na porção sul do RS, uma vez que eventos extremos são mais frequentes na região norte tanto em períodos quentes como frios.

Metodologia

Neste estudo utilizaram-se dados de ocorrência de ES_{RS} e municípios atingidos por estes, do período de 01/01/2004 a 31/12/2008, obtidos no banco de dados da DCRS (DEFESA CIVIL DO RS, 2012). Neste site, conforme mencionado no item 2.2 da revisão de literatura pode-se selecionar eventos de 2003 a 2010 e eventos a partir de 2011. Ao selecionar eventos de 2003 a 2010, o processo de seleção de municípios atingidos, tipos de ES_{RS} e período de ocorrência são feitos de modo manual pelo pesquisador.

3.1 Seleção dos ES_{RS}

Dentre todos os registros de ES_{RS} notificados pela DCRS no período de estudo, foram selecionados os eventos do tipo: granizo, granizo/vendaval, vendaval, enxurrada, inundação, enchente, alagamento e deslizamento. Para isto, foi criada uma planilha eletrônica com as seguintes informações: data de ocorrência do ES_{RS} , município atingido e tipo de ES_{RS} observado (Fig. 8).

No caso de ES_{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 ES_{RS} (Fig. 9). Esta análise deve-se ao fato de que eventos deste tipo normalmente estão associados a sistemas meteorológicos (SCM e SF) que podem cobrir grandes áreas. Desta forma, ES_{RS} que tiveram a mesma origem, isto é, foram gerados pelo mesmo sistema meteorológico, foram contabilizados como apenas um ES_{RS} . Caso contrário, quando os ES_{RS} foram gerados por sistemas meteorológicos diferentes, estes foram contabilizados separadamente, como ES_{RS} 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).

DIA	MÊS	ANO	MUNICÍPIO	EVENTO
1	1	2004	Esperança Do Sul	Granizo/Vendaval
1	1	2004	Coxilha	Granizo/Vendaval
2	1	2004	Palmares Do Sul	Vendaval
3	1	2004	Campo Bom	Vendaval
4	1	2004	Sapiranga	Vendaval
4	1	2004	Salto Do Jacui	Vendaval
4	1	2004	Ronda Alta	Granizo
4	1	2004	Três Cachoeiras	Alagamento
5	1	2004	Mampituba	Enchente
5	1	2004	Pinheirinho Do Vale	Granizo
6	1	2004	Capão Do Leão	Granizo

Figura 8 – Planilha eletrônica com as informações utilizadas no estudo.

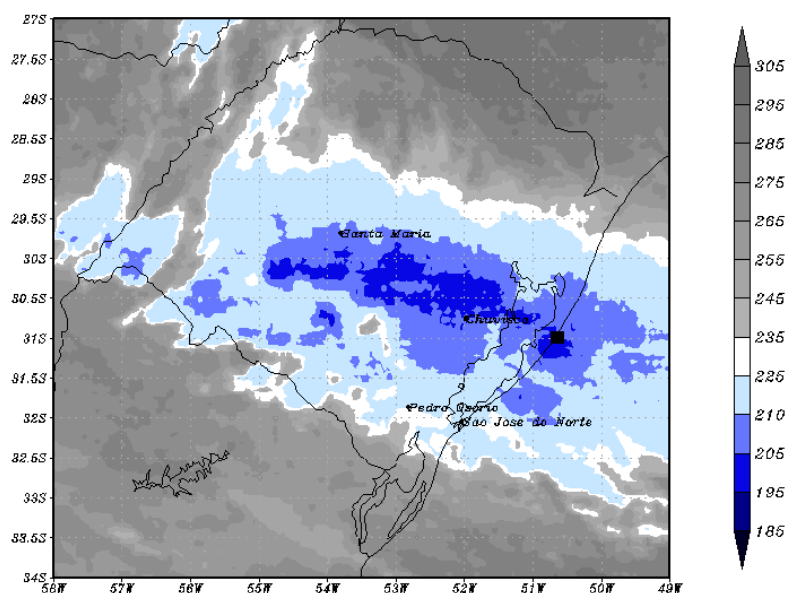


Figura 9 - Exemplo de um único sistema meteorológico (SCM) atuando sobre o estado do RS e gerando ES_{RS} nos municípios plotados no mapa.

Após a seleção dos ES_{RS} , os mesmos foram separados por trimestres representando cada uma das estações do ano, conforme Araujo (2005): período quente (Jan-Fev-Mar, JFM), período temperado frio (Abr-Mai-Jun, AMJ), período frio (JAS) e período temperado quente (OND). Não foram usados os trimestres astronômicos, os quais definem as estações do ano, para facilitar as análises com dados dentro do mesmo ano.

Em seguida, analisou-se a distribuição sazonal dos ES_{RS} , contabilizando-se o total trimestral e para o período (2004 a 2008) de cada um dos tipos de ES_{RS} observados individualmente e também de todos os tipos de ES_{RS} que ocorreram.

3.2 Análise dos municípios do RS atingidos por ES_{RS}

Na sequência procedeu-se a análise sazonal dos municípios do RS atingidos pelos ES_{RS} (MA_{ESRS}) que ocorreram no período de 2004 a 2008. Onde, analisou-se a distribuição geográfica dos municípios atingidos por todos ES_{RS} e o número de municípios atingidos por cada tipo de ES_{RS} .

Para a análise da distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos pelos ES_{RS} no período de estudo, dividiu-se o RS (Fig. 10) em MN (norte de 30°S) e MS (sul de 30°S), sendo estas regiões compostas por 432 e 64 municípios, respectivamente (FEE, 2012).

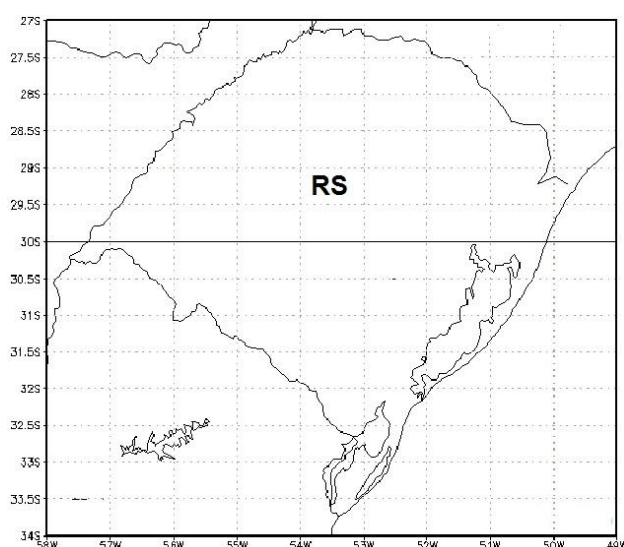


Figura 10 – Estado do RS dividido em MN e MS.

Para contabilizar o número de MA_{ESRS} foi utilizado o procedimento que segue. Primeiramente computou-se o total de municípios distintos atingidos em cada trimestre por cada um dos tipos de ES_{RS} observados, ou seja, quando um município foi atingido pelo mesmo tipo de ES_{RS} 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 ES observados, isto é, quando um município foi atingido pelo mesmo tipo de ES_{RS} em trimestres distintos, este foi computado apenas uma vez. Na sequência computou-se o total trimestral de municípios distintos atingidos por todos os ES_{RS} observados, ou seja, quando um município foi atingido por mais de um tipo de ES 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 ES_{RS} observados, isto é, quando um município foi atingido por qualquer um dos tipos de ES observados em mais de um trimestre, este foi computado apenas uma vez.

3.3 Impactos do ES_{RS} do tipo granizo no RS

Foi analisado sazonalmente o impacto no RS do ES_{RS} que atingiu o maior número de municípios no período de estudo (granizo). Para isto, primeiramente utilizando-se as informações obtidas pelo procedimento citado anteriormente para a contabilização dos ES_{RS} e dos municípios distintos atingidos por estes, analisou-se a distribuição sazonal do ES_{RS} do tipo granizo e a distribuição geográfica dos municípios atingidos por este evento.

Por fim, utilizaram-se as informações disponibilizadas na página da DCRS, primeiro sobre a declaração ou não de situação de emergência nos municípios atingidos, a fim de contabilizar sazonalmente estas 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. Também utilizando as informações disponibilizadas na página da DCRS, sobre quais

zonas dos municípios foram mais atingidas por granizo (Rural e/ou Urbano), contabilizou-se a distribuição sazonal das zonas atingidas em cada município.

Resultados e Discussões

4.1 Análise dos ES_{RS} entre 2004 e 2008

A distribuição sazonal dos ES_{RS} registrados pela DCRS no período de 2004 a 2008 é apresentada na tab. 1 e nas Figs. 8 e 9. Na tab. 1 é possível ainda visualizar a contribuição total de cada evento, e também a contribuição de cada trimestre em relação ao total de ES_{RS} detectados. Observou-se um total de 247 ES_{RS}, no período de estudo (tab. 1), dos quais os tipos de ES_{RS} mais comuns foram: vendaval e granizo (25,91% cada), seguidos de enxurrada e enchente (12,15%), granizo/vendaval (10,12%), inundação (8,91%), alagamento (2,83%) e deslizamento (2,02%).

Tabela 1 - Distribuição sazonal dos ES_{RS} entre 2004 e 2008.

Eventos Severos	JFM	AMJ	JAS	OND	Total	Contribuição (%)
Granizo	6	15	20	23	64	25,91
Vendaval	18	7	14	25	64	25,91
Enchente	1	11	10	8	30	12,15
Enxurrada	10	4	6	10	30	12,15
Granizo/Vendaval*	6	3	5	11	25	10,12
Inundação	8	2	4	8	22	8,91
Alagamento	1	2	3	1	7	2,83
Deslizamento	0	1	3	1	5	2,02
Total trimestral	50	45	65	87	247	-
Contribuição (%)	20,24	18,22	26,32	35,22	-	-

Fonte: Defesa Civil do RS (2012). *Ocorrência simultânea dos dois eventos.

O grande número de ocorrências de vendaval detectado neste estudo pode ser explicado pela frequente passagem de SF sobre o RS, os quais causam grandes gradientes de pressão atmosférica levando, portanto, ao deslocamento intenso de ar na região (VIANELLO; ALVES, 2000) e pela atuação de CCM (Viana et al., 2009b).

Outro sistema de escala sinótica que também pode influenciar diretamente a formação de SCM (devido principalmente ao transporte de umidade e calor) e conseqüentemente de ES_{RS} são os Jatos de Baixos Níveis (JBN). Os JBN podem ser definidos como sistemas de ventos (com velocidades acima de 12 m/s) localizados entre um e dois quilômetros acima da superfície com um cisalhamento vertical de 6 m/s (BONNER, 1968) e frequentemente estão associados à distúrbios barotrópicos. Este sistema é observado praticamente durante o ano todo no sul da AS (MEJIA, 2004), embora sua maior frequência ocorra durante o verão austral (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) (MARENGO et. al. 2004). Além disso, nesta estação do ano, a maior intensidade do JBN na AS ocorre ao norte de 20°S, enquanto que ao sul de 20°S, é mais frequente durante inverno austral (Junho, Julho e Agosto) (SALIO et. al. 2002; MARENGO et. al. 2004).

De acordo com Siqueira e Machado (2004b) a propagação e a intensificação da convecção ocorrem ao longo das frentes frias (FF) que atingem a região de estudo. Nos períodos frios (AMJ e JAS) estas FF contribuem fortemente para intensificação da convecção e, portanto para a ocorrência de ES tais como granizo. Este fato foi observado na tab. 1, onde nos períodos frios tem-se o registro de 35 ocorrências do ES_{RS} do tipo granizo enquanto que nos períodos quentes (JFM e OND) esse registro foi de 29 ocorrências.

Portanto, a elevada frequência de granizo observada sobre o estado nos períodos frios do ano pode estar relacionada com a temperatura média do ar mais baixa, com a elevada frequência de FF observadas e também com a maior ocorrência de JBN na região.

Ainda analisando sazonalmente os ES_{RS} pode-se notar que estes ocorrem em todos os períodos do ano (tab. 1 e Fig. 8). No entanto, o trimestre OND, com uma contribuição de 35,22% do total de ES_{RS} registrados no período, apresentou a maior frequência, sucedido pelos trimestres JAS, JFM e AMJ, com contribuições de 26,32%, 20,24% e 18,22%, respectivamente.

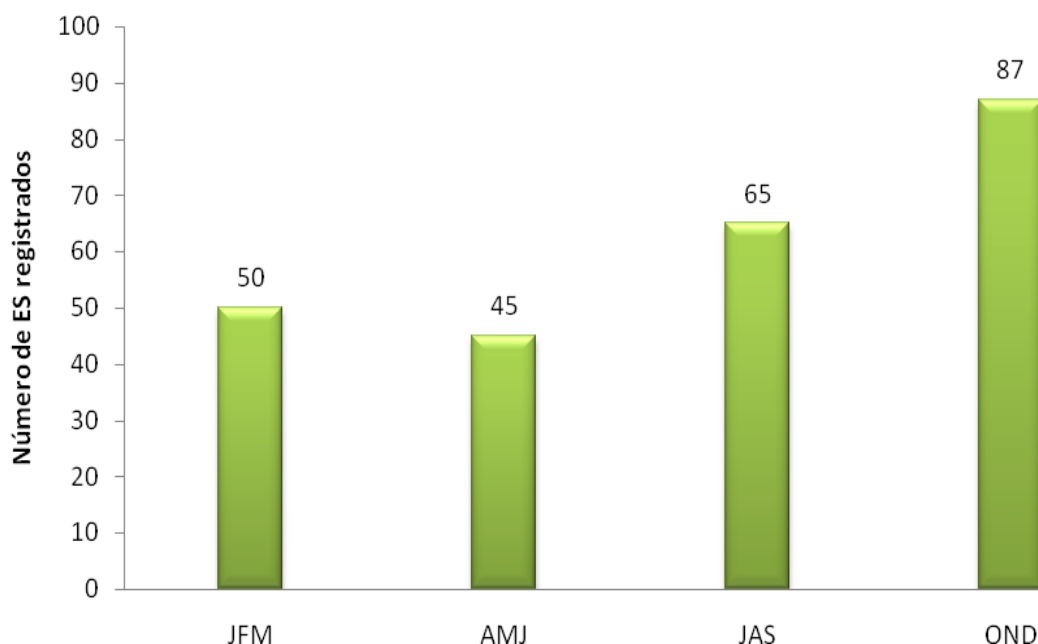


Figura 11 – Distribuição sazonal dos ES_{RS} no período de 2004 a 2008.

Nota-se também que nos períodos quentes houve maior ocorrência de ES_{RS} (137, ou seja, 55,46% do total de ES_{RS}) em relação aos períodos frios (110, ou seja, 44,54% do total de ES_{RS}) – Fig. 8. Este resultado está de acordo com o esperado, já que nos períodos quentes a maior disponibilidade energética devido à maior incidência de radiação proveniente do Sol favorece processos convectivos na atmosfera e, conseqüentemente, o desenvolvimento de SCM, os quais estão diretamente relacionados à ocorrência de ES_{RS} (SALIO et al., 2007).

Analisando-se a tab. 1 pôde-se notar que nos períodos quentes os ES_{RS} do tipo vendaval e granizo/vendaval foram os mais frequentes, com um total de 43 e 17 ocorrências, respectivamente. A maior ocorrência destes eventos pode estar associada à maior atividade convectiva destes períodos do ano e, portanto à maior ocorrência de SCM, os quais estão associados a estes eventos, conforme foi detectado por Eichholz (2011b).

Além do vendaval, os ES_{RS} do tipo enxurrada e inundação também registraram sua maior frequência nos períodos quentes, onde se registrou 20 e 16 ocorrências, respectivamente. O número acentuado de eventos do tipo enxurrada também pode ser explicado pela maior frequência de SCM neste período do ano

Eichholz (2011b), os quais causam intensas precipitações. Já os eventos de inundação podem estar ligados aos eventos de enxurradas, pois os eventos de precipitação intensos causam um súbito aumento na vazão dos rios até o ponto onde levam às inundações.

No caso dos períodos frios, além do granizo (35) e vendaval (21), houve um destaque também para o ES_{RS} do tipo enchente, com um total de 21 ocorrências. O maior número de enchentes nos períodos frios pode estar associado à maior ocorrência de Eventos Extremos de Precipitação (EEP) no RS nestes períodos Eichholz e Campos (2011a). E também à atuação conjunta de SF e SCM, uma vez que SF tendem a estimular a ocorrência de SCM maiores e com maior tempo de vida (EICHHOLZ, 2011b) o que contribui para maiores valores de precipitação e, portanto para ocorrência de enchentes.

Foi observado ainda, que os ES_{RS} do tipo alagamento e deslizamento também foram mais comuns nos períodos frios, tendo sido observado um total de 5 e 4 ocorrências de alagamento e deslizamento, respectivamente. Apesar do volume de precipitação não possuir uma variabilidade sazonal significativa no RS, a evaporação varia significativamente ao longo do ano, onde os meses mais frios registram as menores taxas de evaporação (FIGUEIREDO; CALLIARI, 2005), o que pode estar diretamente relacionado com o acúmulo de água e conseqüente com o alagamento de certas regiões observadas nos períodos frios do ano. A maior ocorrência de alagamentos, possivelmente favoreceu a infiltração da água no solo, o que por sua vez, levou a um maior número de ocorrências de deslizamentos neste período do ano.

Analisando-se cada trimestre individualmente (Fig. 9), observou-se que o período quente do ano (Fig. 9a) apresentou uma maior ocorrência de vendaval (18), seguido dos eventos do tipo enxurrada (10), inundação (8), granizo (6), granizo/vendaval (6), enchente (1) e alagamento (1). Não houve registro de deslizamentos nesta época do ano.

A distribuição dos ES_{RS} que ocorreram no trimestre AMJ (Fig. 9b) foi diferente do trimestre anterior, sendo granizo (15) o ES_{RS} mais comum registrado. Com frequências menores, ainda foram observados os ES_{RS} do tipo enchente (11),

vendaval (7), enxurrada (4), granizo/vendaval (3), inundação (2), alagamento (2) e deslizamento (1).

O período frio (Fig. 9c), apesar de uma maior quantidade de ES_{RS}, apresentou certa semelhança com o período anterior, com a ocorrência de ES_{RS} dos tipos granizo, vendaval, enchente, enxurrada, granizo/vendaval, inundação, alagamento e deslizamento com totais de 20, 14, 10, 6, 5, 4, 3 e 3 eventos registrados, respectivamente.

O último trimestre do ano (Fig. 9d), assim como o primeiro, apresentou o ES_{RS} do tipo vendaval como o mais frequente, com um total de 25 ocorrências, seguido pelos ES_{RS} granizo (23), granizo/vendaval (11), enxurrada (10), inundação (8), enchente (8), alagamento (1) e deslizamento (1).

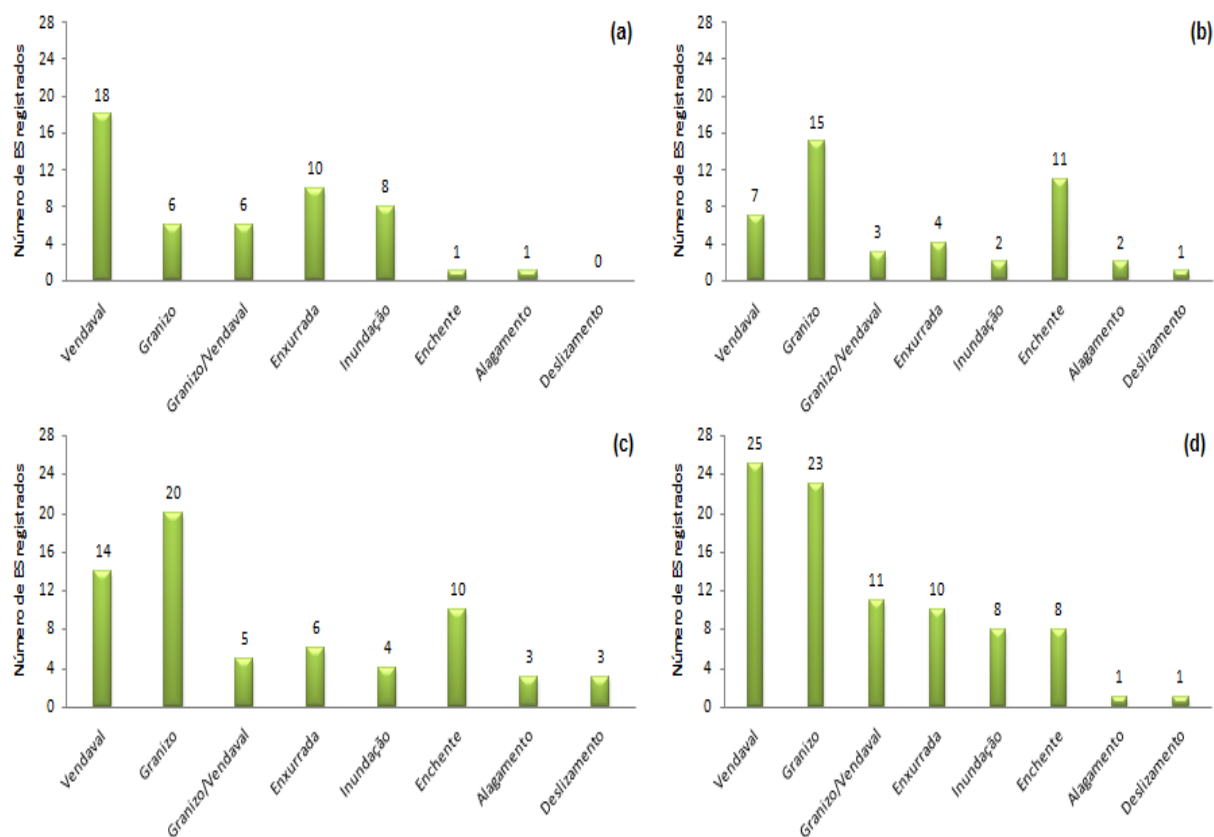


Figura 12 – Distribuição sazonal dos tipos de ES_{RS} no período de 2004 a 2008. JFM (a), AMJ (b), JAS (c) e OND (d).

4.2 Análise dos municípios do RS atingidos por ES_{RS} entre 2004 e 2008

4.2.1 Municípios do RS atingidos por todos ES_{RS}

Na sequência, é apresentada a análise da distribuição sazonal dos municípios atingidos por ES_{RS}, bem como sua relação com o total de municípios atingidos pelos ES_{RS} observados no período de 2004 a 2008 (Fig. 10). A análise dos dados para o período de estudo mostrou que os 247 ES_{RS} atingiram 276 municípios distintos. Lembrando que o RS possui 496 municípios (FEE, 2012), portanto, no período de 2004 e 2008, 55,6% dos municípios do RS (276 municípios) foram atingidos pelos 247 ES_{RS}.

Pode-se observar na Fig. 10 que a distribuição sazonal dos municípios afetados pelos ES_{RS} observados no período entre 2004 e 2008 apresentou um número crescente ao longo do ano, com 57 (20,65% dos 276 municípios atingidos pelos ES_{RS}), 66 (23,91% dos 276 municípios atingidos pelos ES_{RS}), 136 (49,27% dos 276 municípios atingidos pelos ES_{RS}) e 144 (52,17% dos 276 municípios atingidos pelos ES_{RS}) municípios atingidos em JFM, AMJ, JAS e OND, respectivamente.

Ao analisar separadamente os períodos quentes e frios do ano observou-se que estes apresentaram praticamente o mesmo número de municípios atingidos por ES_{RS}, 201 e 202, respectivamente (Fig. 10). Isso pode ser explicado quando se analisa os resultados de estudos para o mesmo período deste trabalho que mostram que é comum a maior ocorrência de SCM nos períodos quentes do ano, o que tende a favorecer a ocorrência de um maior número de ES, que por consequência atingem maior número de municípios. Esses estudos mostram ainda que nos períodos frios há menor frequência de SCM, porém estes são maiores e mais longos, devido à sua interação com os SF comuns nessa época do ano na região, o que também faz com que os ES atinjam maior número de municípios. (EICHHOLZ, 2011b; RASERA, 2013). Portanto, essa é a razão para o número próximo de municípios atingidos por ES_{RS}, nos dois períodos do ano.

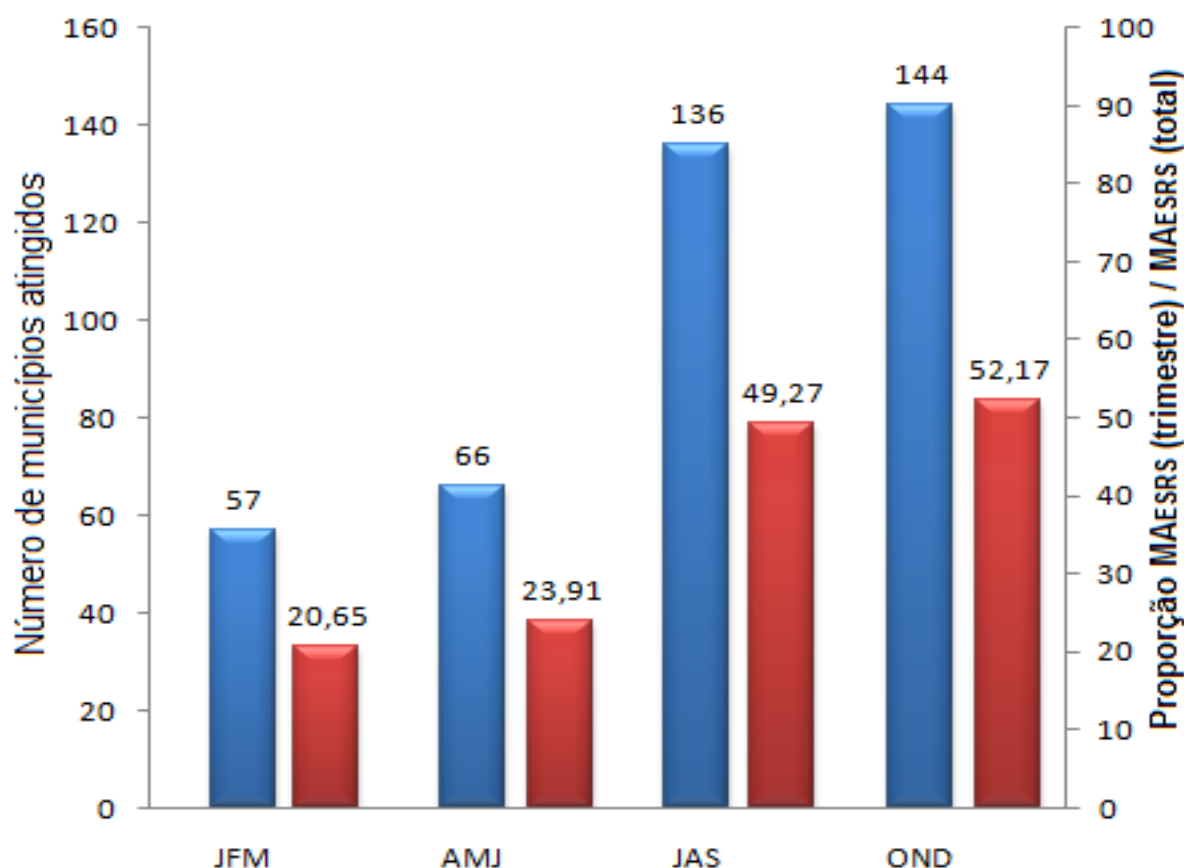


Figura 13 – Distribuição sazonal dos municípios do RS atingidos por ES_{RS} (MA_{ESRS}) (coluna azul) e as contribuições sazonais destes em relação ao total de MA_{ESRS} no período de 2004 a 2008 (coluna vermelha).

Para a análise da distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos pelos ES_{RS} no período de estudo (tab. 2, Fig.11), dividiu-se o RS em MN (norte de 30°S) e MS (sul de 30°S), sendo estas regiões compostas por 432 e 64 municípios, respectivamente (FEE, 2012). Pode-se observar na tab. 2 que dos 276 municípios distintos atingidos pelos 247 ES_{RS}, 239 deles (86,59%) estavam localizados na MN, e 37 deles (13,41%) na MS do estado. Também foi possível observar que em todos os trimestres a grande maioria dos municípios afetados estava localizada na MN, justamente devido a maior densidade de municípios nesta porção do RS.

Tabela 2 – Municípios do RS atingidos por ES_{RS} no período de 2004 a 2008.

Trimestre	Municípios MN	Municípios MS	Municípios RS
JFM	45	12	57
AMJ	56	10	66
JAS	117	19	136
OND	135	9	144
Total*	239	37	276

* total de municípios distintos atingidos por ES_{RS}

Ainda analisando a tab. 2 pôde-se observar que OND, foi o trimestre que apresentou o maior número de municípios afetados por ES_{RS} na MN e também o que apresentou o menor número de municípios afetados por ES_{RS} na MS. Conforme mencionado anteriormente, os ES_{RS} estão associados à ocorrência de SCM e SF, que são sistemas meteorológicos bastante comuns no RS. Estudos mostram que os SCM são mais frequentes nas estações quentes do ano (JFM e OND) e na MN do Estado, já os SF são mais frequentes nas estações frias (AMJ e JAS) e na MS do Estado (CAMPOS; SILVA, 2010). Portanto, a maior quantidade de municípios da MN afetados por ES_{RS} em OND pode ser explicada pela maior frequência de SCM geralmente observada neste trimestre na MN do estado (EICHHOLZ, 2012b), que contribuem para a ocorrência de maior número de ES e por consequência de maior número de municípios atingidos. Já a menor quantidade de municípios afetados por ES_{RS} na MS do estado pode ser explicada pela menor frequência de SF neste trimestre (CAVALCANTI; KOUSKY, 2003). Estes resultados indicam que os municípios da MN do estado podem ser mais afetados por ES_{RS} originados de SCM, enquanto que os municípios da MS podem ser mais afetados por ES_{RS} originados de SF.

A Fig. 11 representa a distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS afetados pelos ES_{RS} no período de 2004 a 2008. Pode-se observar nesta figura a maior densidade de pontos na MN do estado (ao norte de 30° S) em todos os trimestres do ano, confirmando o maior número de municípios afetados pelos ES_{RS} nesta parte do RS.

No primeiro trimestre (JFM), foi registrado (tab. 2, Fig.11a) um total de 57 municípios afetados pelos ES_{RS} (11,5 % dos 496 municípios do RS) sendo que

destes, 45 localizavam-se na MN (representando 10,41 % dos municípios da MN) e 12 na MS (correspondente a 18,75 % dos municípios da MS). Foi possível notar que houve mais municípios atingidos na região nordeste do estado, com alguns pontos isolados, porém numa proporção menor em relação à MS (Fig. 11a).

Em AMJ, 66 municípios (13,3 % dos 496 municípios do RS) foram atingidos pelos ES_{RS} (tab. 2 e Fig. 10), 56 na MN (12,96% dos municípios da MN) e 10 na MS (15,62% dos municípios da MS). Os municípios atingidos estavam localizados preferencialmente na região central e norte do RS (Fig. 11b).

O trimestre JAS, não só foi o segundo mais afetado pelos ES_{RS} como também foi o segundo em relação ao número de municípios atingidos (tab. 2 e Fig. 10), 136 municípios (27,42 % dos 496 municípios do RS). Estando situados na MN do RS 117 municípios (27,08% dos municípios referentes à MN do estado) e 19 na MS (29,68% dos municípios da MS). Neste período foi identificada uma maior concentração de municípios afetados pelos ES_{RS} na região metropolitana (localizada ao norte da Lagoa dos Patos) e no norte do estado (Fig. 11c).

O último trimestre do ano, OND (tab. 2 e Fig. 10), além de ter registrado a maior ocorrência de ES_{RS}, também foi o período do ano com maior número de municípios afetados por estes ES_{RS}, 144 municípios (29,03 % dos 496 municípios do RS). Assim como nos trimestres anteriores, a maior parte dos municípios afetados situou-se na MN do RS, 135 municípios (31,25% dos municípios da MN), e o restante na MS, 9 municípios (14,06% dos municípios da MS). Em relação à localização geográfica dos municípios atingidos (Fig. 11d), foi observado que este foi o único trimestre em que não houve ES_{RS} no litoral gaúcho e que as regiões norte, noroeste e centro do estado foram as mais afetadas.

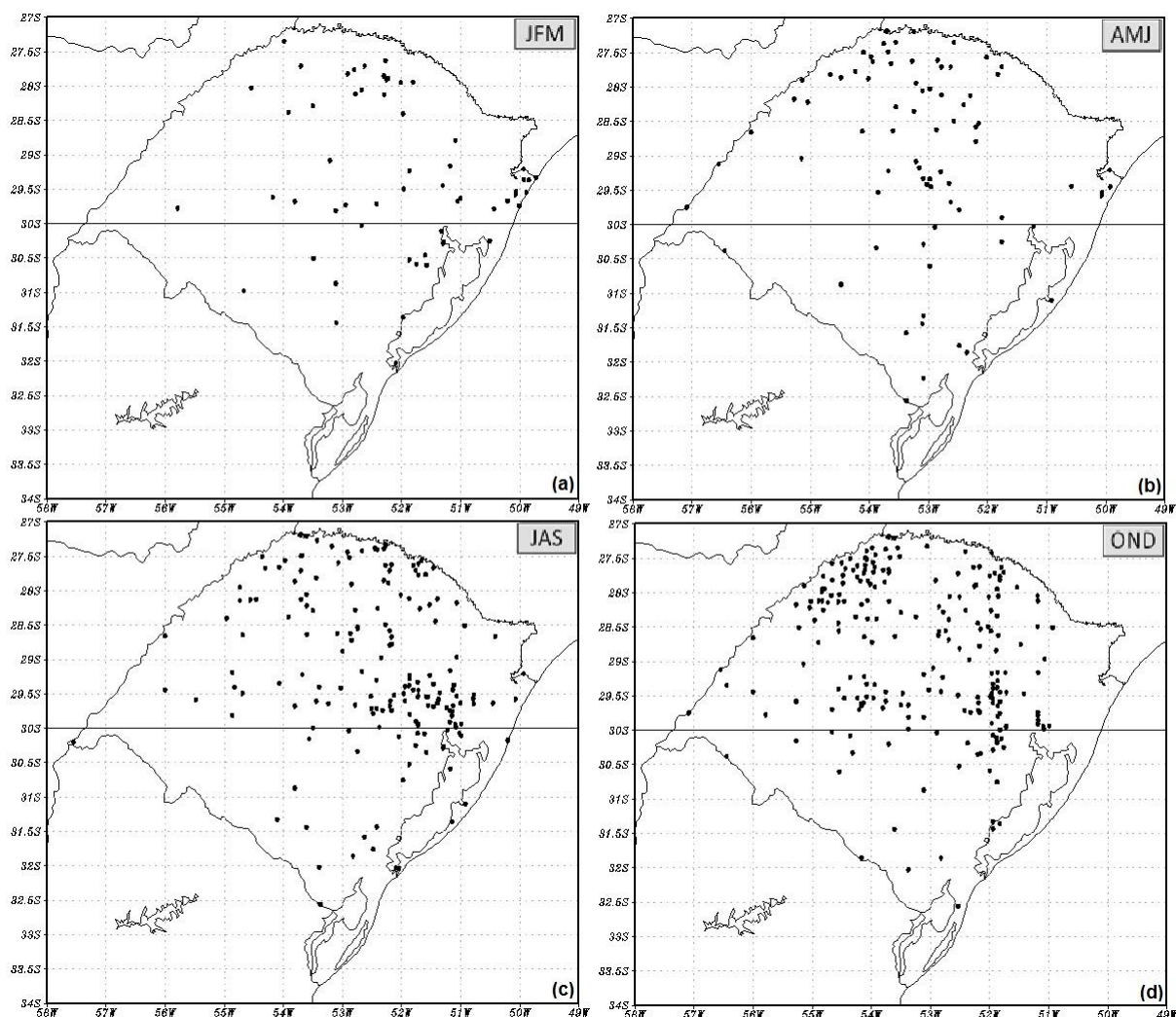


Figura 14 – Distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS atingidos por ES_{RS} no período de 2004 a 2008. JFM (a), AMJ(b), JAS (c) e OND (d).

4.2.2. Municípios do RS atingidos por cada um dos tipos de ES_{RS}

Em seguida, foi analisada a distribuição sazonal dos municípios do RS atingidos pelos diferentes tipos de ES_{RS} observados entre 2004 e 2008 (tab.3 e Fig. 12). Pode-se observar na tab. 3 que apesar de os ES_{RS} dos tipos vendaval e granizo terem ocorrido com a mesma frequência no período de estudo, ou seja, 64 eventos registrados de cada um destes tipos (tab. 1), o ES_{RS} do tipo granizo afetou 132 municípios, enquanto que o ES_{RS} do tipo vendaval afetou 118. Os ES_{RS} do tipo granizo e vendaval afetaram o maior número de municípios justamente por serem os eventos severos mais frequentes no RS, porém, a distinção entre os dois eventos pode ter sido causada devido ao fato de os SCM atingirem maiores extensões nos

períodos frios do ano, períodos estes propícios à formação de granizo, o que causa um número maior de municípios afetados por este tipo de evento. Este fato também foi observado por Rasesa (2013), o qual observou que o tamanho dos SCM tem forte influência no número de municípios atingidos. Observou-se ainda que a maior parte dos municípios atingidos por estes ES_{RS} ocorreram no trimestre OND (60 municípios atingidos por vendaval e 59 municípios atingidos por granizo).

Diversos ES_{RS} afetaram um número maior de municípios no período frio do ano (JAS), tais como: enxurrada (19), enchente (23), alagamento (6), deslizamento (3) e granizo/vendaval (14), sendo que este último também afetou 14 municípios no último trimestre do ano. Isto pode estar associado à maior frequência de SCM observados nesta região neste período do ano (RASESA, 2013).

Nesta análise, foi observado que o primeiro trimestre do ano, JFM (tab. 3 e Fig. 12a) destacou-se pela quantidade de municípios que sofreram com a ocorrência de vendaval, num total de 24 municípios atingidos, enquanto que outros tipos de ES_{RS}, tais como, enxurrada, inundação, granizo, granizo/vendaval, enchente e alagamento, tiveram um menor impacto no estado neste trimestre, com 12, 10, 7, 7, 2 e 1 municípios atingidos por estes, respectivamente.

Já o segundo trimestre do ano, AMJ (tab. 3 e Fig. 12b) destacou-se pela grande quantidade de municípios afetados pelo ES_{RS} do tipo granizo (31), seguido dos ES_{RS} do tipo vendaval (14), enchente (11), granizo/vendaval (5), enxurrada (4), alagamento (3), inundação (2) e deslizamento (1).

Devido ao grande número de ES_{RS} registrados no período frio, JAS (tab. 1 e Fig. 8), diversos municípios foram atingidos por estes (tab. 3 e Fig. 12c), sendo o granizo o principal ES_{RS} a afetar os municípios do estado (56 municípios). Registrou-se também neste período a ocorrência de eventos dos tipos vendaval, enchente, enxurrada, granizo/vendaval, alagamento, inundação e deslizamento, os quais afetaram 35, 23, 19, 14, 6, 4 e 3 municípios, respectivamente.

Com 60 e 59 municípios atingidos por vendaval e granizo, respectivamente, o trimestre OND (tab. 3 e Fig. 12d) foi o que sofreu maior impacto com a ocorrência de ES_{RS} no período de estudo. Observou-se ainda, que 14 municípios foram atingidos por granizo/vendaval e enchente, 11 por enxurrada, 10 por inundação e 1 por alagamento e deslizamento.

Tabela 3 – Distribuição sazonal dos municípios do RS afetados pelos ES_{RS} entre 2004 e 2008.

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 ES_{RS}

**total trimestral de municípios distintos atingidos por todos os ES_{RS}

*** total de municípios distintos atingidos por todos os ES_{RS}

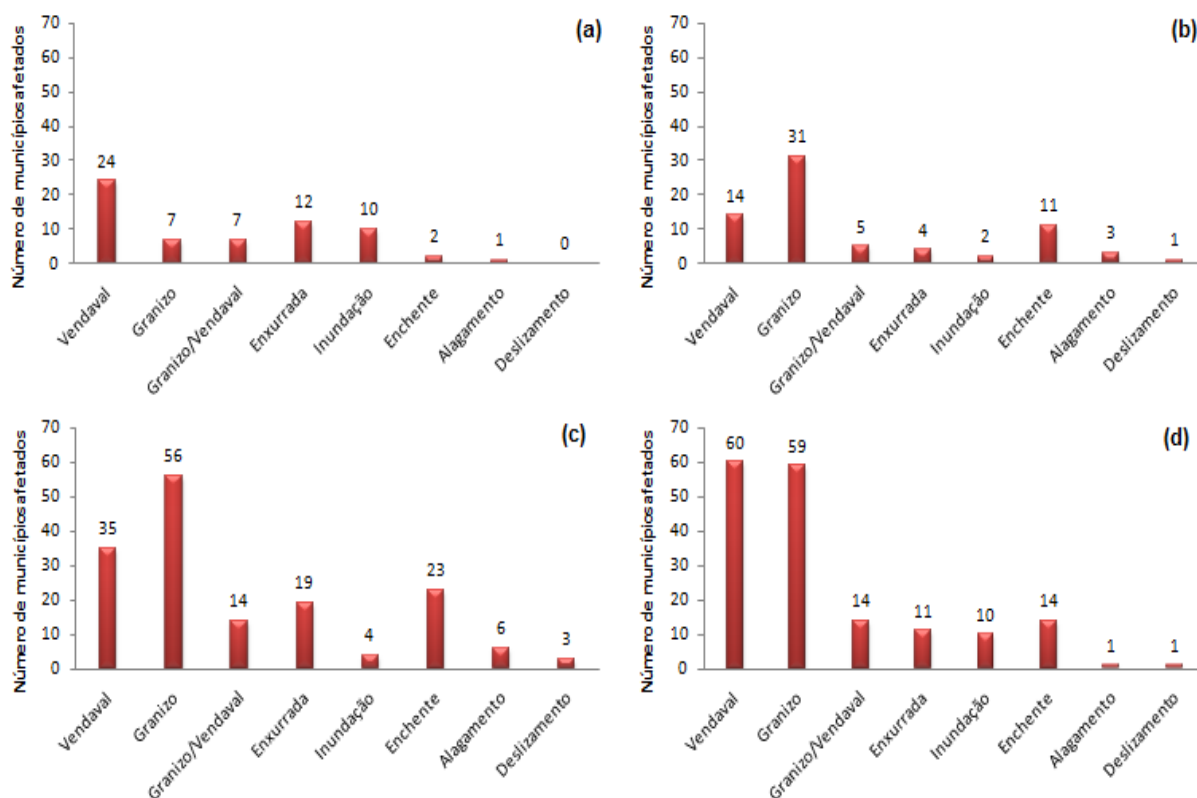


Figura 15 – Distribuição sazonal dos municípios do RS atingidos pelos diferentes tipos de ES_{RS} entre 2004 e 2008. JFM (a), AMJ (b), JAS (c) e OND (d).

4.3 Impactos do ES_{RS} do tipo granizo no RS entre 2004 e 2008

Com um total de 64 ocorrências (tab. 1) e 132 municípios atingidos (tab. 3), o ES_{RS} do tipo granizo foi o evento que mais se destacou dentre todos os ES_{RS} analisados neste estudo. Por esta razão, foi feita uma análise sazonal mais específica, estudando-se apenas o ES_{RS} do tipo granizo. Para isto inicialmente analisou-se a distribuição sazonal dos ES_{RS} do tipo granizo, bem como os municípios atingidos por estes eventos. Também se analisou o impacto deste tipo de evento no RS.

4.3.1 Distribuição sazonal e espacial do ES_{RS} do tipo granizo

A Fig. 13 mostra a distribuição sazonal do ES_{RS} do tipo granizo (coluna azul) e dos municípios da MN (coluna verde) e da MS (coluna roxa) atingidos por este ES_{RS}, bem como o total de municípios atingidos (coluna vermelha). Nota-se nesta figura que houve um contínuo aumento no número de registros de ocorrência de ES_{RS} do tipo granizo ao longo do ano, com os trimestres JFM, AMJ, JAS e OND registrando 6 (9,4% dos 64 ES_{RS} do tipo granizo), 15 (23,4% dos 64 ES_{RS} do tipo granizo), 20 (31,3% dos 64 ES_{RS} do tipo granizo) e 23 (35,9% dos 64 ES_{RS} do tipo granizo) casos de granizo, respectivamente. Nota-se também, que o número de municípios atingidos pelos casos de granizo foi proporcional ao número de eventos registrados, ou seja, JFM registrou um total de 7 municípios atingidos (6-MN e 1-MS, 5,3% dos 132 municípios atingidos), AMJ 31 (26-MN e 5-MS, 23,49% dos 132 municípios atingidos), JAS 56 (43-MN e 13-MS, 42,4% dos 132 municípios atingidos) e OND 59 (55-MN e 4-MS, 44,7% dos 132 municípios atingidos) (tab. 4 e Fig. 13).

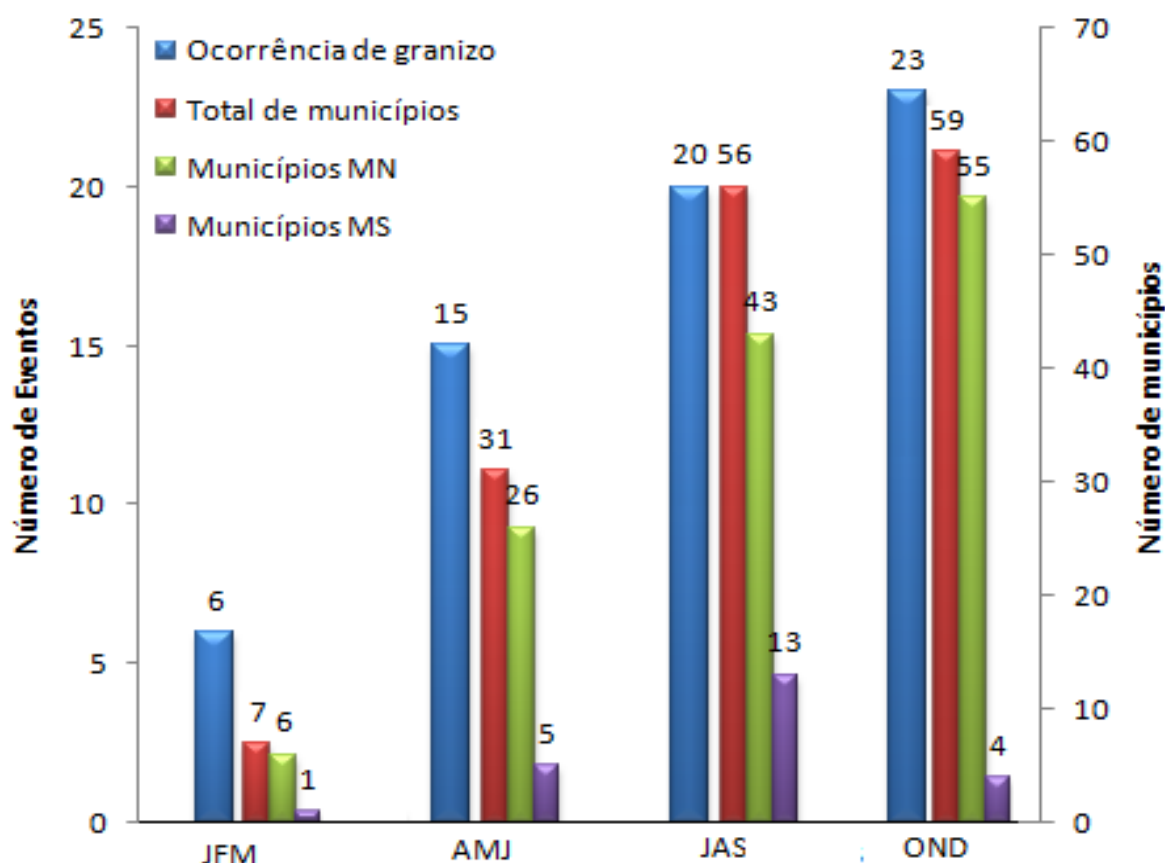


Figura 16 – Distribuição sazonal dos ES_{RS} do tipo granizo (coluna azul) e os municípios do RS atingidos por este entre 2004 e 2008: total de municípios do RS atingidos (coluna vermelha), municípios atingidos na MN (coluna verde) e municípios atingidos na MS (coluna roxa).

Pode-se observar também que assim como houve uma predominância de municípios atingidos por todos os tipos de ES_{RS} (tab. 2) estarem localizados na MN, o mesmo foi observado para o ES_{RS} do tipo granizo (Fig. 13 e tab. 4). Esta característica foi observada em todos os trimestres do ano. Nota-se que dos 132 municípios atingidos por granizo entre 2004 e 2008, 83,3% (110 municípios) estavam localizados na MN e 16,7% na MS (22 municípios). A principal causa desta distinção entre as metades norte e sul do RS se deve principalmente à maior densidade de municípios na MN, a qual engloba 87,1% do total de municípios do estado.

Tabela 4 – Municípios do RS atingidos por ES_{RS} do tipo granizo no período de 2004 a 2008.

Trimestre	Municípios MN	Municípios MS	Municípios RS
JFM	6	1	7
AMJ	26	5	31
JAS	43	13	56
OND	55	4	59
Total*	110	22	132

* total de municípios distintos atingidos por granizo

A análise da distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS atingidos por granizo (Fig. 14) mostrou que em todos os trimestres houveram municípios afetados pelo granizo, e apesar de a MN ser mais atingida em todos os períodos do ano, os municípios da MS também foram atingidos nos quatro trimestres. Mesmo assim, cada período do ano apresentou suas particularidades em relação à distribuição geográfica dos municípios afetados por granizo.

Em JFM foi observado um total de 7 municípios afetados pelo ES_{RS} granizo, sendo que destes, 6 estavam localizados na MN e 1 na MS (tab. 4 e Figs. 13 e 14a). Os municípios afetados concentraram-se principalmente no norte do estado.

No segundo trimestre do ano (AMJ), 31 municípios foram atingidos pelo granizo, sendo que a maior incidência foi registrada na parte norte e noroeste do estado. Houve 26 municípios afetados na MN e 5 na MS (tab. 4 e Figs. 13 e 14b).

Com uma maior quantidade de municípios afetados (56) do que os períodos anteriores, JAS apresentou municípios atingidos por granizo, bem distribuídos pelo estado, sem nenhuma região preferencialmente afetada, ainda assim, a MN registrou 43 municípios afetados e a MS apenas 13 (tab. 4 e Figs. 13 e 14c).

Já o trimestre de OND (tab. 4 e Figs. 13 e 14d), além de registrar a maior quantidade de municípios afetados pelo granizo (59) e a maior diferença entre a MN e a MS, também apresentou grande densidade de municípios afetados principalmente na região noroeste do estado.

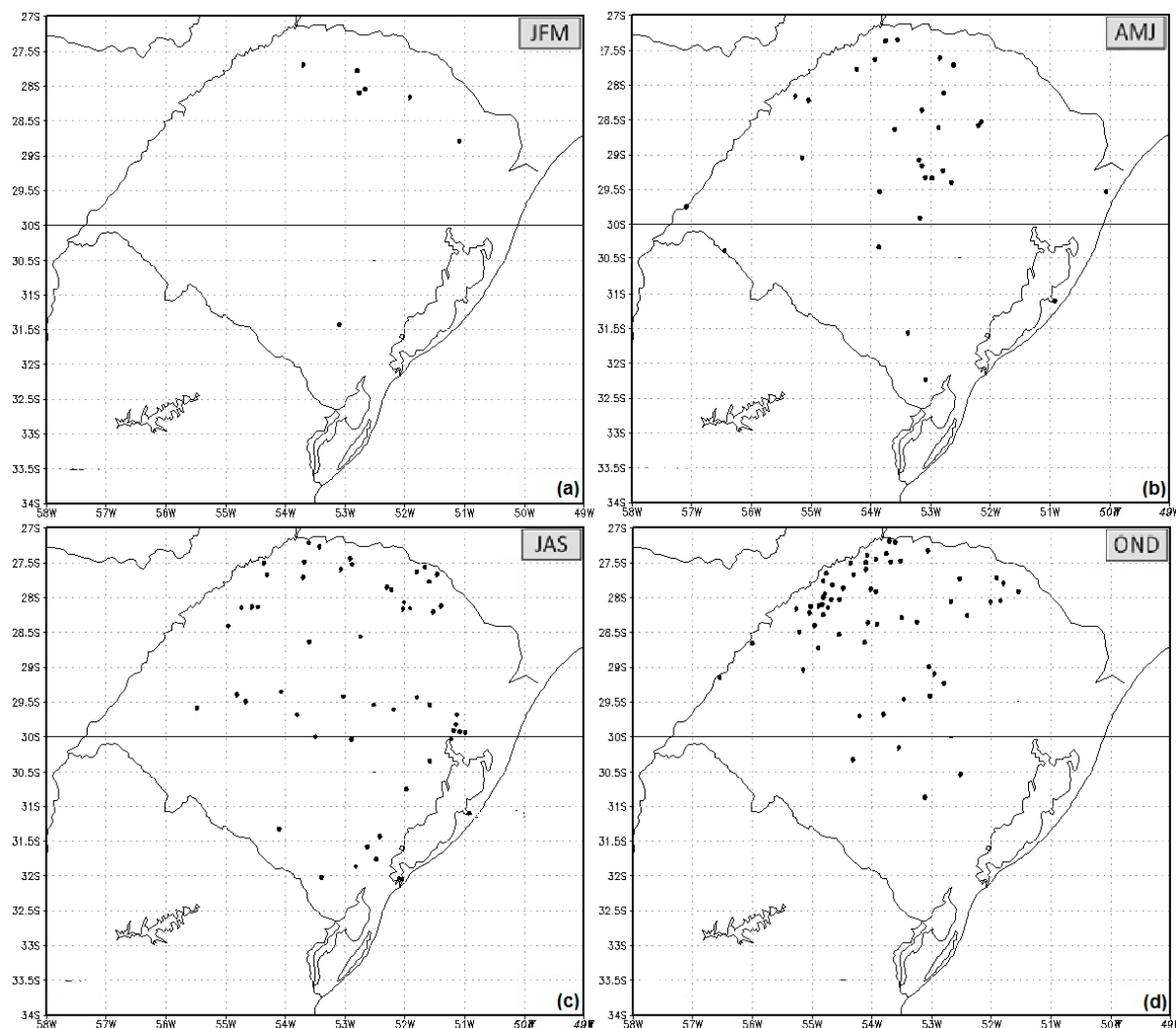


Figura 17 – Distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos por ES_{RS} do tipo granizo no período de 2004 a 2008. JFM (a), AMJ (b), JAS (c) e OND (d).

Pôde-se portanto, observar (Fig. 14) que os municípios atingidos por granizo, estavam localizados na sua maioria no oeste e noroeste do RS. Uma das razões para esse fato pode ser a preferência de a transição entre as fases de iniciação e maturação dos SCM e especificamente dos CCM ocorrerem nesta região, no período de 2004 a 2008 (VARGAS JR. et al., 2012a). Isso 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 portanto condições favoráveis à formação de granizo. Além disso, outra questão que pode justificar a região oeste e noroeste do RS como preferencial para a ocorrência de granizo é que os CCM, observados no

período de estudo na região (VARGAS JR. et al., 2012b), por serem SCM mais circulares apresentam maior atividade convectiva, maior duração e maior desenvolvimento vertical, com temperaturas mais baixas no topo das nuvens, contribuindo para o desenvolvimento de condições favoráveis para a ocorrência de granizo no estado.

4.3.2. Análise da situação dos municípios atingidos por ES_{RS} do tipo granizo

Analisou-se também, o impacto sazonal dos ES_{RS} do tipo granizo, que ocorreram entre 2004 e 2008, em função de a DCRS ter declarado ou não situação de emergência nos municípios atingidos (tab. 5). Além disso, foram determinados os locais (Rural e/ou Urbano) mais atingidos nestes municípios (tab. 6).

A análise da tab. 5 mostra que das 161 comunicações à DCRS da situação dos municípios atingidos pelo ES_{RS} do tipo granizo (tab. 5), esta declarou situação de emergência em 113 ocorrências (70,18%). Cabe lembrar que no período de estudo 132 municípios distintos foram atingidos por granizo (tab. 4), porém houveram municípios que foram atingidos mais de uma vez, e, portanto, declararam sua situação mais de uma vez.

No trimestre JFM, para as 7 comunicações à DCRS do ES_{RS} do tipo granizo foi declarada situação de emergência em todos os casos. Este fato ocorreu possivelmente, devido aos episódios de granizo terem sido bastante intensos. Nos trimestres AMJ, JAS e OND a DCRS declarou situação de emergência em 69,69% (23), 56,89% (33) e 79,36% (50) do total de declarações de ocorrência de granizo, respectivamente. Nota-se que JAS foi o trimestre que apresentou a menor diferença entre a porcentagem de declarações ou não da situação de emergência, mostrando que neste trimestre possivelmente os eventos de granizo tenham apresentado menor intensidade do que aqueles registrados nos outros trimestres.

Considerando-se uma análise por períodos do ano, foi observado que nos períodos quentes 81,42% das declarações de ocorrência de granizo houve situação de emergência nos municípios atingidos, enquanto que nos períodos frios houve situação de emergência em 61,53% das declarações. A maior proporção de declarações de situação de emergência nos trimestres JFM e OND (períodos

quentes) se deve à maior atividade convectiva nestes períodos do ano que favorecem ES_{RS} mais extremos e localizados (por isso a menor quantidade de declarações de ocorrências de granizo em relação ao período frio).

Tabela 5 – Distribuição sazonal da situação dos municípios afetados pelo ES_{RS} do tipo granizo no período de 2004 a 2008.

Trimestre	Situação de emergência	
	Sim	Não
JFM	7	0
AMJ	23	10
JAS	33	25
OND	50	13
Total*	113	48
Contribuição (%)	70,18	29,72

* A diferença entre o total de declarações na tab. 5 (161) e o total de municípios distintos atingidos na tab. 4 (132) se deve ao fato de que alguns municípios foram atingidos mais de uma vez por granizo ao longo do período de estudo, declarando sua situação mais de uma vez.

Tabela 6 – Distribuição sazonal dos locais atingidos em cada município pelo ES_{RS} granizo no período de 2004 a 2008.

Trimestre	Locais atingidos		
	Rural	Urbano	Sem registro
JFM	5	1	1
AMJ	31	18	0
JAS	26	35	8
OND	34	45	6
Total	96	99	15
Contribuição (%)	45,71	47,14	7,14

Por fim, analisou-se a distribuição sazonal das zonas atingidas (urbana e/ou rural) em cada município pelos ES_{RS} do tipo granizo (tab. 6). Observou-se que não houve diferenças significativas entre as zonas afetadas dos municípios. Pode-se notar que tanto a zona urbana quanto a zona rural foram afetadas e apresentaram, aproximadamente, a mesma proporção. Cerca de 46% dos locais atingidos estavam

localizados em zonas rurais, enquanto que cerca de 47% deles estavam localizados em zonas urbanas. Observou-se ainda que, aproximadamente 7% dos locais atingidos não tiveram registros na DCRS.

Com isto, foi possível observar que cerca de 70% das ocorrências de granizo causaram situações de emergência nos municípios, ou seja, este tipo de evento possui grande potencial destrutivo para a sociedade. Também foi observado que não houve locais (rural e/ou urbano) preferencialmente atingidos pelo granizo, tanto a zona rural como a urbana foram afetadas e as diferenças observadas na tab. 6 estão dentro da margem de erro, já que não houve registro em 7,14% das ocorrências.

Conclusão

Com este estudo foi possível selecionar e analisar os eventos severos, os municípios atingidos por estes e o impacto do evento severo mais comum observado no RS (granizo), entre 2004 e 2008.

A análise sazonal dos ES_{RS} entre 2004 e 2008 permitiu concluir que:

- i) Os tipos mais comuns foram granizo e vendaval;
- ii) Os ES_{RS} do tipo vendaval, enxurrada, granizo/vendaval e inundação foram observados com maior frequência nos períodos quentes, enquanto que os eventos do tipo granizo, enchente, alagamento e deslizamento tiveram sua maior frequência nos períodos frios;
- iii) Eventos extremos de precipitação podem levar a um maior número de eventos do tipo enxurrada causando, possivelmente, o maior número de eventos do tipo inundação.
- iv) A baixa taxa de evaporação nos períodos frios do ano favoreceu o maior número de registros de alagamento, o que por sua vez pode estar diretamente interligado com a maior frequência de deslizamentos nesta época do ano;
- v) Os períodos quentes apresentaram maior frequência de ES_{RS} em relação aos períodos frios.

Já a análise dos municípios do RS atingidos pelos ES_{RS} observados no período de 2004 a 2008 mostrou que:

- i) Os 247 ES_{RS} observados afetaram um total de 276 municípios, dos quais, a maior parte estava localizada na MN do estado;
- ii) Os períodos quentes e frios apresentaram semelhante número de municípios atingidos por ES_{RS};

- iii) Apesar dos ES_{RS} do tipo granizo e vendaval terem ocorrido com a mesma frequência dentro do período de estudo, granizo foi o evento que afetou o maior número de municípios.

Com o estudo do impacto do ES_{RS} do tipo granizo pode-se concluir que:

- i) ES_{RS} do tipo granizo afetaram maior número de municípios na MN do estado em relação à MS, comportamento semelhante aquele observado quando se analisaram a ocorrência de todos os ES_{RS} no período de estudo;
- ii) Em aproximadamente 70%, das ocorrências de granizo houve declaração de situação de emergência pelo município afetado e
- iii) Não houve zona (rural e/ou urbana) preferencialmente atingida pelo ES_{RS} do tipo granizo.

As diferenças sazonais das características dos ES_{RS}, bem como a distribuição e localização geográfica dos municípios atingidos por estes foram discutidas neste trabalho com o intuito de se buscar um melhor entendimento sobre a ocorrência de eventos meteorológicos extremos no estado do RS.

Outro estudo que pode ser realizado, visando utilizar os resultados deste trabalho é com relação à análise específica de cada tipo de ES_{RS}, podendo-se fazer uma comparação entre eles, observando se existe um comportamento padrão ou único para cada um deles.

Além de ser muito útil para a região em questão, o estudo de ES pode ser expandido para diversas outras localidades do globo podendo inclusive servir como base de estudo para outras pesquisas científicas.

Referências

ALVES, M.A.; CAMPOS, C.R.J. Análise da ocorrência diária de eventos severos no Estado do Rio Grande do Sul no ano de 2009. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20 E MOSTRA CIENTÍFICA, 3. 2011a, Pelotas-RS. **Anais do...** Pelotas-RS: UFPel, 2011a.

ALVES, M.A.; CAMPOS, C.R.J.; SANTOS, A.P.M.; HÄRTER, F.P.; CARVALHO, J.C. Cidades do Rio Grande do Sul – Brasil atingidas por eventos severos em 2009. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 6. 2011b, Ciudad de La Habana. **Anais do...** Ciudad de La Habana, 2011b.

ANDRADE, G. O. **Os climas**. In: Azevedo, A. (org.) Brasil, a terra e o homem. 2° ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1972. v.1, p. 397-462.

ANTUNES, C. **Geografia e participação: regiões do Brasil** (em português). São Paulo: Scipione, 1996. p. 90. vol. 2.

ARAUJO, S.M.B. **Estudo da variabilidade climática em regiões homogêneas de temperaturas médias do ar no Rio Grande do Sul. 2005**. 54f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - PPGMet-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre: SCP/DEPLAN. Disponível em: <<http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/default.asp#>> .Atualizado em: 23/09/2011. Acesso em: 16 jul. 2012.

ÁVILA, A. M. H.; BERLATO, M.; SILVA, J. B.; FONTANA, D. C. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 149-154, 1996.

AYSAN, Y.; OLIVER, P. **Housing and Culture after Earthquakes**. Oxford Polytechnic, Oxford, 1987. Earthquakes. Oxford Polytechnic, Oxford, 1987.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; PUCHALSKI, L. 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, 2000, Pelotas-RS: **Anais do...** Pelotas-RS: Embrapa Clima Temperado, 2000, p.67-81.

BONNER, W. D. Climatology of the Low Level Jet. **Monthly Weather Review**, v. 96, n.12, p. 833-850, 1968.

BRYANT, E. A. **Natural hazards**. Cambridge University Press, Cambridge. 288 p., 1991.

CAMPOS, C. R. J. ; Silva, M.V. . **Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Rio Grande do Sul** em 2006. Revista Brasileira de Geofísica (Impresso), v. 28, p. 121-136, 2010.

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** (Impresso), v. 29, p. 331-345.

CAVALCANTI, I. F. A. ; KOUSKY, V. E. Climatology of South American cold fronts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY,7, 2003, Wellington. **Anais...** Welington, New Zealand: American Meterological Society, 2003. CD-ROM.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 283 p., 1998.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em Defesa Civil**. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Departamento de Defesa Civil, 133 p., 1999.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 174 p., 2003.

CORFIDI, S.F.; MERITT, J.H.; FRITSCH, J.M. Predicting the movement of mesoscale convective complexes. **Weather and Forecasting**, v.11, p.41-46, 1996.

COTTON, W. R.; ANTHES, R. A. **Storm and Cloud Dynamics**. Academic Press, 880 pp. 1989.

CUNY C.F. **Disasters and Development**. Oxford University Press. New York, Oxford, 1983.

DEFESA CIVIL. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br>> Acesso em: 5 fev. 2012.

EICHHOLZ, C. W.; CAMPOS, C.R.J. Distribuição de eventos extremos de precipitação no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 6. 2011a, Ciudad de La Habana. **Anais do...** Ciudad de La Habana, 2011a.

EICHHOLZ. **Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o RS no período de 2004 a 2008**. 2011b, 102p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - PPGMet-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

FEE - Fundação de Economia e Estatística. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_estado.php>. Acesso em: 24 jun. 2012.

FIGUEIREDO, S. A.; CALLIARI, L. J. Sangradouros: Distribuição espacial, Variação sazonal, Padrões morfológicos e Implicações no gerenciamento costeiro. **Gravel**. v. 3: p. 47-58, 2005.

GLICKMAN, T. S. **Glossary of meteorology**. Boston: American Meteorological Society, 855 p., 2000.

GUIDICINI, G.; IWASA, O.Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 48 p. (Relatório n. 1080), 1976.

HARTER, I. B. Análise de precipitação em Pelotas - RS utilizando transformada Wavelet de Morlet. Pelotas, 2004, 85f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Programa de Pós-Graduação em Meteorologia - Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

HOLTON, James R. An Introduction to Dynamic Meteorology. In: **Introduction**. Seattle, Washington: Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, 2004. p. 1-27

HOUZE, R.A. Mesoscale convective systems. In Cloud dynamics. **Academic Press, Inc**, v. 53, p. 334-404, 1993.

IPAGRO – Instituto de Pesquisas Agronômicas. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPAGRO, p.102, 1989.

KNIGHT, C. A.; KNIGHT, N. C. Hailstorms. In: DOSWELL III, C. A. Severe convective storms. Boston: American Meteorological Society, 2001. **Meteorological Monographs**, v. 28, n. 50, p.223 – 249, 2001.

KOBIYAMA, M.; et al. **Prevenção de desastres: conceitos básicos**. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.

KULICOV, V. A.; RUDNEV, G. V. **Agrometeorologia tropical**. Havana: Científico Técnica, 1980.

MACHADO, L.A.T.; ROSSOW, W.B.; GUEDES, R.L.; WALKER, A.W. Life cycle variations of mesoscale convective systems over the Americas. **Monthly Weather Review**, v.126, p.1630-1654, 1998.

MARENGO J. A., SOARES W. R., SAULO C.; NICOLINI M. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEPNCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.

MEJIA J. 2004. Boundary Layer Forcing Mechanisms of the Low-Level Jet Events during SALLJEX. Disponível em: <<http://www.nssl.noaa.gov/projects/pacs/salljex/archive/research/mejia/ABL.Mejia.html>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

MOTA, F.S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: Normais agroclimáticas**. Pelotas: 1971. 80p. (Circular nº50).

NICOLINI, M.; SAULO, A.C.; TORRES, J.C.; SALIO, P.: 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, v.27, p.59-69, 2002.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2.ed,1989. 421p.

ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. **Bulletin of American Meteorological Society**. v. 56, n.15, p. 527-534, 1975.

QUADRO, M. F. L., L. H. R. MACHADO, S. CALBETE, N. N. M. BATISTA, G. SAMPAIO. Climatologia de Precipitação e Temperatura. **Climanálise Especial - Edição Comemorativa de 10 anos**. MCT/INPE/CPTEC, 1996.

RASERA. **Eventos Severos gerados por SCM que atingiram o RS no período de 2004 a 2008**. 2013, 76p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - PPGMet-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.A.; SILVA DIAS, P.L. South America. In: **Meteorology of the Southern Hemisphere**. Boston: A.M.S., v.27. p.119-139, 1998.

SALIO P., NICOLINI M., SAULO A. C. Chaco Low Level Jet Events Characterization during the Austral Summer Season. **Journal Geophysical Research**, 107(D24): 4816, 10.1029/2001JD001315, 2002.

SALIO, P.; NICOLINI, M.; ZIPSER, E. J. Mesoscale Convective Systems over Southeastern South America and Their Relationship with the South American Low-Level Jet. **Monthly Weather Review**, v.135, p.1290 – 1309, 2007.

SELBY, M.J. **Hillslope materials and processes**. 2ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 451p., 1993.

SIQUEIRA, J. R. **Variabilidade interdiurna da convecção na América do Sul: a propagação meridional da convecção**. 2004a, 186p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), INPE- São José dos Campos.

SIQUEIRA, J.R.; MACHADO, L.A.T. Influence of the Frontal Systems on the Day-to-Day Convection Variability over South America. **Journal of Climate**, v.17, p.1754-1766, 2004b.

TORRES, J.C. **Sistemas convectivos en mesoescala altamente precipitantes en El norte y centro de Argentina**. Tese de doutorado. FCEyN-UBA, 2003.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva. Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. 1º ed. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1983. 374p .

VARGAS JR., V. R.; CAMPOS, C. R. J.; RASERA, G.; EICHHOLZ, C. W. Formação e Deslocamento dos CCM que afetaram o RS entre 2004 e 2008. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 11. 2012a, Mendoza-AR. **Trabalhos online...** Disponível em: <<http://www.congremet.prmarg.org/upload/vargasvanderlei2.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

VARGAS JR., V. R.; CAMPOS, C. R. J.; RASERA, G.; EICHHOLZ, C. W. Características Físicas dos CCM que afetaram o RS no Período de 2004 a 2008. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 11. 2012a, Mendoza-AR. **Trabalhos online...** Disponível em: <<http://www.congremet.prmarg.org/upload/vargasvanderlei2.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

VELASCO, I.; FRITSCH, J.M. 1987. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal Geophysical Research**, v.92, p. 9591-9613, 1987.

VIANA,D.R.; AQUINO, F.E.; BURGOBRAGA, R.; FERREIRA, N.J. Mesoscale convective complexes in Rio Grande do Sul between october and december of 2003 and associated precipitation. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.3, 276-291, 2009a.

VIANA,D.R.; AQUINO, F.E.; MUÑOZ, V. A. Avaliação de desastres no Rio Grande do Sul associados a Complexos Convectivos de Mesoescala. **Revista Sociedade & Natureza**, v.21, n.2, 91-105, 2009b.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora da UFV. 2000. p. 448.

WIJKMAN, A.; TIMBERLAKE, L. **Desastres Naturales ¿Fuerza Mayor u Obra del Hombre?** Earthscan, 1985.