

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

**Faculdade de Meteorologia**

**Graduação em Meteorologia**



Trabalho de Conclusão de Curso

**Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul em 2009**

**Marco Aurélio Alvarenga Alves**

Pelotas, 2013

**MARCO AURÉLIO ALVARENGA ALVES**

**Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul em 2009**

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

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Rejane Jacondino de Campos

Pelotas, 2013

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

A474e      Alves, Marco Aurélio Alvarenga  
              Eventos severos que afetaram o Rio Grande do Sul em  
              2009 / Marco Aurélio Alvarenga Alves. – 58f. ; il. – Monografia  
              (Conclusão de curso). Graduação em Meteorologia.  
              Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Meteorologia.  
              Pelotas, 2013. – Orientador Cláudia Rejane Jacondino de  
              Campos.

1.Meteorologia. 2.Eventos severos. 3.Sistemas  
convectivos de mesoescala. 4.Vendaval. 5.Enxurrada.  
6.Enchente. I.Campos, Cláudia Rejane Jacondino de.  
II.Título.

CDD: 551.55098165

**Banca examinadora**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Rejane Jacondino de Campos

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Barros Pinto

Prof. Dr. Anderson Spohr Nedel

## **Dedicatória**

A todos que me ajudaram e que acreditaram em mim.

## **Agradecimentos**

Agradeço à Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de graduação.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Cláudia Rejane Jacondino de Campos, pelo seu trabalho e dedicação na construção da minha aprendizagem.

À minha família e a Mário Studzinski, que sempre estiveram ao meu lado.

Aos professores da graduação, que sempre estiveram dispostos a me ajudar durante todo o curso.

Aos amigos da graduação, pela troca de conhecimentos e pela convivência ao longo deste curso.

Ao ex-aluno do curso de Pós-Graduação, e hoje mestre, Gustavo Rasera, pelos auxílios neste e em outros trabalhos realizados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

## Resumo

ALVES, Marco Aurélio Alvarenga. **Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul em 2009**. 2013. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Os seres humanos vivem com extrema dependência da natureza, logo, atividades que são desenvolvidas pelos homens bem como sua fonte de alimentos são influenciadas pelas intempéries climáticas. Eventos Severos (ES), também denominados episódios de desastre relacionados a condições meteorológicas extremas, como vendaval, enxurrada, enchente, entre outros, podem provocar danos à sociedade, economia, saúde e meio ambiente. No Rio Grande do Sul (RS), as ocorrências destes ES estão geralmente associadas a sistemas convectivos de mesoescala (SCM) e sistemas frontais (SF), sendo que ambos também contribuem para expressivos acumulados de precipitação na região. A partir do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar os ES que afetaram o RS em 2009, utilizando dados disponibilizados pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do RS (CEDEC). Foram selecionados ES que em geral estão associados à SCM e SF; analisou-se a distribuição sazonal do número de dias com ocorrência dos ES; a distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS atingidos pelos três tipos mais frequentes de ES observados neste ano e por último o impacto no RS do tipo de ES que apresentou maior frequência diária. Pôde-se observar que: a maior parte dos municípios atingidos por ES no RS em 2009 estavam localizados na metade norte do estado (Norte de 30°S); o período temperado quente (out-nov-dez) apresentou maior número de dias com ocorrência de ES e de municípios atingidos; houve maior número de ocorrência de vendaval, enxurrada e enchente. Das ocorrências de vendavais na região, 94,2% das comunicações à CEDEC decretaram situação de emergência; 19,5% dos municípios afetados por vendaval em 2009 registraram danos na agricultura e; OND foi o trimestre com maior registro de situação de emergência, de locais atingidos, de pessoas atingidas e de danos na agricultura causados pela ocorrência de vendaval.

Palavras-chave: eventos severos, sistemas convectivos de mesoescala, vendaval, enxurrada, enchente.

## Abstract

ALVES, Marco Aurélio Alvarenga. **Severe Events that affected Rio Grande do Sul in 2009**. 2013. 58p. Final examination - Faculty of Meteorology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Humans live with extreme dependence on nature, so that activities are carried out by men as well as their food source are influenced by climatic conditions. Extreme Weather (EW), also called episodes disaster related to extreme weather conditions such as windstorm, flash flood, flooding, among others, could cause harm to society, the economy, health and environment. In Rio Grande do Sul (RS), the occurrences of these EW are generally associated with mesoscale convective systems (MCS) and frontal systems (FS), both of which also contribute to significant cumulative rainfall. From the above, this study aimed to analyze the EW that affected the RS in 2009, using data provided by the State Coordinator of Civil Defense RS (SCCD). EW were selected that are generally associated with MCS and FS; analyzed the seasonal distribution of the number of days with occurrence of EW, the geographical distribution of seasonal RS municipalities affected by the three most frequent types of EW observed this year and finally the impact on the type of RS EW with the highest daily frequency. It was observed that: most of the municipalities affected by the EW RS in 2009 were located in the northern half of the state (north of 30 ° S), the warm temperate period (Oct-Nov-Dec) had the greatest number of days with occurrence of EW and affected municipalities with higher number of occurrence of storms, runoff and flooding. Occurrences of windstorm in the region, 94.2% for communications SCCD enacted emergency situation, 19.5% of the municipalities affected by windstorm in 2009 and reported damages in agriculture; OND was the quarter with the highest record of emergency, the local hit, the people affected and damage to agriculture caused by the occurrence of windstorm.

Keywords: extreme weather, mesoscale convective systems, windstorm, flash flood, flooding.



## Lista de figuras

Figura 1 - Mapa hipsométrico do Rio Grande do Sul. ....	19
Fonte: ASERS (2013).	
Figura 2 - Divisão municipal (a) e bacias hidrográficas (b) do RS.....	19
Fonte: ASERS (2013).	
Figura 3 – Tipos de clima da Região Sul do Brasil.....	20
Fonte: ANTUNES (1996, p. 90).	
Figura 4 - Coordenadorias Regionais de Defesa Civil do RS.....	23
Fonte: CEDEC (2012).	
Figura 5 - Página principal do site da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do RS com a indicação do local onde se encontram os dados sobre ES (seta em vermelho).....	24
Fonte: <a href="http://www.defesacivil.rs.gov.br">http://www.defesacivil.rs.gov.br</a>	
Figura 6 – Municípios atingidos por ES de 2003 a 2010 (seta azul) e a partir de 2011 (seta vermelha).....	25
Fonte: <a href="http://www.defesacivil.rs.gov.br">http://www.defesacivil.rs.gov.br</a>	
Figura 7 - Distribuição geográfica das mesorregiões do Rio Grande do Sul, de acordo com o IBGE (2013).....	35
Figura 8 - Distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ESRS dos tipos: vendaval (coluna azul), enxurrada (coluna vermelha) e enchente (coluna verde), em 2009. ....	40

Figura 9 - Distribuição sazonal para o ano de 2009 do número de municípios atingidos por ESRS dos tipos: vendaval (coluna azul), enxurrada (coluna vermelha) e enchente (coluna verde). .....	41
Figura 10 - Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingido por vendaval em 2009, em cada mesorregião do RS: JFM, AMJ, JAS e OND.....	44
Figura 11 - Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingidos por enxurrada em 2009, em cada mesorregião do RS: JFM, JAS e OND. ....	45
Figura 12 - Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingidos por enchente em 2009, em cada mesorregião do RS: JFM, JAS e OND.....	46
Figura 13 - Distribuição geográfica do número de municípios atingidos por vendaval em 2009, que registraram danos na agricultura em cada mesorregião do RS.....	51

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ES <sub>RS</sub> em 2009. ....	38
Tabela 2 - Distribuição sazonal do número de municípios atingidos por ES <sub>RS</sub> em 2009.....	39
Tabela 3 - Municípios da Metade Norte (MN) e Sul (MS) do RS atingidos por: (A) Vendaval, (B) Enxurrada e (C) Enchente no ano de 2009.....	42
Tabela 4 - Distribuição sazonal da situação dos municípios, dos locais e do número de pessoas atingidas por vendaval em 2009. ....	49
Tabela 5 - Distribuição sazonal do número de municípios atingidos por vendaval em 2009 que registraram danos na agricultura. ....	51

## Lista de abreviatura e siglas

AMJ	Abril-Maio-Junho
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
AS	América do Sul
CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
CEDEC	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
DISME/INMET	Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia
EEP	Eventos Extremos de Precipitação
EN	El Niño
ENOS	El Niño Oscilação Sul
ES	Eventos com Condição de Tempo Severo
ES <sub>RS</sub>	Eventos Severos que Atingem o Rio Grande do Sul
FF	Frentes Frias
ForTrACC	Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters
JAS	Julho-Agosto-Setembro
JBN	Jato de Baixos Níveis
JFM	Janeiro-Fevereiro-Março
JSAN	Jato Subtropical de Altos Níveis
LN	La Niña
MA	Municípios Atingidos
MAES <sub>RS</sub>	Municípios Atingidos pelos ES <sub>RS</sub>
MA <sub>3ES</sub>	Municípios Atingidos pelos 3 tipos mais frequentes de ES <sub>RS</sub>
MN	Metade Norte
MS	Metade Sul
OPE	Oceano Pacífico Equatorial

OND	Outubro-Novembro-Dezembro
PNM	Pressão ao Nível do Mar
REDEC	Coordenadoria Regional de Defesa Civil
ROL	Radiação de Onda Longa
RS	Rio Grande do Sul
SCM	Sistemas Convectivos de Mesoescala
SCM <sub>RS-ES</sub>	Sistemas Convectivos de Mesoescala que Causaram Eventos Severos no Rio Grande do Sul
SCM <sub>RS-ES-MN</sub>	Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram somente a Metade Norte do Rio Grande do Sul
SE	Situação de Emergência
SF	Sistemas Frontais
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

## Sumário

1	Introdução .....	15
2	Revisão de literatura.....	18
2.1.	Área de estudo .....	18
2.2	Eventos com condição de tempo severo ou episódios de desastres associados a condições meteorológicas extremas (ES) .....	21
2.3	Resultados de pesquisas sobre ES.....	25
2.4	Condições atmosféricas em 2009 sobre o RS .....	30
3	Metodologia.....	32
4	Resultados .....	36
4.1	Análise dos ES <sub>RS</sub> em 2009 e dos municípios atingidos.....	36
4.2.	Análise dos tipos mais frequentes de ES <sub>RS</sub> em 2009 e os municípios atingidos por estes.....	39
4.3.	Impacto do ES do tipo vendaval no RS em 2009 .....	48
5	Conclusões.....	52
	Referências .....	54

## Introdução

A meteorologia pode ser estudada e compreendida em diferentes escalas espaciais e temporais, as quais definem as dimensões de um determinado fenômeno atmosférico (ORLANSKI, 1975; HOLTON, 2004). Dentre os fenômenos meteorológicos que ocorrem em todas as escalas espaciais e temporais, têm-se os Eventos Severos (ES) ou episódios de desastres associados a condições meteorológicas extremas, que são fenômenos meteorológicos que possuem grande potencial destrutivo.

Os ES potencialmente danosos, como por exemplo: vendaval, enxurrada, enchente, granizo, entre outros (KOBAYAMA et al., 2006), normalmente são desencadeados por tempestades severas e dependem das condições atmosféricas, principalmente em escala sinótica (MARCELINO, 2003). Estes ES estão sempre associados a algum tipo de sistema meteorológico, independentemente de sua escala espaço-temporal, como por exemplo: Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), Sistemas Frontais (SF), Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e outros.

No sul do Brasil a precipitação e os ES estão normalmente associados à SCM e 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 ocorrem com maior frequência no período quente (DIAS et al., 2009) e são de particular interesse para a meteorologia, pois além de estarem associados a ES, eles não são facilmente previstos, especialmente pelos modelos globais de previsão do tempo (YAMAZAKI et al., 2004). Por outro lado, os SF também atuam sobre o sul do Brasil durante todo o ano, porém 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), que resulta da interação oceano-atmosfera onde se observa alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e no Pacífico oeste próximo à Austrália, portanto, em períodos de anomalias da TSM positiva considera-se como episódio quente com ocorrência de El Niño (EN), do contrário considera-se como La Niña (LN) em episódios frios (OLIVEIRA, 2001). No sul do Brasil existe um evidente sinal de variabilidade climática relacionado com o fenômeno ENOS, ou seja, os episódios quentes (EN) estão relacionados à precipitação pluvial acima da normal e os episódios frios (N), relacionados à diminuição da precipitação pluvial no RS (KOUSKY; CAVALCANTI, 1984; FONTANA; BERLATO, 1997; DIAZ et al., 1998; GRIMM et al., 2000). Portanto, o ENOS além de influenciar a distribuição da precipitação também pode influenciar a ocorrência de ES no RS.

Como o RS tem sua economia em grande parte voltada para a agricultura, ou seja, à produção e exportação de alimentos, um dos fatores que mais preocupam governo e produtores, é a ocorrência de condições meteorológicas adversas. Isso porque o RS é um dos estados que mais sofre com a quebra de safras agrícolas causadas por ES, que geram grandes prejuízos à sua economia, incluindo danos à infraestrutura das cidades, ao meio ambiente e até perda de vidas humanas (ASERS, 2013).

Devido ao grande potencial destrutivo e à frequência de ocorrência relativamente comum no RS, o estudo dos ES que atingem o estado (ES<sub>RS</sub>) tem grande importância, uma vez que um melhor conhecimento do tipo de fenômeno meteorológico pode ajudar a minimizar os danos causados nesta região.



Contudo, cabe destacar que no ano de 2009 houve o estabelecimento do fenômeno ENOS nas suas fases fria e quente (CLIMANÁLISE, 2009). Como este fenômeno é um fator importante para a ocorrência de ES no RS, escolheu-se este ano para análise neste estudo. Com base no exposto, o objetivo geral deste trabalho foi realizar uma análise dos ES<sub>RS</sub> em 2009. Mais especificamente pretendeu-se:

- analisar a distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ES<sub>RS</sub> em 2009 e os municípios atingidos (MA) por estes;
- analisar a distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS atingidos pelos três tipos mais frequentes de ES<sub>RS</sub> observados em 2009;
- analisar o impacto no RS do tipo de ES<sub>RS</sub> que apresentou maior frequência diária.

## Revisão de literatura

### 2.1. Área de estudo

Na região mais meridional do Brasil, entre as latitudes de 27°05'S e 33°45'S e longitudes de 49°43'O e 57°39'O, localiza-se o estado do RS. Sua extensão territorial é de aproximadamente 282.184 km<sup>2</sup>, sendo que 5,2% da total é composta por grandes lagunas e ambientes lacustres, além disso, o RS possui 622 km de costa marítima. Sua distribuição topográfica é bastante variada, com um planalto ao norte, depressões no centro e planícies costeiras, com altitudes, que podem variar de mais de 1.000 m ao norte chegando a menos de 100 m na Depressão Central e Planície Costeira (Fig. 1).

Desde 2003 o RS possui 496 municípios (Fig. 2a), sendo 432 deles (87,1% do total) localizados na MN, ou seja, ao norte de 30°S. O restante dos municípios (64) está localizado na MS, ao sul de 30°S (ASERS, 2013).

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 têm o uso dos seus solos vinculados principalmente às atividades agropecuárias e agroindustriais. Já na bacia do Guaíba o uso do solo é ligado às atividades diversificadas, incluindo indústria, agropecuária, agroindústria, entre outras (ASERS, 2013).

Climatologicamente, 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



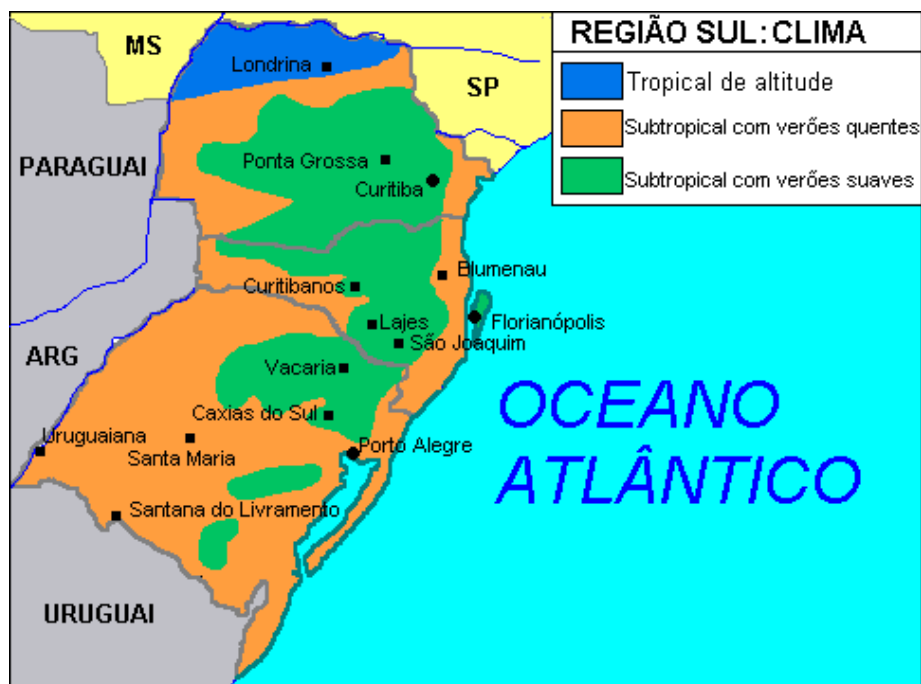


Figura 3 – Tipos de clima da Região Sul do Brasil.

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. Conforme o ASERS (2013), a temperatura média do ar no RS apresenta grande variação sazonal, com verões quentes (variação sazonal máxima de 26°C) e invernos bastante rigorosos (variação sazonal mínima de 8°), com a ocorrência de geada e precipitação eventual de neve principalmente na serra. As temperaturas médias anuais variam de 10 a 20°C.

Os valores médios de precipitação pluvial no RS apresentam regularidade ao longo do ano, mas com variações espaciais e sazonais. Apesar de o relevo regional não interferir a ponto de criar grandes variações na pluviometria anual do RS, sua influência é sentida, uma vez que na MS 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, com intensidade maior de chuvas no nordeste do RS (BERLATO et al., 2000; MATZENAUER et al., 2007).

## 2.2 Eventos com condição de tempo severo ou episódios de desastres associados às condições meteorológicas extremas (ES)

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 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 como a soma 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 segundo 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). 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 milímetros (GLICKMAN, 2000). As condições que propiciam a formação de granizo acontecem na parte superior de nuvens do tipo Cumulonimbus, 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 descendentes 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 (CEDEC, 2012).

No RS a Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (CEDEC) classifica os fenômenos meteorológicos adversos e causadores de desastres em: alagamentos, ciclones extratropicais, deslizamentos, enchentes, enxurradas, escorregamento, estiagem, exaurimento de recursos hídricos, furacão, geada, granizo, inundações, tornados e vendavais. Cabe ressaltar que há também outras classificações feitas pela CEDEC, mas que não envolvem a ocorrência de ES. Além disso, a CEDEC faz uma regionalização das ocorrências de ES 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. 4).

A Defesa Civil atua com um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas destinadas a evitar ou minimizar os desastres naturais, preservar a moral da população e restabelecer a normalidade social. Através de ações que visem minimizar acidentes, como alagamentos, enchentes, enxurradas, desmoronamentos, entre outros (CASTRO, 2002).

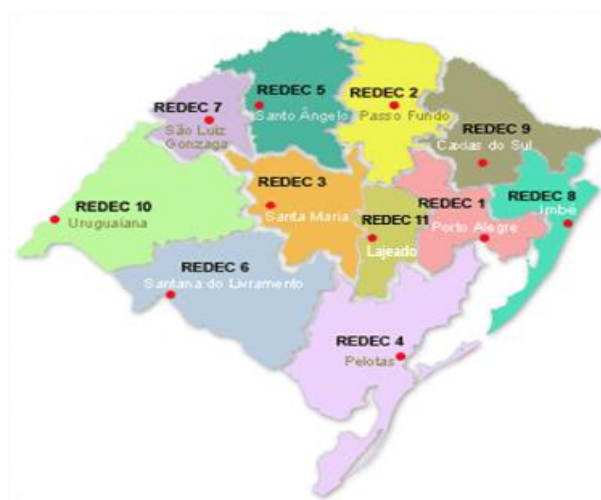


Figura 4 - Coordenadorias Regionais de Defesa Civil do RS.

Fonte: CEDEC (2012).

Segundo comunicação pessoal com o capitão Márcio André Facin, responsável pela REDEC 4, situada em Pelotas, a informação sobre desastres causados por fenômenos meteorológicos adversos chega ao site da CEDEC da seguinte forma: a prefeitura ou a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) de cada município decreta se houve estado de emergência ou não, verifica o tipo e a intensidade do ES ocorrido e envia um laudo para a REDEC da sua região. A REDEC tem até 10 dias para fazer a verificação do local, (re)classificar o ES e fazer possíveis correções para posterior envio do laudo para o governo do estado que diante dos laudos recebidos decide sobre a homologação do estado de emergência do município. Com a homologação do governo, a prefeitura recebe recursos do Estado. Essa informação chega à Coordenadoria Estadual que a disponibiliza no seu site. As informações são revisadas e podem sofrer alterações caso a prefeitura tenha deixado de decretar situação de emergência (SE), por exemplo.

O site da CEDEC, <http://www.defesacivil.rs.gov.br> (Fig. 5), passou por reformulação no segundo semestre de 2011, visando simplificar o acesso aos dados. Além da seção “Área dos Municípios”, onde constam os ES que atingiram os municípios (indicada por uma seta na Fig. 5), existem outras como: boletins, galeria de fotos, campanhas, eventos, acesso restrito e contato, todas na aba superior da página.

Na “Área dos Municípios” (Fig. 6), 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 e período de ocorrência é feito de maneira manual pelo pesquisador. Por outro lado, ao selecionar eventos a partir de 2011, existe a opção de escolher todos os municípios atingidos e todos os tipos de ES que ocorreram nestes locais, bem como o período de interesse. Pode-se optar também, por selecionar uma localidade específica e visualizar todos os ES que a afetaram num determinado período. É possível, ainda, selecionar para um período específico apenas um tipo de ES e verificar todos os municípios atingidos por este. Essa opção de seleção dos dados em função do município, tipo de ES 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.



Figura 5 - Página principal do site da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do RS com a indicação do local onde se encontram os dados sobre ES (seta em vermelho).

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





Figura 6 – Municípios atingidos por ES 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

Os ES vêm sendo alvo de estudo nos últimos anos conforme mostra a descrição a seguir.

Viana et al. (2009), através do aplicativo Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters (ForTrACC), identificaram os complexos convectivos de mesoescala (CCM) que ocorreram no RS no período de outubro a dezembro de 2003 e avaliaram os desastres associados a esses sistemas. O levantamento das ocorrências de desastres foi realizado a partir do cruzamento dos dias em que ocorreram CCM com as informações da CEDEC e do Jornal Correio do Povo. Foram verificadas 90 ocorrências de desastres pela CEDEC que estavam relacionadas com CCMs durante o período de estudo. Essas ocorrências retratam 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, destacaram-se os de dezembro (46 eventos) e outubro (36 eventos), enquanto que, em 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.

Vargas Jr. et al. (2011a), analisaram dados de ES da CEDEC no período entre 2004 e 2008. Verificaram a ocorrência de 257 ES, destes 56,18% ocorreram nos períodos quentes (JFM – jan./fev./mar. e OND – out./nov./dez.) e 43, 82% nos períodos frios (AMJ – abr./mai./jun. e JAS – jul./ago./set.). Os autores justificaram esse resultado devido a maior disponibilidade energética provida pelo Sol nos períodos quentes, o que favorece os processos convectivos na atmosfera e consequentemente os SCM, que estão diretamente relacionados aos ES. Com relação aos tipos de ES mais frequentes, foi verificado que nos períodos quentes, houve predomínio de vendaval e granizo. Nos períodos frios os ES mais comuns foram granizo, vendaval e enchente. Desta forma, os autores concluíram que, ES ocorrem em todos os trimestres no RS e são mais frequentes nos períodos quentes do ano. Além disso, os ES do tipo vendaval e granizo foram os que mais atuaram sobre o RS no período de estudo.

Utilizando dados disponibilizados no site da CEDEC referentes à ES do tipo enchente ocorridos no RS entre 2004 e 2008, Vargas Jr. et al. (2011b), verificaram maior ocorrência de enchentes (70% do total de enchentes) nos períodos frios do ano (AMJ e JAS), devido à maior atuação de SF nestes períodos, que contribuem para intensificação da convecção e, portanto, para a ocorrência de ES. A ocorrência de enchentes foi registrada principalmente na MN do RS (norte de 30°S), um dos fatores que explica este fato são as grandes altitudes e o relevo acidentado da região, que propicia a ocorrência de maior número de ES nesta área. Observou-se ainda que em JFM e AMJ, a maior parte da ocorrência de enchentes no estado foram próximos às bacias hidrográficas Litorânea e do Uruguai, enquanto que nos demais trimestres houve quase uma totalidade de enchentes ocorrendo sobre a bacia hidrográfica do Guaíba. A região da bacia do Guaíba se encontra numa altitude menos elevada se comparada aos seus arredores e, a tendência é que o excesso de precipitação das regiões mais elevadas escoie para essa região que tem menor altitude, causando elevação nos rios desta bacia hidrográfica.

Vargas Jr. et al. (2011c) num estudo sobre a ocorrência de granizo sobre o RS no período entre 2004 e 2008, utilizando também dados de ES fornecidos pela CEDEC, observaram um total de 64 eventos, distribuídos nos 4 trimestres do ano. A

maior concentração de granizo ocorreu em OND, por este ser um período muito favorável à formação de SCM, que estão relacionados a eventos de granizo. Quando analisaram conjuntamente a ocorrência de granizo nos períodos quentes (JFM e OND) e frios (AMJ e JAS), notaram uma maior frequência de granizo nos períodos frios (54,68%) em relação aos períodos quentes (45,32%). É sabido que as frentes frias (FF) são mais comuns no período frio, e ao longo delas ocorrem a propagação e a intensificação da convecção, logo, as FF deste período contribuem fortemente para intensificação da convecção e, portanto para a ocorrência de ES tais como granizo. Nos períodos frios foi maior o número de cidades afetadas por ES se comparada aos períodos quentes, aproximadamente 56% e 44%, respectivamente. Isso aconteceu porque os SCM observados nos períodos frios ocorrem em maior número, logo, afetam um maior número de cidades. Os autores ainda verificaram nos quatro trimestres, maior quantidade de granizo na MN do estado (85,7%). Este resultado pode ser explicado não só pelo fato da MN possuir altitudes mais elevadas e relevo irregular, que favorecem a ocorrência de ES como o granizo, mas principalmente porque 87,1% dos municípios do estado estão localizados nesta região.

Rasera et al. (2011a) em um estudo referente a eventos de vendaval ocorridos no RS entre 2004 e 2008, utilizaram dados disponíveis no site da CEDEC e contabilizaram 64 eventos (presentes nos 4 trimestres do ano), sendo que JFM e OND foram os trimestres que se destacaram, com 25 e 18 eventos respectivamente. Isso ocorreu porque nos períodos quentes do ano (quando justamente pelo maior aporte de calor), os SCM são gerados com maior frequência, além de se manterem por mais tempo. Ao dividirem o RS em 2 regiões (MN e MS), delimitadas pelo paralelo de 30°S, os autores observaram maior número de cidades atingidas por vendaval na MN, isso se deve em parte à maior proporção de municípios situados na MN (87,1% do total dos municípios do RS). Porém, em JAS e OND a representatividade de cidades atingidas na MN foi de 88,6% e 96,6%, respectivamente, ou seja, para estes trimestres o efeito do relevo teve maior influência, já que as altitudes na MN são maiores do que na MS.

Bacelar et al. (2011) em um trabalho sobre a ocorrência de ES relacionados à SCM no RS em JFM e JAS de 2004 a 2008, observaram que o período de JAS de 2005 foi o que registrou o maior número de cidades atingidas por ES (46,07% do total de cidades atingidas), os quais estavam associados a 9 SCM. Os autores

observaram ainda que 22,9% dos SCM ocorridos em JFM causaram ES, enquanto que em JAS, essa ocorrência foi de 19,71%. Dos alertas de ES relatados pelos municípios em JFM, 85,71% estavam relacionados à SCM, enquanto que, para o período de JAS, essa proporção foi de 66,46%.

Rasera et al. (2011b) utilizaram os dados de SCM que afetaram o RS em 2004, e posteriormente confrontaram com os dias de ocorrência de ES mencionados nos dados da CEDEC. Eles contabilizaram 13 SCM que causaram ES no RS ( $SCM_{RS-ES}$ ). A maior parte dos  $SCM_{RS-ES}$  ocorreu nos trimestres que caracterizam o período frio (AMJ e JAS), sendo que 30,8% aconteceram em AMJ e 38,5% em JAS. A maior atuação de SF nessa época do ano justifica o resultado encontrado. Observaram também que 61,5% dos  $SCM_{RS-ES}$  ocorreram sobre a MN do RS (norte de 30°S) e as trajetórias médias preferenciais foram para leste e sudeste. Sobre a MS do RS ocorreram apenas 15,4% dos  $SCM_{RS-ES}$ , ao passo que, as que atingiram as duas metades do estado representaram 23,1% dos  $SCM_{RS-ES}$ . Para estes dois últimos casos citados não foi verificado um padrão na trajetória.

Rasera e Campos (2011) confrontando SCM que afetaram o RS em 2005, com dados da CEDEC referentes à ES, fizeram uma análise sazonal dos  $SCM_{RS-ES}$  em 2005. Os autores contabilizaram 14  $SCM_{RS-ES}$ , sendo que em JFM não houve registro de nenhum caso. AMJ e JAS (período frio) somaram 71,4% do total de  $SCM_{RS-ES}$  observados. Resultado que vai ao encontro da observação feita por Siqueira (2004), que afirma que a propagação e a intensificação da convecção ocorrem ao longo das FF que atingem a região de estudo principalmente no período frio. Com relação aos  $SCM_{RS-ES}$  que afetaram somente a MN do RS ( $SCM_{RS-ES-MN}$ ), eles verificaram que foi maioria (50% do total de  $SCM_{RS-ES}$ );  $SCM_{RS-ES}$  que afetaram somente a MS representaram 28,6% do total de  $SCM_{RS-ES}$  e os  $SCM_{RS-ES}$  que afetaram as duas porções do RS representaram 21,4% do total de  $SCM_{RS-ES}$ . A maior proporção de  $SCM_{RS-ES-MN}$  pode ser justificada pela topografia, uma vez que a MN é mais elevada, com regiões que ultrapassam os 1000 metros. Com relação à trajetória média preferencial verificaram que foi para sudeste na maioria dos casos, seguido de trajetórias para leste, o que reforça a afirmação de diversos autores de que existe uma tendência de SCM que se originam à leste da Cordilheira dos Andes a se deslocarem para leste.

Eichholz e Campos (2011a) utilizaram em um estudo, os dados diários de precipitação pluvial provenientes de 16 estações meteorológicas de superfície,

fornecidos pelo 8° DISME/INMET (Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia). Os autores avaliaram os eventos extremos de precipitação ocorridos no RS no período de 2004 a 2008. Eles observaram uma frequência maior de precipitação gerada por eventos extremos de precipitação (EEP, precipitação > 75 mm diários) na região norte do estado, que pode estar relacionada com a topografia da região, já que a região norte é significativamente mais elevada que a região sul. A maior parte dos EEPs ocorreu nos períodos frios (abril a setembro - 34), se comparado aos períodos quentes (outubro a março - 32); e estes EEPs foram mais precipitantes no período mais frio do ano nos cinco anos estudados. Os autores verificaram ainda que, o El Niño não parece ter influenciado no número de EEPs, sendo que estes estão melhores relacionados à atuação conjunta de SF e SCM, que ocorrem principalmente no período frio do ano.

Eichholz e Campos (2011b) utilizaram dados diários de precipitação pluvial referentes a 16 estações meteorológicas de superfície fornecidos pelo 8° 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 PR; a máxima extensão às 13:30 UTC do mesmo dia, sobre o litoral norte do RS e dissipação sobre o Atlântico às 20:30 UTC. A trajetória do seu centro de massa passou apenas pela fronteira do RS com SC, porém no momento de máxima extensão cobriu quase todo o estado. Os autores observaram que o SCM primeiramente atingiu seu máximo resfriamento para em seguida atingir sua máxima extensão, o que não é comum. Porém, isso pode ser explicado pela evolução do SCM para um ciclone extratropical que apresenta uma dinâmica diferente do modelo conceitual de SCM. 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.

Nedel et al. (2012) analisaram geograficamente a ocorrência de granizo e vendaval no estado do RS no período de 1989 a 2009, de acordo com os registros de ocorrência obtidos pela CEDEC. Eles estudaram o período de maior frequência de ocorrências e as regiões mais atingidas por esses eventos. Os resultados mostraram que ocorrência de granizo neste período de vinte anos de estudo foi mais favorável na primavera seguida do inverno. As áreas que apresentaram maiores

ocorrências encontravam-se na MN do estado, destacando-se o Alto Uruguai e Planalto Médio. As regiões da Depressão Central e das Missões também foram bastante atingidas por tais tempestades, porém com uma frequência ligeiramente menor. Os episódios mais intensos da ocorrência de granizo foram nos anos de 1997, 1998 e 2007. Com relação à ocorrência de vendavais, eles observaram que as regiões mais afetadas foram o Alto Uruguai, Planalto Médio, Depressão Central e Missões, sendo que o período de maior ocorrência foi também na primavera (novembro e outubro) e os anos com maior ocorrência de danos por vendavais foram em 2009 e 2003, mostrando não haver uma relação de intensidade clara entre estas adversidades estudadas (granizo e vendaval). A MS do estado, caracterizada pelas regiões do Litoral, Encosta do Sudeste e Serra do Sudeste registraram poucos episódios durante este período de estudo, o que se observa que esta região é menos propícia para a ocorrência destes ES. Os autores observaram que esses ES não ocorrem somente em períodos com a presença dos fenômenos de EN e LN, pois houve registros de ES em anos sem a presença destes fenômenos (fase neutra). E que ao longo destes 20 anos de estudo (1989 – 2009), não há uma tendência evidente de aumento destes ES, o que ocorre são períodos (aleatórios) com maiores e outros com menores ocorrências destes eventos.

#### **2.4 Condições atmosféricas em 2009 sobre o RS**

As principais condições atmosféricas sazonais que atuaram em 2009 e que influenciaram o RS foram obtidas do Boletim Climanálise (CLIMÁNALISE, 2009).

No período de JFM, anomalias negativas de TSM no Oceano Pacífico Equatorial (OPE) evidenciaram a atuação do fenômeno LN, que apresentou sinais de declínio no final do trimestre. A intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) associada à predominância de anomalias positivas de Pressão ao Nível do Mar (PNM) sobre a América do Sul (AS) neste trimestre, foi desfavorável ao deslocamento de SF. A passagem de SF sobre o RS associada a cavados na média e alta troposfera favoreceram maiores acumulados de chuva no leste do estado no início do trimestre. Já no final do trimestre a precipitação ficou abaixo da média em quase todo o RS. Isso ocorreu porque foram observados 6 SF a menos do que a climatologia de SF para latitudes entre 25°S e 35°S em JFM, que é de 18 SF.

O período de AMJ foi caracterizado pela transição entre LN e EN. Neste trimestre, a TSM indicava o declínio do fenômeno LN em abril e condições de neutralidade em maio e junho sobre o OPE, e com o posicionamento da ZCAS mais ao norte, as chuvas no estado ficaram abaixo da média climatológica. A precipitação ficou acima da média, apenas em maio, principalmente na região oeste do estado, devido à passagem de SF e à presença de cavados e vórtices ciclônicos na média e alta troposfera e ao Jato de Baixos Níveis (JBN) que favoreceram a atividade convectiva nesta região. Neste trimestre, atuaram 15 SF, ou seja, houve um desvio negativo de 3 SF em relação à climatologia (18 SF) de SF para as latitudes de 25°S e 35°S.

Em JAS houve a expansão das anomalias positivas de TSM sobre o OPE, além da intensificação do Jato Subtropical de Altos Níveis (JSAN) devido ao fortalecimento dos ventos de oeste associado às anomalias negativas de Radiação de Onda Longa (ROL), que são características do fenômeno EN. Este trimestre foi marcado pela incursão de SF sobre o RS e pela atuação do JBN a leste do Andes e de cavados na média e alta troposfera que favoreceram a ocorrência de acumulados expressivos de chuva na região. Neste período, a passagem de SF (20 SF) ficou próximo à sua climatologia para as latitudes de 25°S e 35°S (21 SF).

No trimestre OND as condições de TSM e ROL eram indicativos de aumento da precipitação e consistentes com a fase madura do fenômeno EN. Neste trimestre, a formação de forte convecção no sul do Brasil, que gerou desvios positivos de precipitação no RS, próximos a 600 mm, foi devido à atividade mais intensa do JBN, que traz calor e umidade da Amazônia em direção ao sul do Brasil, em conjunto com a passagem de SF, reforçados pela atuação igualmente intensa do JSAN. A atuação sobre o RS neste trimestre de 17 SF ficou abaixo da climatologia para as latitudes de 25°S a 35°S, que é de 21 SF.

## Metodologia

Neste estudo foram utilizados dados de ocorrência diária de ES<sub>RS</sub> e os municípios atingidos por estes (MAES<sub>RS</sub>), no período de 01/01/2009 a 31/12/2009, obtidos no banco de dados da CEDEC (<http://www.defesacivil.rs.gov.br>). Dentre todos os registros de ES notificados pela CEDEC no período de estudo, foram selecionados os eventos do tipo: alagamento, enchente, enxurrada, granizo, granizo/vendaval, inundação e vendaval, os quais estão associados à atuação de SCM e SF na região.

Para a seleção dos dados utilizados neste trabalho, foi criada uma planilha eletrônica com as seguintes informações: data de ocorrência do ES<sub>RS</sub>, tipo de ES<sub>RS</sub> observado e MAES<sub>RS</sub>. Após a seleção da ocorrência diária dos ES<sub>RS</sub> e MAES<sub>RS</sub> em 2009, os mesmos foram separados por trimestres representando cada uma das estações do ano, conforme Araújo (2005): 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). Não se utilizou os trimestres astronômicos, que definem as estações do ano, para facilitar as análises com dados dentro do mesmo ano.

Em seguida, verificou-se a distribuição sazonal da ocorrência diária dos ES<sub>RS</sub> e dos MAES<sub>RS</sub>. Para contabilizar o número de dias com ocorrência de ES<sub>RS</sub>, primeiramente computou-se o total de dias em cada trimestre com ocorrência de cada um dos tipos de ES<sub>RS</sub> observados. Em seguida computou-se o total trimestral de dias distintos com ocorrência de todos ES<sub>RS</sub> observados no período, isto é, quando em um mesmo dia, de um mesmo trimestre, houve ocorrência de mais de um tipo de ES<sub>RS</sub>, este foi contado apenas uma vez. E por fim, contabilizou-se o total de dias distintos com ocorrência de todos os ES<sub>RS</sub> observados no período, somando-



se os totais trimestrais de dias distintos com ocorrência de todos  $ES_{RS}$  observados no período, calculados anteriormente.

Para contabilizar o número de  $MAES_{RS}$  foi utilizado o procedimento que segue: primeiramente contabilizou-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 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  $ES_{RS}$  em trimestres distintos, este foi computado apenas uma vez. Na sequência contou-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, esse foi computado apenas uma vez. E por fim, contabilizou-se o total no período de municípios distintos atingidos por todos os  $ES_{RS}$  observados, ou seja, quando um município foi atingido por qualquer um dos tipos de  $ES$  observados em mais de um trimestre, esse foi registrado apenas uma vez.

Na sequência, analisou-se a distribuição sazonal do número de dias com ocorrência dos três tipos mais frequentes de  $ES_{RS}$  observados em 2009 (vendaval, enxurrada e enchente) e a distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos por estes. Para isso, utilizaram-se as informações obtidas pelo procedimento citado anteriormente para a contabilização do número de dias com ocorrência de  $ES_{RS}$  e dos municípios distintos atingidos por estes.

Para a análise da distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos por vendaval, enxurrada e enchente no período de estudo, 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). Também, para esta análise separaram-se os municípios atingidos nas sete mesorregiões que compreendem o RS (IBGE, 2013, Fig. 7), com o auxílio do software ArcGIS versão 10. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), 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, esta mesorregião tem uma identidade regional, construída pela sociedade que a formou ao longo dos anos. No RS 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.

Por fim, se analisou o impacto no RS do tipo de ES<sub>RS</sub> (vendaval) que apresentou maior frequência diária e atingiu maior número de municípios, utilizando-se informações disponibilizadas na página da CEDEC. Foi verificado o impacto deste ES<sub>RS</sub> em função de a CEDEC ter declarado SE nos municípios atingidos; das zonas (Rural e/ou Urbano) mais afetadas dos municípios; do número de pessoas atingidas e dos danos causados à agricultura.

Assim para analisar o impacto causado pela ocorrência de vendaval no estado, primeiramente determinou-se o número de declarações de SE, contabilizando-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. Em seguida, utilizando as informações disponibilizadas pela página da CEDEC, sobre quais zonas dos municípios foram mais atingidas por vendaval (Rural e/ou Urbano), contabilizou-se a distribuição sazonal das zonas atingidas em cada município. Na sequência, contabilizou-se sazonalmente o número de pessoas atingidas em cada declaração de ocorrência deste ES, disponibilizada pela CEDEC. Cabe ressaltar que, pode haver situações de ocorrência deste ES declarado por um município em que não houve pessoas atingidas, como também, pode haver declarações em que foi registrado grande número de pessoas afetadas pelo mesmo evento no município. Por fim, verificou-se a ocorrência de danos na agricultura utilizando-se os registros disponibilizados também pela CEDEC, para qualquer local rural e/ou mais especificamente áreas de cultivo de cada município declarado nos registros da CEDEC. Sendo assim, quando um município declarou ter sofrido danos em zonas rurais com áreas de cultivos devido à ocorrência de vendaval, foi contabilizado como um (1) dano na agricultura.

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

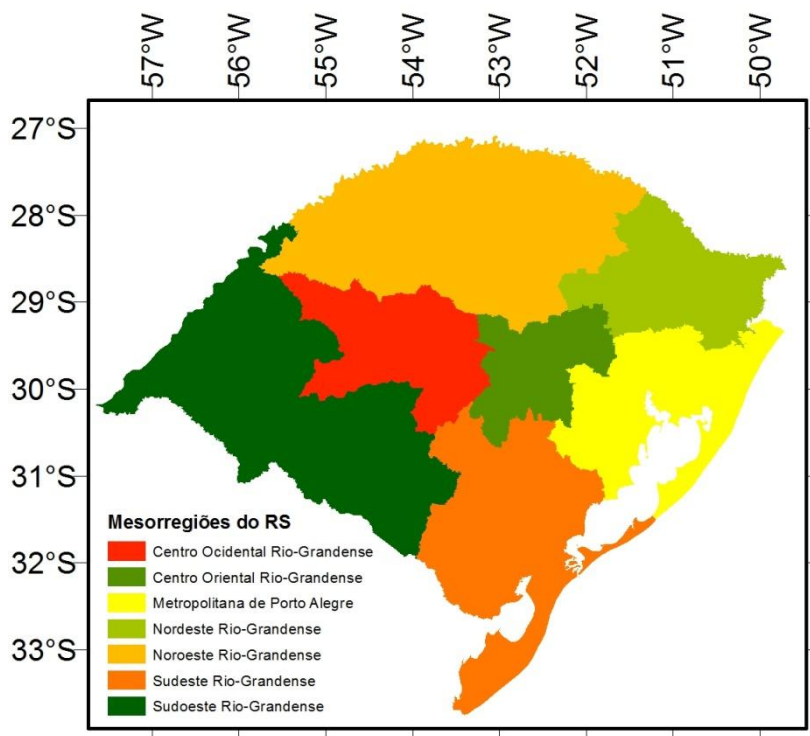


Figura 7 - Distribuição geográfica das mesorregiões do Rio Grande do Sul, de acordo com o IBGE (2013).

## Resultados

### 4.1. Análise dos ES e municípios atingidos no RS em 2009.

De acordo com os dados fornecidos pela CEDEC, apresenta-se na tab. 1 a distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de  $ES_{RS}$  em 2009. Pode-se notar que em 2009 houve 95 dias distintos com ocorrência de  $ES_{RS}$ , ou seja, em 26% dos 365 dias deste ano houve ocorrência de  $ES_{RS}$ . Dentre todos os tipos de ES analisados neste estudo, os mais frequentes foram (tab. 1): 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). É conveniente frisar que, no período analisado houve dias em que ocorreram mais de um tipo de  $ES_{RS}$ , porém neste estudo consideraram-se somente dias distintos com ocorrência de  $ES_{RS}$ , que totalizaram 95 dias.

Pôde-se verificar, a partir da análise sazonal do número de dias com ocorrência de  $ES_{RS}$ , que estes ocorreram em todos os períodos do ano (tab. 1). Porém, OND foi o trimestre que apresentou a maior frequência de número de dias com ocorrência de  $ES_{RS}$  (49,5% - 47 dias), seguido de JFM (26,3% - 25 dias), JAS (23,2% - 22 dias) e AMJ (1,1% - 1 dia) que apresentou apenas um dia de ocorrência de ES do tipo vendaval.

Analisando separadamente os períodos quentes (JFM e OND) e frios (AMJ e JAS) do ano, observou-se que houve maior frequência diária dos  $ES_{RS}$  nos períodos quentes (~75,8% do total) de 2009. Durante estes períodos, o maior aquecimento da superfície devido à disponibilidade energética provida pelo Sol e o aporte de umidade para dentro do continente, tendem a instabilizar a atmosfera, produzindo maior convecção no RS. Essa maior convecção favorece a formação de SCM que

contribuem fortemente para a precipitação total e também para a ocorrência de ES na região (GRIMM, 2009).

Em contrapartida aos períodos quentes, nos períodos frios observou-se aproximadamente 24,2% das ocorrências diárias de  $ES_{RS}$  em 2009, destacando-se o período de JAS. Isso ocorre porque em JAS as condições baroclínicas no RS são mais intensas, devido ao maior gradiente latitudinal de temperatura. Além disso, as ondas baroclínicas nos ventos de oeste, mais intensos neste trimestre, produzem maior convergência de umidade, favorecendo a ciclogênese e a maior penetração no RS de SF mais intensos nesta época do ano, que favorecem a ocorrência de precipitação e de ES na região (GRIMM, 2009).

Vale ressaltar que em JFM estava atuando o fenômeno LN, que desde o ano anterior influenciou para 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 ASAS associada à predominância de anomalias positivas de PNM sobre a AS em JFM e o posicionamento da ZCAS mais ao norte em AMJ, foi desfavorável à formação e ao deslocamento de SF sobre a região Sul do Brasil. Por conta disso, não houve condições para a ocorrência de tantos ES e nem de grandes volumes de chuva na região durante estes períodos (CLIMANÁLISE, 2009; SELUCHI, 2009), como nos meses de OND.

Por outro lado, durante o segundo semestre de 2009 estava atuando sobre o OPE, o fenômeno EN moderado, que favoreceu a ocorrência de ES relacionados à SF, contribuindo assim para maior número de  $ES_{RS}$  neste semestre (JAS e OND - ~72,6% do total), principalmente em OND onde houve maior número de dias com ocorrência de ES. Neste semestre, em conjunto com a atuação do fenômeno EN houve intensificação do JSAN (devido ao fortalecimento dos ventos de oeste associado às anomalias negativas de ROL), incursão de SF sobre o RS, a atuação mais intensa do 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). É sabido, que durante a atuação do fenômeno EN, no RS 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 com provável ocorrência de ES (RAO;

HADA, 1990 apud PAMPUCH, 2010; MARCELINO et al., 2004 apud NEDEL et al., 2012).

Tabela 1 - Distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ES<sub>RS</sub> em 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 <sup>(1)</sup>	2	0	2	0	4
Alagamento	0	0	0	1	1
<b>Total **</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>47</b>	<b>95***</b>

<sup>(1)</sup> Ocorrência simultânea dos dois eventos.

\* Total de dias distintos atingidos por cada um dos tipos de ES<sub>RS</sub>.

\*\* Total trimestral de dias distintos atingidos por todos os ES<sub>RS</sub>.

\*\*\* Total de dias distintos atingidos por todos os ES<sub>RS</sub>.

Na sequência analisou-se a distribuição sazonal do número de municípios atingidos pelos ES<sub>RS</sub> (MAES<sub>RS</sub>) em 2009. Pode-se notar na tab. 2 que o total de municípios atingidos, nos 95 dias distintos de ocorrência de ES<sub>RS</sub>, registrados pela CEDEC em 2009, foi 304. Como no período de estudo houve municípios atingidos pelo mesmo tipo de ES<sub>RS</sub> em dois ou mais trimestres distintos e municípios atingidos por mais de um tipo de ES<sub>RS</sub> no mesmo trimestre, 304 representa o número total de municípios distintos atingidos por ES<sub>RS</sub> em 2009. Estes 304 municípios distintos atingidos correspondem a 61,3% dos 496 municípios que compõem o RS (FEE, 2012).

A análise da tab. 2 mostra que em 2009 os ES<sub>RS</sub> 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 MAES<sub>RS</sub> em 2009 (tab. 2) pôde-se notar que estes são observados em todos os períodos do ano. No entanto, a maior parte dos MAES<sub>RS</sub> foi observada em OND (255 municípios), seguido por JAS (72 municípios), JFM (40 municípios) e AMJ (1 município).

Tabela 2 - Distribuição sazonal do número de municípios atingidos por ES<sub>RS</sub> em 2009.

<b>Eventos</b>	<b>JFM</b>	<b>AMJ</b>	<b>JAS</b>	<b>OND</b>	<b>Total*</b>
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
<b>Total trimestral **</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>72</b>	<b>255</b>	<b>304***</b>

<sup>(1)</sup> Ocorrência simultânea dos dois eventos.

\* Total de municípios distintos atingidos por cada um dos tipos de ES<sub>RS</sub>.

\*\* Total trimestral de municípios distintos atingidos por todos os ES<sub>RS</sub>.

\*\*\* Total de municípios distintos atingidos por todos os ES<sub>RS</sub>.

Portanto a análise conjunta das tabs. 1 e 2 mostra que o número de municípios afetados, pode estar relacionado tanto à frequência diária de ocorrência dos ES<sub>RS</sub>, como também à intensidade dos ES. Por outro lado, o maior número de municípios atingidos em JAS em relação à JFM, apesar de ter registrado menor ocorrência diária de ES<sub>RS</sub>, 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).

#### **4.2. Análise dos tipos mais frequentes de ES e dos municípios atingidos por estes no RS em 2009**

Pôde-se notar ao analisar as tabs. 1 e 2 que vendaval, enxurrada e enchente foram entre os tipos de ES<sub>RS</sub> analisados neste estudo, os que apresentaram maior ocorrência diária e os que atingiram o maior número de municípios do RS em 2009. Por esta razão a distribuição sazonal do número de dias com ocorrência (ocorrência diária) de cada um destes 3 tipos de ES<sub>RS</sub> (Fig. 8) e o número de municípios atingidos por cada um (MA<sub>3ES</sub>) (Fig. 9) foi analisada com mais detalhes. É importante ressaltar novamente que, como no período de estudo, houve alguns dias com ocorrência de mais de um tipo de ES<sub>RS</sub>, o número total de dias distintos com ocorrência destes 3 ES<sub>RS</sub>, foi 87 (~91,6% dos 95 dias distintos). Também cabe

lembrar que alguns municípios atingidos foram contabilizados mais de uma vez por terem sido atingidos por um destes ES<sub>RS</sub> em 2 ou mais trimestres distintos e outros ainda por terem sido atingidos por mais de um desses 3 tipos de ES<sub>RS</sub> no mesmo trimestre. Por esta razão, o número de municípios distintos atingidos pelos 3 tipos mais frequentes de ES<sub>RS</sub> em 2009 foi 271 (~89,1% dos 304 MAES<sub>RS</sub>).

Observa-se na Fig. 8 que o ES<sub>RS</sub> do tipo vendaval foi o que apresentou maior frequência diária em todos os períodos do ano, com 35 dias de ocorrência em OND, 11 dias em JFM e JAS e um dia em AMJ. Seguido de enxurrada com 32 dias de ocorrência em OND, 11 dias em JFM e 4 dias em JAS. E por fim, enchente, com 22 dias de ocorrência em OND, 9 dias em JAS e 2 dias em JFM. Destaca-se que no trimestre AMJ não houve ocorrência de enxurrada nem de enchente.

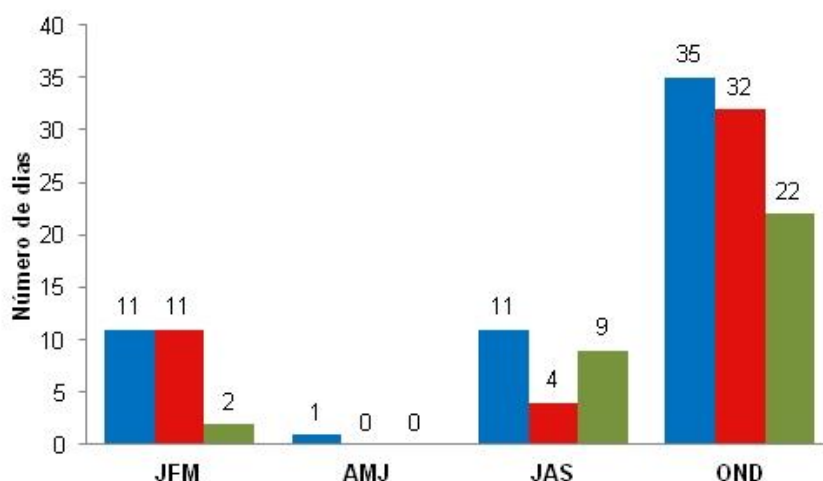


Figura 8 - Distribuição sazonal do número de dias com ocorrência de ESRS dos tipos: vendaval (coluna azul), enxurrada (coluna vermelha) e enchente (coluna verde), em 2009.

Na Fig. 9 pode-se observar a distribuição sazonal para o ano de 2009 do número de MAES<sub>RS</sub> dos tipos: vendaval (coluna azul), enxurrada (coluna vermelha) e enchente (coluna verde). Percebe-se na Fig. 9, que o evento que atingiu o maior número de municípios no estado e que também ocorreu em todos os períodos do ano, foi o ES do tipo vendaval. O maior número de municípios atingidos (MA) por vendaval em 2009 ocorreu em OND (112 municípios) seguido de JAS (28 municípios), JFM (13 municípios) e AMJ (1 município). O segundo tipo de ES que mais afetou municípios do estado foi enxurrada, com 101 municípios atingidos em OND, 14 municípios em JFM e 7 municípios em JAS. E o terceiro ES que mais



afetou municípios do RS em 2009 foi enchente, com 47 municípios em OND, 18 municípios em JAS e 3 municípios em JFM. Destaca-se que enxurrada e enchente não atingiram nenhum município em AMJ. A análise sazonal da distribuição dos 3 tipos de ES mais frequentes (Fig. 9) mostra que o trimestre que apresentou maior número de MA por algum dos três tipos de ES<sub>RS</sub> mais frequentes foi OND (260 municípios – 236 municípios distintos), seguido por JAS (53 municípios – 51 municípios distintos), JFM (30 municípios – 29 municípios distintos) e AMJ (1 município).

Portanto a análise das tabs. 1 e 2 e Figs. 8 e 9 mostrou que as 87 ocorrências diárias (dias distintos) de ES dos tipos vendaval, enxurrada e enchente atingiram 271 municípios (municípios distintos), correspondendo à ~89,1% de todos os MAES<sub>RS</sub>. Cabe lembrar ainda, que o RS possui 496 municípios (FEE, 2012), deste modo, 54,6% dos municípios do RS (271 municípios) foram atingidos nos 87 dias distintos de ocorrência desses 3 tipos de ES<sub>RS</sub> em 2009.

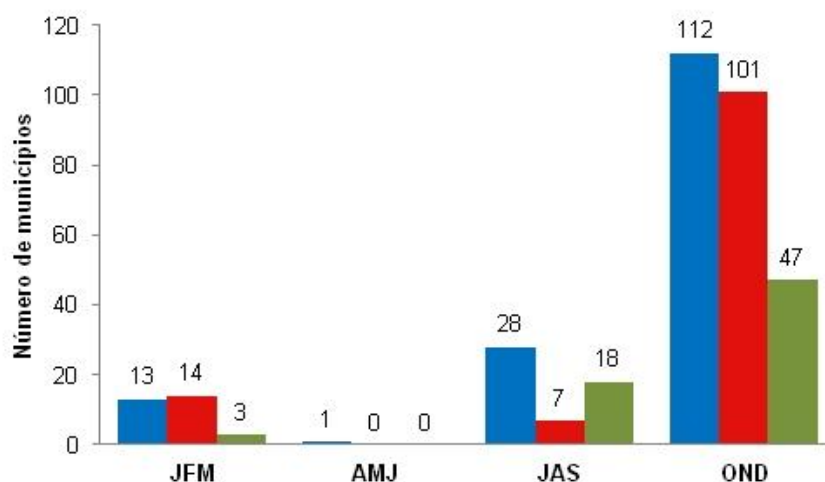


Figura 9 - Distribuição sazonal para o ano de 2009 do número de municípios atingidos por ESRS dos tipos: vendaval (coluna azul), enxurrada (coluna vermelha) e enchente (coluna verde).

Na sequência analisou-se a distribuição geográfica sazonal dos municípios atingidos pelos 3 tipos mais frequentes de ES<sub>RS</sub> (MA<sub>3ES</sub>) observados em 2009 (tab. 3, Fig. 10, 11 e 12), dividindo-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. 3 que dos 271 MA<sub>3ES</sub> (municípios distintos) nos 87 dias distintos de ocorrência destes, 223 estavam localizados na MN, e 48 na MS do

estado. Também foi possível observar, analisando a tab. 3 que em todos os trimestres a grande maioria dos MA<sub>3ES</sub> estava localizada na MN do RS. Essa característica também pode ser observada quando se analisa as Figs. 10, 11 e 12, que mostram a maior densidade de municípios na MN do estado (ao norte de 30°S) em todos os trimestres do ano, confirmando o maior número de MA<sub>3ES</sub> nesta porção do RS. Este resultado já era esperado, tendo em vista que na MN (432 municípios) há maior densidade de municípios do que na MS (64 municípios) do estado. Outro fator que pode explicar o maior número de municípios atingidos por ES<sub>RS</sub> na MN, é que esta região é mais favorável à ocorrência de SCM do que a MS (CAMPOS et al., 2007), o que favorece o maior número de casos de ES nessa porção do estado. Além disso, a topografia mais acidentada da MN também favorece a ocorrência de ES.

Tabela 3 - Municípios da Metade Norte (MN) e Sul (MS) do RS atingidos por: (A) Vendaval, (B) Enxurrada e (C) Enchente no ano de 2009.

Trimestres	MN			MS			Municípios RS			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Total*
<b>JFM</b>	10	7	0	3	7	3	13	14	3	29
<b>AMJ</b>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<b>JAS</b>	19	7	17	9	0	1	28	7	18	51
<b>OND</b>	101	84	35	11	17	12	112	101	47	236
<b>Total**</b>	118	94	45	20	22	15	138	116	60	314**
<b>Total ***</b>	223			48			271***			

\* Total trimestral de municípios distintos atingidos pelos 3 tipos de ES<sub>RS</sub>.

\*\* Total de municípios distintos atingidos por cada um dos 3 tipos de ES<sub>RS</sub>.

\*\*\* Total de municípios distintos atingidos pelos 3 tipos de ES<sub>RS</sub>.

Analisou-se também individualmente a distribuição geográfica das mesorregiões do RS atingidas por vendaval, enxurrada e enchente (tab. 3 e Figs. 10 e 11 e 12).

Pôde-se observar que vendaval foi o ES que afetou o maior número de municípios do RS em 2009 (tab. 3), 138 municípios distintos, dos quais 118 estavam localizados na MN e 20 na MS. Para este tipo de ES, pôde-se notar que em JFM (Fig. 10 - JFM) a mesorregião mais afetada foi a Noroeste Rio-Grandense, seguido da Nordeste Rio-Grandense. Em AMJ (Fig. 10 - AMJ) houve apenas uma ocorrência de vendaval no RS na mesorregião Nordeste Rio-Grandense. Em JAS (Fig. 10 -

JAS) a mesorregião Noroeste Rio-Grandense foi a mais atingida e também foram observadas algumas ocorrências nas mesorregiões Sudeste Rio-Grandense e Metropolitana de Porto Alegre, Centro Oriental Rio-Grandense e Sudoeste Rio-Grandense. No último trimestre de 2009 (Fig. 10 - OND) todas as mesorregiões foram atingidas por vendaval, sendo que as mais atingidas foram a Noroeste Rio-Grandense, seguido da Metropolitana de Porto Alegre, Centro Ocidental Rio-Grandense, Centro Oriental Rio-Grandense. Pode-se notar que a maior ocorrência de vendaval em todos os trimestres de 2009 foi observada na MN do estado.

Confrontando a ocorrência de vendaval em cada período sazonal do ano de 2009 com a topografia do RS (Fig.1), pode-se notar que os municípios afetados por este ES estavam localizados em regiões que apresentam relevo acidentado, principalmente na MN, onde a topografia varia de 0 a mais de 990 m de altura. O predomínio de vendaval no RS 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 RS (VIANELO; ALVES, 2000). A maior frequência de ES do tipo vendaval no RS também foi observada por Vianna et al. (2009) e Raserá (2012) ao avaliarem os ES no RS gerados por CCM e SCM, respectivamente.

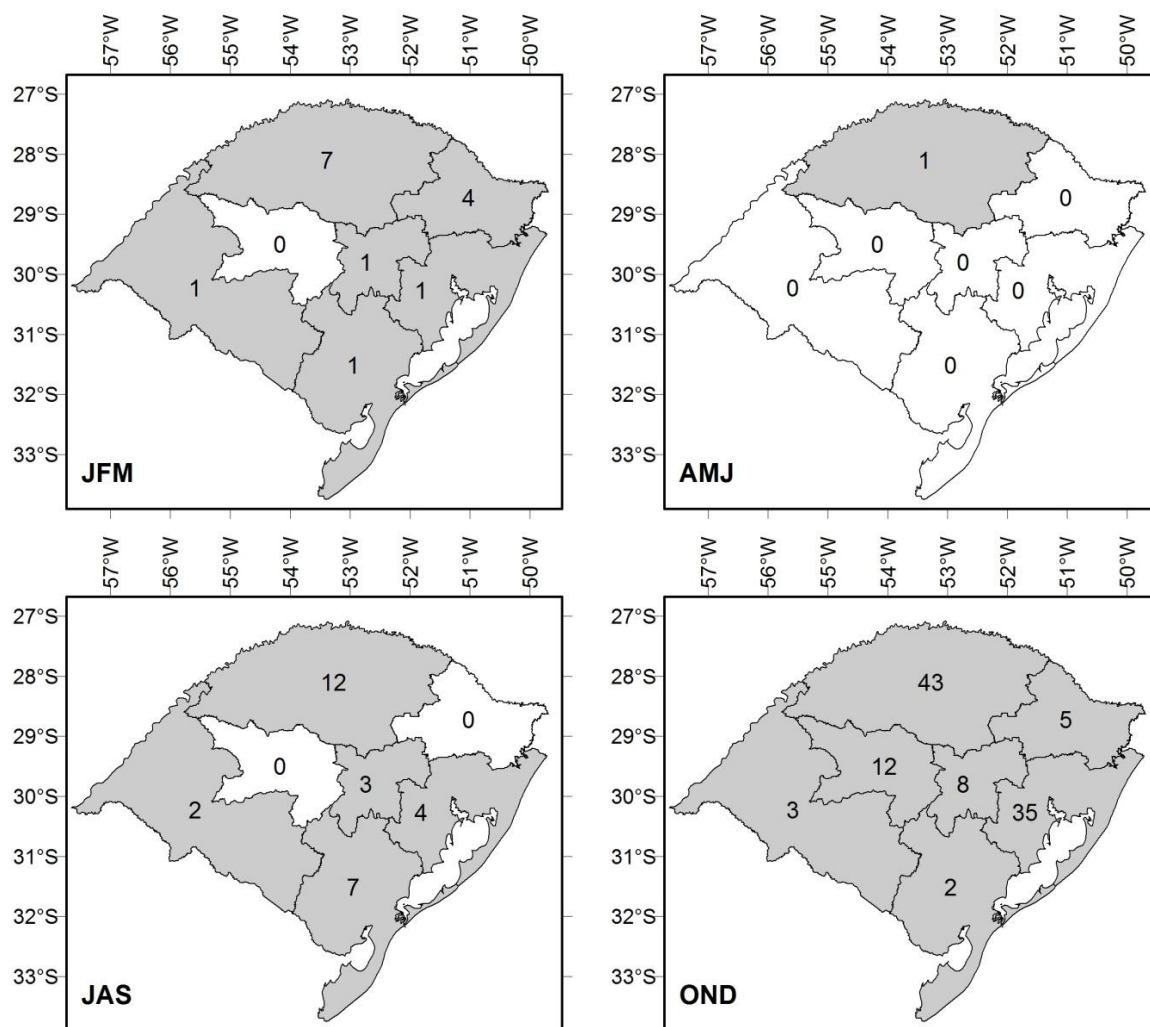


Figura 10 - Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingido por vendaval em 2009, em cada mesorregião do RS: JFM, AMJ, JAS e OND.

Em seguida, analisou-se a distribuição geográfica sazonal dos municípios do RS atingidos por enxurrada em 2009 (tab. 3 e Fig. 11). Pode-se notar na tab. 3 que, o ES do tipo enxurrada atingiu 116 municípios distintos do estado, dos quais 94 estavam localizados na MN e 22 na MS. Também se pode observar que em JFM (Fig. 11 - JFM), as ocorrências de enxurradas concentraram-se principalmente nas mesorregiões, Metropolitana de Porto Alegre e Sudeste Rio-Grandense. Em JAS (Fig. 11 - JAS), a ocorrência de enxurrada concentrou-se na mesorregião Metropolitana de Porto Alegre. Em OND (Fig. 11 - OND), todas as mesorregiões do estado foram afetadas por enxurradas, com destaque para a Noroeste Rio-Grandense. Observou-se que a maior ocorrência de enxurrada em todos os trimestres de 2009 foi observada na MN do estado. A ocorrência de enxurrada deve-se às chuvas intensas e concentradas, principalmente em regiões de relevo

acidentado, como é o caso da MN do RS. Em geral, ela ocorre quase que instantaneamente à ocorrência de chuvas, causando grandes perdas de vidas, apesar da área de impacto ser bem menor do que a das enchentes (CASTRO, 2003 apud KOBAYAMA et al., 2006; KOBAYAMA et al., 2006).

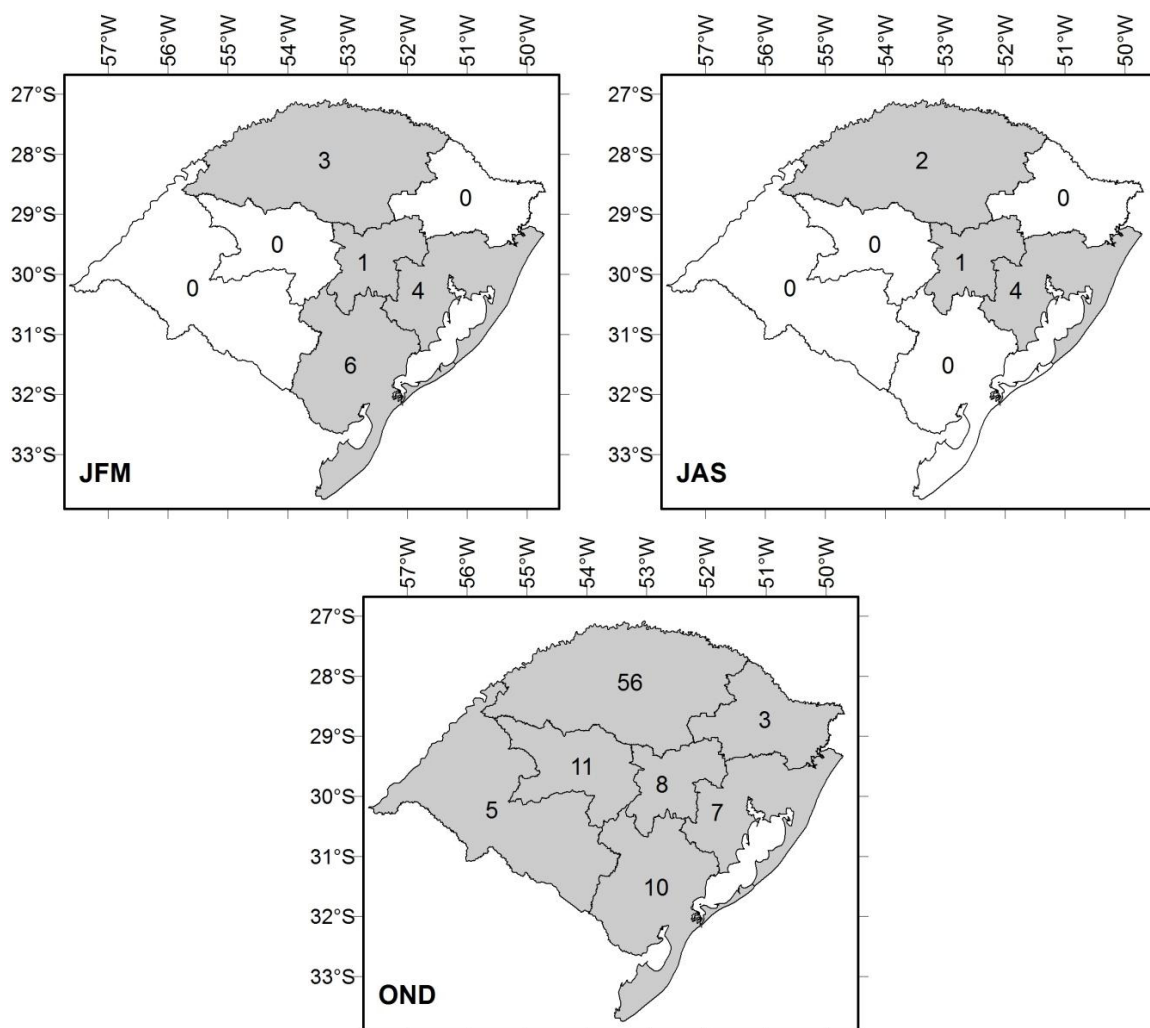


Figura 11 - Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingidos por enchurrada em 2009, em cada mesorregião do RS: JFM, JAS e OND.

Por fim analisou-se a distribuição geográfica sazonal das regiões do RS atingidas por enchente (tab. 3 e Fig. 12), que atingiu 60 municípios do RS em 2009, dos quais 45 municípios na MN e 15 municípios na MS. Observou-se ainda que em JFM (Fig. 12 - JFM) a região mais atingida por enchente localizou-se no Sudeste Rio-Grandense. Em JAS (Fig. 12 - JAS), a região leste do estado foi onde houve a ocorrência de enchente, destacando-se a mesorregião Metropolitana de Porto Alegre. E no período de OND (Fig. 12 - OND), as ocorrências de enchente, se

concentraram nas mesorregiões: Metropolitana de Porto Alegre, Centro Oriental Rio-Grandense, Centro Ocidental Rio-Grandense e Sudoeste Rio-Grandense. Observou-se que a região do estado mais atingida por enchente foi a MN.

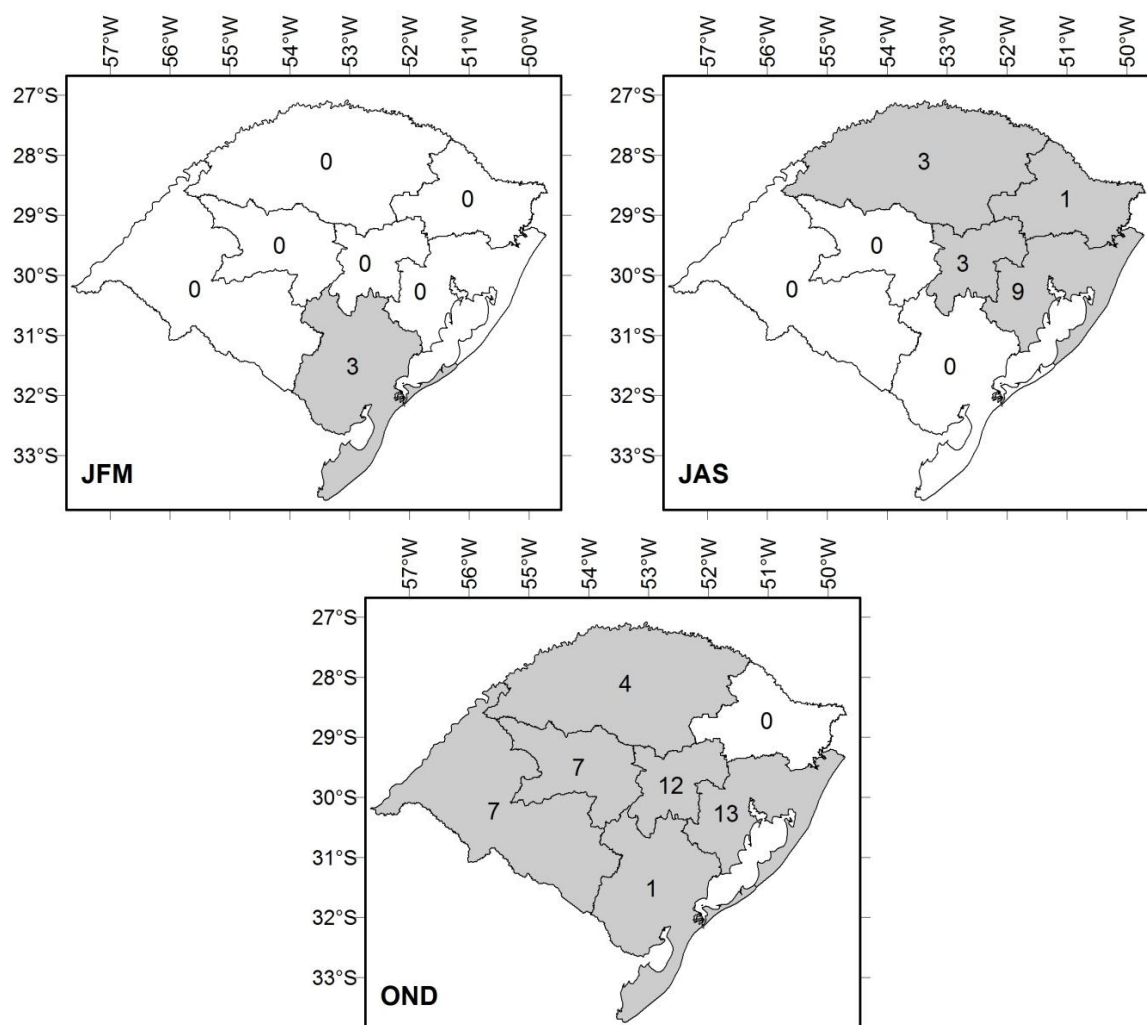


Figura 12 - Distribuição geográfica sazonal do número de municípios do RS atingidos por enchente em 2009, em cada mesorregião do RS: JFM, JAS e OND.

Atualmente, além das regiões com relevo acidentado, o processo de urbanização também é outro fator que influencia os ES associados a excessos de precipitação como enxurrada e enchente. Desta forma, quando uma região se urbaniza, com construções de casas, prédios e estradas, ocorre um processo de impermeabilização do solo, isto é, o solo fica coberto com cimento e asfalto, impedindo desta forma que as águas das chuvas sejam absorvidas pelo mesmo. Neste caso, as águas escoam diretamente para os rios aumentando rapidamente seu nível. A degradação do meio ambiente também é outra causa que aumenta o

escoamento superficial e acelera o processo de perda do solo, resultando em erosões nos cursos de água. Além destes fatores, tem-se o lixo que entope os bueiros, canais e tubulações que levam as águas pluviais para o rio, alagando áreas que normalmente não eram invadidas pelas águas. Este tipo de poluição quando em rios, proporciona o rápido aumento do seu nível (KOBAYAMA et al., 2006).

Confrontando os resultados observados nas Figs. 10, 11 e 12 com o fenômeno ENOS, pode-se notar que durante o período em que já se configurava a fase quente do fenômeno ENOS (JAS – OND), a região norte-oeste (MN) do estado foi bastante atingida por vendaval, enxurrada e enchente. Isto pode ser explicado em parte pela climatologia da precipitação durante os eventos de ENOS, onde se observa para o RS em períodos de EN, valores de precipitação acima da normal climatológica em quase todos os meses do ano, mas especialmente em dois períodos distintos. O principal período é na primavera (correspondente a OND) do ano de início do fenômeno, especialmente nos meses de outubro e novembro, e o outro período é no final do outono (correspondente a AMJ) do ano seguinte, em maio e junho. No principal período desta fase do ENOS (OND), os impactos em toda região norte e oeste do RS são grandes em relação aos volumes expressivos de chuvas, que podem ultrapassar a sua média de precipitação em 40 a 60 mm (FONTANA; BERLATO, 1997).

Seguindo esta mesma ideia, observa-se que em épocas de LN os períodos críticos do ano quanto ao volume de precipitação são coincidentes, porém na fase fria do ENOS a porção do estado mais afetada é a região oeste, com valores reduzidos de 80 a 120 mm no volume de precipitação em todo o RS, sendo que a distribuição espacial da precipitação nesta fase cresce (em valores negativos) no sentido leste-oeste (FONTANA; BERLATO, 1997). Desta forma, pode-se observar que em AMJ (um dos períodos críticos da atuação do LN, com diminuição de precipitação e por consequência diminuição de ES), houve apenas a ocorrência de um evento de vendaval (Fig. 10 – AMJ) e nenhuma ocorrência de enxurrada (Fig. 11) e enchente (Fig. 12). Vale lembrar que neste trimestre em 2009 houve a transição entre LN e EN e o ENOS estava atuando na fase neutra.

### 4.3. Impacto do ES do tipo vendaval no RS em 2009

Com um total de 58 dias de ocorrência (que correspondem a ~61,1% das ocorrências de ES<sub>RS</sub> em 2009, tab. 1) e 138 municípios atingidos (que correspondem a ~45,4% dos MAES<sub>RS</sub>, tab. 2 e ~51,0% dos MA<sub>3ES</sub>, tab. 3), o ES<sub>RS</sub> do tipo vendaval foi o evento que mais se destacou dentre todos os analisados neste estudo em 2009. Por esta razão, o comportamento sazonal do número de dias com ocorrência de vendaval em 2009, bem como os municípios atingidos por este ES<sub>RS</sub> foi aqui resumido.

Conforme discutido anteriormente (tab. 1 e Fig. 8), pôde-se observar que vendaval apresentou maior ocorrência diária nos períodos quentes do ano (~79,3% das ocorrências: OND - ~60,3% e JFM - ~19%) do que nos períodos frios (~20,7% das ocorrências: AMJ - ~1,7% e JAS - ~19%). O mesmo comportamento foi observado com relação aos municípios atingidos por vendaval em 2009 (tabs. 2 e 3 e Figs. 9), 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).

Outra questão observada foi com relação à distribuição geográfica dos municípios atingidos por vendaval em 2009, os resultados mostraram (tab. 3 e Fig. 10) que a maioria dos municípios atingidos por este ES estava localizada na MN do RS, nas regiões nordeste e noroeste do estado.

Na sequência analisou-se o impacto sazonal dos ES<sub>RS</sub> do tipo vendaval, que ocorreram em 2009, em função de a CEDEC ter declarado ou não Situação de Emergência (SE) nos municípios atingidos. Também foram determinadas as zonas (Rural e/ou Urbano) mais afetadas nestes municípios e o número de pessoas atingidas (tab. 4).

Pode-se observar na tab. 4 que, foi declarada SE em 145 das 154 comunicações à CEDEC da situação dos municípios atingidos por vendaval em 2009. Portanto, neste ano a ocorrência de vendaval gerou SE em 94,2% das comunicações. O trimestre que registrou maior número de comunicações de SE foi OND com 109 registros (75,1% das comunicações de SE). As situações de emergência são casos anômalos provocados por um ES, que geram notórios prejuízos, com danos reparáveis (ou irreparáveis) pela comunidade afetada desde



que esta receba auxílio e recursos estaduais e/ou federais, o que caracteriza um desastre de intensidade Nível III (desastres de grande porte) com aproximadamente 10 a 30% do PIB (Produto Interno Bruto) municipal (CASTRO, 2003 apud PAMPUCH; MARCELINO, 2007). De acordo com Reckzielgel (2007 apud TURCATO, 2010) no período de 1980 a 2005, foram registradas 4.812 ocorrências de desastres naturais em municípios do RS 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 o 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.

Tabela 4 - Distribuição sazonal da situação dos municípios, dos locais e do número de pessoas atingidas por vendaval em 2009.

Trimestres	SE*		Locais atingidos			Pessoas atingidas
	Sim	Não	Rural	Urbano	SR**	
<b>JFM</b>	11	2	4	7	2	8.724
<b>AMJ</b>	1	0	1	0	0	0
<b>JAS</b>	24	4	17	21	3	10.355
<b>OND</b>	109	3	79	91	13	81.805
<b>Total parcial</b>	145	9	101	119	18	-
<b>Total</b>	154		238			100.884

(\*)SE - Situação de Emergência.

(\*\*)SR - Sem Registro.

Analisando o número de decretos de SE nos períodos quentes e frios de 2009, observa-se que nos períodos quentes (JFM e OND - 82,8% 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 por SE foi registrada nos meses de novembro e outubro, quando o RS estava sob a influência de um EN moderado (CLIMANÁLISE, 2009).

A análise da distribuição sazonal das zonas atingidas (Rural e/ou Urbano) em cada município pelos ES<sub>RS</sub> do tipo vendaval (tab. 4) mostrou que, tanto a zona urbana quanto a zona rural dos municípios do RS foram atingidas por este tipo de ES em 2009. Pôde-se notar que cerca de 50% dos locais atingidos estavam localizados em zonas urbanas (119 locais) e, aproximadamente 42,4% deles estavam localizados em zonas rurais (101 locais). Observou-se ainda que, aproximadamente 7,6% dos locais atingidos não tiveram registros na CEDEC. Portanto, não é possível afirmar que há uma zona preferencial para a ocorrência de ES, de modo que, como foi visto, ambas as zonas rural e urbana foram afetadas de forma equilibrada em todos os períodos, sem apresentar tendência para qualquer uma das duas, isto considerando que em 7,6% das declarações não foram registradas as zonas atingidas.

Observou-se também que em 2009 a ocorrência de vendaval no RS atingiu 100.884 pessoas. A análise sazonal mostrou que a maioria das pessoas (81.805 pessoas – 81,09% do total) foi afetada no trimestre OND, seguido pelo trimestre JAS (10.355 pessoas – 10,26% do total) e JFM (8.724 pessoas – 8,7% 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 (Fig. 13). Pode-se notar que 30 municípios distintos registraram ocorrência de vendaval em 2009 com danos na agricultura, correspondendo a ~19,5% de todos os municípios atingidos por vendaval neste ano (154 municípios declarados). Observou-se ainda que, destes 30 municípios, 18 (60,0% dos 30 municípios) estavam localizados na mesorregião Noroeste Rio-Grandense e os demais nas mesorregiões Centro Oriental Rio-Grandense, Metropolitana de Porto Alegre, Centro Ocidental Rio-Grandense e Sudeste Rio-Grandense. Portanto, danos na agricultura gerados pela ocorrência de vendaval em 2009 foram observados com maior frequência na MN do estado. Observou-se também (tab. 5) que o trimestre mais atingido foi OND (27 municípios), seguido por JFM (3 municípios) e JAS (1 município). Em AMJ não houve registros de danos na agricultura, causados por vendaval.

Tabela 5 - Distribuição sazonal do número de municípios atingidos por vendaval em 2009 que registraram danos na agricultura.

Trimestres	Municípios MN	Municípios MS	Municípios RS
<b>JFM</b>	3	0	3
<b>AMJ</b>	0	0	0
<b>JAS</b>	1	0	1
<b>OND</b>	23	4	27
<b>Total</b>	26*	4	30

\* Um mesmo município da MN registrou danos na agricultura em JFM e OND. Por isso, o total é 26 municípios distintos.

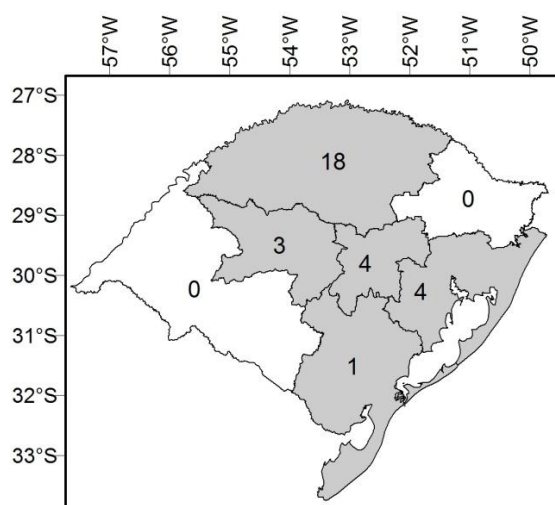


Figura 13 - Distribuição geográfica do número de municípios atingidos por vendaval em 2009, que registraram danos na agricultura em cada mesorregião do RS.

Os resultados mostram que em 2009, vendaval foi um tipo de ES bastante frequente no RS e que causou muitos danos. Observa-se que a maior parte das ocorrências de vendaval causam SE, podem atingir tanto zonas rurais quanto urbanas, causam impactos na agricultura e na sociedade. Deste modo, o maior conhecimento sobre este ES, como os fenômenos meteorológicos associados e as regiões mais vulneráveis a este, podem ajudar a minimizar os impactos por ele causados.

## Conclusões

Com este estudo foi possível selecionar e analisar os eventos severos, os municípios atingidos por estes e o impacto do ES (vendaval) mais comum observado no RS, em 2009.

A análise sazonal dos ES<sub>RS</sub> e dos municípios atingidos por estes permitiu concluir que as ocorrências destes eventos foram frequentes durante o ano e que mais da metade dos municípios que compõem o RS foram atingidos por estes. Também, foi possível observar que o trimestre OND, apresentou maior frequência diária destes ES<sub>RS</sub> em relação aos outros períodos do ano.

Com relação aos 3 ES mais frequentes observados no ano, pôde-se concluir que, vendaval, enxurrada e enchente foram os ES<sub>RS</sub> que apresentaram maior ocorrência diária e os que atingiram maior número de municípios distintos do RS, com destaque para a MN do estado. Em seguida, analisou-se o impacto da ocorrência de vendaval na região, visto que destes 3 ES ele foi o mais frequente, principalmente no período de OND, onde houve também maior impacto deste ES no estado. Sendo assim, pôde-se concluir que as ocorrências de vendaval foram em sua maioria com SE e que não houve zona (Rural ou Urbano) preferencial atingida por este evento. Também, pode-se observar que parte dos municípios que registraram as ocorrências de vendaval relataram danos na agricultura.

Desta forma, este estudo sobre a ocorrência de ES no RS em 2009, que são associados principalmente à SCM e SF e que foram registrados pela CEDEC, contribuiu para um melhor entendimento da frequência diária e das regiões do RS mais atingidas por eles. Pôde-se perceber a importância deste tipo de estudo, devido ao impacto que os ES causam à sociedade e à economia, bem como ao meio ambiente da região. Sugere-se como trabalhos futuros uma análise mais detalhada das regiões afetadas, para verificar se além das condições

meteorológicas atuantes na região, problemas relacionados à infraestrutura dos municípios atingidos são determinantes para a ocorrência de um ES, podendo-se utilizar para isto um período maior de dados. Além disso, pode-se estudar dentro das regiões de maior frequência de ocorrência de ES, as condições geomorfológicas e sociais desta(s) região(ões), buscando sobretudo criar ferramentas que possam não somente identificar regiões mais vulneráveis, como também auxiliar na atuação do poder público, para o repasse de verbas à projetos relacionados a infraestrutura dos municípios, e na atuação de órgãos públicos (ex: Defesa Civil, Corpo de Bombeiros), que visam colaborar com a população de modo a mitigar os danos causados.

## Referências

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

ARAÚJO, S. M. B. **Estudo da variabilidade climática em regiões homogêneas de temperaturas médias do ar no Rio Grande do Sul**. 2005. 54 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, UFPel, Pelotas.

ASERS - ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre: SCP/DEPLAN. Disponível em: < <http://www1.seplag.rs.gov.br/atlas/#> > Atualizado em: 23/09/2011. Acesso em: 9 jan. 2013.

BACELAR, L.C; CAMPOS, C. R. J.; RASERA, G.; EICHHOLZ, C. W. Mesoscale convective systems related to the occurrence of severe weather events in Rio Grande do Sul - Brazil, in JFM and JAS from 2004 to 2008 In: EUROPEAN CONFERENCE ON SEVERE STORMS (ECSS 2011) , 6, 2011, Palma de Mallorca, Balearic Islands, Spain. **Trabalhos online...** Disponível em: < <http://www.essl.org/ECSS/2011/programme/abstracts/178.pdf%20.P178> >. Acesso em: 29 set. 2012.

BERLATO, M. A. **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. dos; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. Agrometeorologia aplicada à irrigação, Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.11-23.

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: Embrapa Clima Temperado, 2000, p. 67-81.

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

CAMPOS, C. R. J.; PINTO, L. B.; EICHHOLZ, C. W. Condições de tempo severo

observadas no RS entre 2003 e 2006 que causaram prejuízos à agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. 2007, Aracajú-SE. **Anais do...** Aracajú: SBA, 2007. v. 1, p. 53-56.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. Brasília: Ministério da Integração Nacional – Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1998. 283 p.

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

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

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. **Frentes Frias sobre o Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 9, 464p.

CEDEC – Coordenaria Estadual de Defesa Civil do RS. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>>. Acesso em: 9 mai. 2012.

CLIMANÁLISE - Boletim de Monitoramento e Análise Climática - INPE/CPTEC , São José dos Campos - SP, Brasil, 2009. v.1 a 12. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 09 jul. 2012.

DIAS, M. A. F. S.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. **Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 12, 464p.

DIAZ, A. E; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, v. 11, n. 2, p. 251-271, 1998.

EICHHOLZ, C. W. **Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o RS no período de 2004 a 2008**. 2011, 102 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia - UFPel, Pelotas.

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, Cuba. **Anais do...** Ciudad de La Habana: SOMETCUBA, 2011a.

EICHHOLZ, C. W.; CAMPOS, C. R. J. Eventos extremos de precipitação no Rio Grande do Sul. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE MICROMETEOROLOGIA, 7, 2011b, Santa Maria - RS. **Trabalhos online...** Disponível em: <[http://workshop.micrometeorologia.com/wpcontent/uploads/M%C3%93DULO ANAIS.pdf](http://workshop.micrometeorologia.com/wpcontent/uploads/M%C3%93DULO_ANAIS.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2012.

FEE - Fundação de Economia e Estatística. Disponível em:  
<[http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/pg\\_estado.php](http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_estado.php)>. Acesso em: 25 nov. 2012.

FONTANA, D. S.; BERLATO, A. M. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1. p. 127-132, 1997.

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

GRIMM, A. M., BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, p. 35-58, 2000.

GRIMM, A. M. **Climas da região sul do Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 17, 259p.

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, 1976, 48 p. (Relatório n. 1080).

HARTER, I. B. **Análise de precipitação em Pelotas - RS utilizando transformada Wavelet de Morlet**. 2004, 85 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Faculdade de Meteorologia, UFPel, Pelotas.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:  
<[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default\\_div\\_int.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm)>. Acesso em: 12 mai. 2013.

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.

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.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres: conceitos básicos**. Florianópolis: Editora Organic Trading, 2006. 109p.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul - El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p. 1888-1899, 1984.

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



MARCELINO, I. P. V. **Análise episódica de tornados em Santa Catarina: Caracterização sinótica e mineração de dados**. 2003, 214 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, São José dos Campos.

MARCELINO, I. P. V. O.; MENDONZA, M.; RUDORFF, F. M. Ocorrências de granizo no estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis – SC. **Anais do...** Florianópolis, 2004. v. 1, p. 795-805. CD-ROM.

MATZENAUER, R.; VIANA, D. R.; BUENO, A. C.; MALUF, J. R. T.; CARPENEDO, C. B. Regime anual e estacional de chuvas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. 2007, Aracaju - SE. **Anais do...** Aracaju - SE, 2007.

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

NEDEL, A.; SAUSEN, T. M.; SAITO, S. M. Zoneamento dos desastres naturais ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul no período 1989 – 2009: Granizo e Vendaval. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 119 – 126, 2012.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e você - o fenômeno climático**. São José dos Campos-SP. Editora Transtec, 2001, 155p.

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

PAMPUCH, L. A.; MARCELINO, I. P. V. O. Desastres naturais no município de Santa Maria – RS: análise das causas e consequências. In: ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2. 2007, Florianópolis. **Anais do...** Florianópolis: CEFET – SC, 2007. 11p. (CD-ROM).

PAMPUCH, L. A. **Investigação do modo sul no clima presente e futuro no Rio Grande do Sul**. 2010, 146 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, UFSM, Santa Maria.

RAO, V.B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillations. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 42, p. 81-91, 1990

RASERA, G.; CAMPOS, C. R. J. SCM que causaram eventos severos no RS em 2005. In: ENPOS - ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPEL, 13. 2011., Pelotas – RS. **Anais do...** Pelotas: UFPEL, 2011. CDROM.

RASERA, G.; CAMPOS, C. R. J.; VARGAS Jr., V. R.; EICHHOLZ, C. W.. Eventos de vendaval que afetaram o RS entre 2004 e 2008. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE MICROMETEOROLOGIA, 7. 2011a. Santa Maria – RS. **Anais do...** Santa Maria: UFSM, 2011a.

RASERA, G.; CAMPOS, C. R. J.; EICHHOLZ, C. W.. Análise sazonal dos SCM que afetaram o RS em 2004 e que causaram eventos severos. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 6. 2011b, Ciudad de La Habana. **Anais do...** Ciudad de La Habana: SOMETCUBA, 2011b.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres naturais desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007, 284 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Naturais e Exatas, UFSM, Santa Maria.

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

SELUCHI, M. E. **Geadas e friagens**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 10, 149p.

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

SIQUEIRA, J. R.; MARQUES, V. S. Occurrence frequencies and trajectories of mesoscale convective systems over southeast Brazil related to cold frontal and non-frontal incursions. **Australian Weather Review**, v. 57, p. 345-357, 2008.

TURCATO, K. **Identificação dos eventos meteorológicos desencadeadores do desastre na Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí, RS, em novembro de 2009**. 2010, 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia - Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000. 463p.

VARGAS Jr., V. R.; CAMPOS, C. R. J.; RASERA, G.; EICHHOLZ, C. W. Eventos severos que afetaram o RS no período de 2004 a 2008. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE MICROMETEOROLOGIA, 7. 2011a. Santa Maria – RS. **Trabalhos online...** Disponível em: <[http://workshop.micrometeorologia.com/wpcontent/uploads/M%C3%93DULO\\_ANALIS.pdf](http://workshop.micrometeorologia.com/wpcontent/uploads/M%C3%93DULO_ANALIS.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2012.

VARGAS Jr., V. R.; CAMPOS, C. R. J.; RASERA, G.; EICHHOLZ, C. W. Análise da ocorrência de enchente no RS entre 2004 e 2008. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 6. 2011b, Ciudad de La Habana. **Anais do...** Ciudad de La Habana: SOMETCUBA, 2011b.

VARGAS Jr., V. R.; RASERA, G.; EICHHOLZ, C. W.; CAMPOS, C. R. J. Análise da ocorrência de granizo no RS de 2004 a 2008. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E III MOSTRA CIENTÍFICA UFPEL. 20. 2011c. Pelotas – RS. **Anais do...** Pelotas, 2011c.

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, p. 91-105, 2009.

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

VILA, D. A. **Sistemas convectivos precipitantes de mesoescala sobre Sudamerica: Ciclos de vida y circulación en gran escala asociada (Rainy mesoscale convective systems over South America: Life cycle and the associated large scale environment)**. 2004, 132 p. Ph.D. thesis, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

YAMAZAKI, Y., CARVALHO, M. H. de, ORGAZ, D. L. D. M. Análise de Um Caso de Chuvas Intensas em Pelotas-RS Usando o Modelo MM5. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza-CE. **Anais do...** Fortaleza: SBMET, 2004, CDROM.