

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DOS DESASTRES CAUSADOS POR TEMPESTADES E
ELEVADOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS NO RIO GRANDE DO SUL
ENTRE 2011 E 2018**

KARINA BRUNO LIMA

ORIENTADOR: PROF. DR. FRANCISCO ELISEU AQUINO

PORTO ALEGRE, JANEIRO DE 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE DOS DESASTRES CAUSADOS POR TEMPESTADES E
ELEVADOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS NO RIO GRANDE DO SUL
ENTRE 2011 E 2018**

KARINA BRUNO LIMA

Orientador: Prof. Dr. Francisco Eliseu Aquino

Banca Examinadora:

Dr. Denilson Ribeiro Viana

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Sanches

Profa. Dra. Tânia Marques Strohaecker

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia como requisito para
obtenção do título de Mestre em
Geografia.**

PORTO ALEGRE, JANEIRO DE 2020.

CIP - Catalogação na Publicação

Lima, Karina Bruno
ANÁLISE DOS DESASTRES CAUSADOS POR TEMPESTADES E
ELEVADOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS NO RIO GRANDE DO SUL
ENTRE 2011 E 2018 / Karina Bruno Lima. -- 2020.
87 f.
Orientador: Francisco Eliseu Aquino.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa
de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS,
2020.

1. Eventos Extremos. 2. Danos e Prejuízos. 3.
Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. I.
Aquino, Francisco Eliseu, orient. II. Título.

Agradecimentos

Ao meu amado companheiro, Cezar Alfeu, que acreditou em mim, me deu forças, me ajudou durante esse processo e me deu toda a base que tornou isso possível.

Ao meu orientador, Dr. Francisco Eliseu Aquino, por toda a ajuda, incentivo e orientações importantes.

Ao colega geógrafo Raí Nunes dos Santos, que me auxiliou em alguns dos processos deste trabalho.

Aos meus pais e irmão, Harley, Roseli e Raphael, pelo amor de sempre e por toda a confiança depositada.

Ao meu cunhado e sogros, Pedro, Cezar e Marília pelo apoio, conversas e conselhos importantes.

Ao Pedro Henrique da Silva Heim, do POSGEA, por toda a ajuda e por demonstrar que, mesmo questões burocráticas, podem ser tratadas com empatia – e este é sempre o melhor caminho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul por ter me formado bacharel em Geografia e me dado a chance de fazer um mestrado no Programa de Pós-Graduação em Geografia.

E à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos.

RESUMO

O Estado do Rio Grande do Sul encontra-se em uma região geográfica de intensa dinâmica de massas de ar que contribuem na formação de fenômenos meteorológicos extremos. Esses eventos são associados à Sistemas Frontais, Sistemas Convectivos de Mesoescala e Complexos Convectivos de Mesoescala, capazes de causar desastres. Devido a importância deste tema para a sociedade, este estudo tem o objetivo de contribuir na análise dos desastres causados por tempestades e precipitação extrema. Por meio do levantamento, contabilização e análise de mais de 1.100 documentos oficiais de registro dos desastres (FIDE e AVADAN) ocorridos no Rio Grande do Sul no período de 2011 a 2018, foi possível identificar os danos e prejuízos decorrentes destes tipos de eventos severos (76% dos casos), sua frequência no período e variabilidade sazonal. O ano de 2015 foi o que apresentou maiores prejuízos estimados nos setores público e privado, contabilizando cerca de 3 bilhões de reais em prejuízo total. Constatou-se também que o estado registrou cerca de 11 bilhões de reais em prejuízo total decorrente de desastres relacionados aos fenômenos analisados entre 2011 e 2018. O evento severo com maior frequência foi a enxurrada responsável 27,05% dos casos analisados, seguido pelo vendaval com 14,07% dos casos. A Região Geográfica Intermediária de Passo Fundo foi a que concentrou a maior parte dos casos relacionados a estes eventos (46,48% dos de enxurrada e 32,90% dos de vendaval), bem como dos relacionados às tempestades de granizo (24,35%). A região de Porto Alegre registrou a maior quantidade dos eventos relacionados a inundações (33,71%) e alagamentos (21,05%).

Palavras-chave: Eventos Extremos, Danos e Prejuízos, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

ABSTRACT

The Rio Grande do Sul state is located in a geographic region with intense dynamics of air masses that contribute to the formation of extreme meteorological phenomena. These events are associated with Frontal Systems, Mesoscale Convective Systems and Mesoscale Convective Complexes, able of causing disasters. Due to the importance of this theme for society, this study aims to contribute to the hazards analysis caused by storms and extreme precipitation. Through the survey, accounting and analysis of more than 1,100 official disasters reports (FIDE and AVADAN) that occurred in Rio Grande do Sul in the period from 2011 to 2018, it was possible to identify the losses and damages resulting from these types of severe events (76% of the cases), their frequency in the period and seasonal variability. The year of 2015 was the one with the highest estimated losses in the public and private sectors, accounting for approximately 3 billion reais in total losses. It was also found that the state recorded about 11 billion reais in total losses due to disasters related to the phenomena analyzed between 2011 and 2018. The most frequent severe event was the flash flood, responsible for 27.05% of the cases analyzed, followed by the windstorm with 14.07% of the cases. The Intermediate Geographic Region of Passo Fundo was the one that concentrated most of the cases related to these events (46.48% of the flash floods and 32.90% of the windstorms), as well as those related to hailstorms (24.35 %). The Porto Alegre region recorded the largest number of events related to flooding (33.71%) and inundation (21.05%).

Key-words: Extreme Events, Losses and Damages, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo: Rio Grande do Sul.....	17
Figura 2 – As Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul.....	18
Figura 3 – Massas de ar da América do Sul no verão.....	21
Figura 4 – Precipitação total mensal média (mm) na Região Sul.....	22
Figura 5 – Imagem de satélite de um SCM em canal infravermelho.....	25
Figura 6 – Esquema de um SCM em estado maduro.....	26
Figura 7 – CCM (uma das categorias de SCM) sobre o RS.....	29
Figura 8 – Modelo de circulação atmosférica em baixos níveis na AS.....	31
Figura 9 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2011.....	46
Figura 10 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2011.....	46
Figura 11 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2012.....	48
Figura 12 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2012.....	48
Figura 13 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2013.....	49
Figura 14 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2013.....	50
Figura 15 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2014.....	51
Figura 16 - Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2014.....	51
Figura 17 - Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2015.....	52

Figura 18 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2015.....	53
Figura 19 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2016.....	54
Figura 20 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2016.....	54
Figura 21 - Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2017.....	55
Figura 22 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2017.....	56
Figura 23 - Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2018.....	57
Figura 24 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2018.....	57
Figura 25 – Registros de desastres ocorridos no RS entre 2011 e 2018.....	58
Figura 26 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS entre 2011 e 2018.....	59
Figura 27 – Prejuízos por tipo de desastre ocorrido no RS entre 2011 e 2018.....	60
Figura 28 – Comparação entre os prejuízos anuais com valores corrigidos.....	62
Figura 29 – Total de chuvas intensas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	63
Figura 30 – Ocorrência trimestral das chuvas intensas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	64
Figura 31 – Total de tempestades de granizo nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	66
Figura 32 – Ocorrência trimestral das tempestades de granizo nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	67
Figura 33 – Total de vendavais nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	68
Figura 34 – Ocorrência trimestral de vendavais nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	69

Figura 35 – Total de enxurradas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	70
Figura 36 – Ocorrência trimestral de enxurradas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	71
Figura 37 – Total de inundações nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	72
Figura 38 – Ocorrência trimestral de inundações nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	73
Figura 39 – Total de alagamentos nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	74
Figura 40 – Ocorrência trimestral de alagamentos nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Proposta de Maddox (1980): Características morfológicas necessárias a um CCM.....	28
Quadro 2 – Caracterização dos desastres de Nível I e de Nível II conforme danos e prejuízos.....	37
Quadro 3 – Desastres considerados como de origem natural conforme a COBRADE.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População global de CCM.....	30
Tabela 2 – Climatologia dos CCM para os EUA, AS e Região Sul o Brasil.....	32
Tabela 3 – Prejuízos aproximados auferidos e corrigidos dos desastres analisados para o período de 2011 a 2018.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

AS: América do Sul

AVADAN: Avaliação de Danos

CCM: Complexo(s) Convectivo(s) de Mesoescala

Cb: Cumulonimbus

Ci: Cirrus

CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

°C: Celsius

ENOS: El Niño Oscilação Sul

EUA: Estados Unidos da América

ES: Eventos Severos

FIDE: Formulário de Informações sobre Desastres

hPa: Hectopascal

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

JAN: Jato de Altos Níveis

JBN: Jatos de Baixos Níveis

NOPRED: Notificação Preliminar de Desastre

RGI: Região Geográfica Intermediária

RS: Rio Grande do Sul

S2ID: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SAM: Modo Anular do Hemisfério Sul

SCM: Sistema(s) Convectivo(s) de Mesoescala

SEDEC: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

SINPDEC: Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

UTC: *Universal Time Coordinated*

WMO: *World Meteorological Organization*

ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT: Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo.....	16
1.3 Objetivos específicos	17
1.4 Área de estudo	17
2 CLIMA E O RIO GRANDE DO SUL	19
2.1 Conceito de Clima.....	19
2.2 O clima no Rio Grande do Sul	19
3 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS MAIS ATUANTES NO RIO GRANDE DO SUL	24
3.1 Sistemas Convectivos de Mesoescala.....	25
3.1.1 Complexos Convectivos de Mesoescala.....	28
3.2 Sistemas Frontais	32
4 DESASTRES	34
4.1 Definição de Desastre, Ameaça, Vulnerabilidade e Risco	34
4.2 Gestão de risco e gerenciamento de desastres no Brasil.....	35
4.3 Caracterização dos desastres conforme danos e prejuízos	36
4.4 Tipos de desastres.....	37
4.5 Desastres relacionados a tempestades e elevados índices de precipitação ...	39
5 MÉTODOS E TÉCNICAS	41
5.1 Análise dos prejuízos	42
5.2 Análise de frequência e sazonalidade.....	44
6 RESULTADOS	45
6.1 Análise de frequência e prejuízos	45
6.1.1 O ano de 2011	45
6.1.2 O ano de 2012.....	47
6.1.3 O ano de 2013.....	49

6.1.4 O ano de 2014	50
6.1.5 O ano de 2015	52
6.1.6 O ano de 2016	53
6.1.7 O ano de 2017	55
6.1.8 O ano de 2018	56
6.1.9 O período de 2011 a 2018	58
6.2 Análise de frequência, região e sazonalidade de desastres de origem hidrometeorológica no Rio Grande do Sul	63
6.2.1 Chuva intensa	63
6.2.2 Granizo	65
6.2.3 Vendaval	67
6.2.4 Enxurrada	69
6.2.5 Inundação	71
6.2.6 Alagamento	73
7 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 INTRODUÇÃO

O tempo e o clima exercem grande influência na manutenção do regime hídrico e energético sendo essenciais no balanço de equilíbrio do planeta e, conseqüentemente, para as atividades humanas. Alguns fenômenos meteorológicos e climáticos, entretanto, possuem elevado potencial destrutivo e figuram entre os principais agentes deflagradores de catástrofes, sendo assim considerados eventos extremos ou severos.

Com o advento e potencialização das mudanças climáticas globais, as projeções apontam para uma tendência de aumento de frequência e intensidade dos eventos extremos relacionados a precipitação e temperatura em todo o planeta. Por meio de dados e observações de décadas, sabemos que a frequência destes eventos pode ter flutuações naturais, mas também sabemos que estão ocorrendo variações em seus padrões e que atividades humanas estão intensificando fenômenos extremos diversos como, por exemplo, as inundações, tempestades, tornados, secas e outros (HANSEN *et al.*, 2010; IPCC, 2012; IPCC, 2013; DEBORTOLI *et al.*, 2017; IPCC, 2019).

É comum a utilização do termo “desastres naturais” para se referir a catástrofes que possuam um fenômeno natural, geralmente um evento extremo ou severo, como agente deflagrador, sendo que a intensidade do desastre depende da magnitude do evento adverso e, principalmente, da vulnerabilidade do sistema receptor - vulnerabilidade esta o fator determinante no grau dos danos sociais, econômicos e ambientais causados (CASTRO, 1999).

O *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais* (CEPED, 2013), fez um levantamento bastante completo sobre os desastres no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul (bem como em outros estados da federação) compilando dados do período de 1991 a 2012, com mapas, gráficos e inúmeras informações sobre o tema. Conforme esse levantamento, são os desastres relacionados a eventos extremos de origem hidrometeorológica os que mais afetaram o país durante o período analisado.

Como exemplos de fenômenos que contribuem na ocorrência deste tipo de desastre, podemos citar tempestades, vendavais, granizo, e tornados - que podem gerar destruição de estruturas, além de inundações, enxurradas, alagamentos, escorregamentos e outras situações adversas resultantes de elevadas taxas de precipitação.

As consequências de um desastre afetam a sociedade de diversas formas, podendo incluir danos ambientais e sociais diversos, bem como prejuízos financeiros e até danos humanos irreparáveis, como mortes. Quando se trata de prejuízos econômicos, eles podem incidir tanto sobre o setor público (serviços essenciais prejudicados ou interrompidos como os de saúde, ensino, transporte, abastecimento de água, geração e distribuição de energia elétrica, entre outros), quanto sobre o setor privado (agricultura, pecuária, indústria, comércio e outros serviços).

1.1 Justificativa

Sob o ponto de vista da pesquisa, para verificar se existe um padrão climático (de médio ou longo prazo) de frequência e intensidade dos eventos extremos ou se este padrão está sendo modificado ou induzido para além de seu grau de variabilidade natural, é necessário que exista grande quantidade de dados (meteorológicos, de curto prazo) e que estes dados sejam corretamente analisados, formando assim uma base sólida para que se possa fazer inferências sobre o cenário atual e projeções de cenários futuros.

Além do inestimável valor científico das pesquisas, é importante que estas tenham, quando possível, aplicabilidade na resolução de problemas da sociedade. Sendo assim, por mais que não se possa evitar que certos eventos extremos aconteçam, podemos adquirir conhecimento sobre seus mecanismos a fim de sabermos como agir a curto, médio e longo prazo. Enquanto as mudanças a longo prazo incluem uma nova forma de pensar a relação humana com o meio ambiente, tornando-a mais sustentável, as ações a curto prazo podem envolver investimentos específicos do Poder Público em determinadas áreas a fim de se prevenir desastres ou evitar que suas consequências sejam mais danosas.

Os desastres impactam diretamente a vida das pessoas que vivem em grandes ou pequenos centros urbanos - sempre muito afetados por eventos de precipitação intensa, pois não costumam ser bem planejados para suportá-los - bem como das pessoas que vivem em áreas rurais ou dependem de atividades agrícolas, pois a agricultura é um dos setores mais prejudicados pelos eventos severos. No entanto, é importante ressaltar que quanto maior a vulnerabilidade socioeconômica de uma população, mais ela será impactada por um desastre, logo, torna-se cada vez mais

importante que o Poder Público tenha informações e análises sobre os desastres, facilitando decisões que visem diminuir as vulnerabilidades e, dessa forma, prevenir e mitigar efeitos adversos para a sociedade.

Existem diversos estudos sobre desastres compreendendo mapeamentos de risco em áreas suscetíveis, propostas para o uso de geotecnologias, análises sobre o papel da comunidade e dos órgãos públicos no gerenciamento dos desastres, levantamentos diversos e até mesmo trabalhos sobre a sociologia dos desastres, logo, se trata de uma área de estudo bastante vasta e complexa (RIBEIRO, 1995; KOBAYAMA *et al.*, 2004; MARCELINO *et al.*, 2006; RECKZIEGEL *et al.*, 2007; VALENCIO, 2010; BARBOSA *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2016). Nota-se, porém, que não há muitos trabalhos que abranjam a questão dos prejuízos financeiros resultantes dos desastres ou que analisem as regiões de ocorrência preferenciais dos diversos tipos de desastres que ocorreram no estado em períodos mais recentes.

Na região Sul do Brasil, os eventos severos relacionados a tempestades e precipitação costumam estar associados a Sistemas Frontais e Sistemas Convectivos de Mesoescala em suas variadas formas (como os Complexos Convectivos de Mesoescala). Estes são os principais responsáveis pela precipitação durante a estação quente nas regiões tropicais e temperadas da América do Sul e, frequentemente, propiciam condições de tempo adversas que resultam em desastres (VELASCO e FRITSCH, 1987; VILA, 2004). Conforme Abdoulaev *et al.* (1996), os Sistemas Convectivos de Mesoescala são responsáveis por cerca de 13 desastres ao ano no Rio Grande do Sul, sendo o estado uma região de grande ocorrência de eventos severos e desastres.

Este estudo pretende contribuir para a compreensão dos custos e impactos dos desastres no Rio Grande do Sul, em um levantamento de oito anos.

1.2 Objetivo

- Analisar desastres relacionados a tempestades e elevados índices pluviométricos ocorridos no Rio Grande do Sul entre 2011 e 2018.

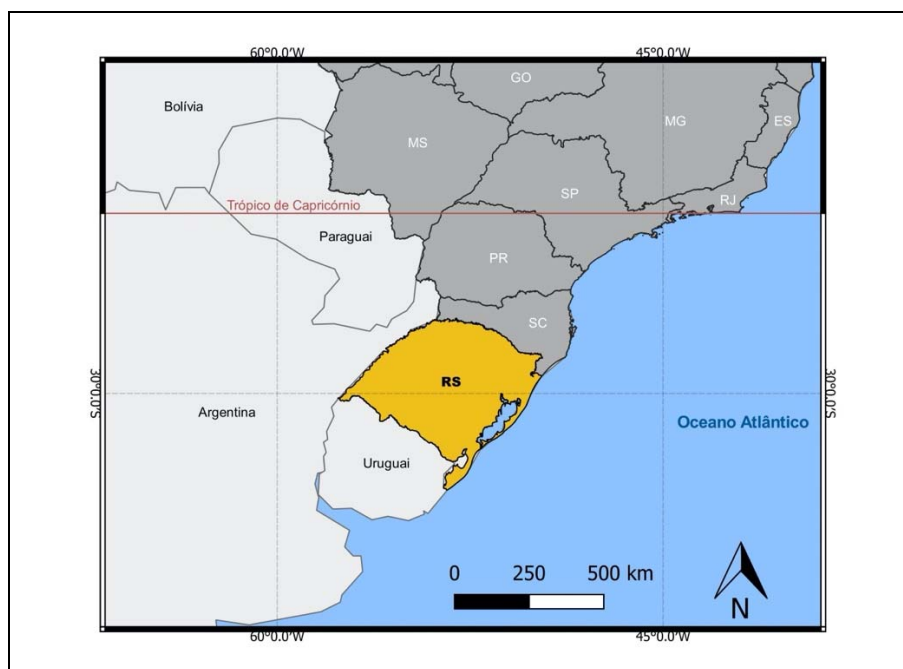
1.3 Objetivos específicos

- Definir a frequência de ocorrências dos diversos tipos de desastre analisados;
- Determinar os prejuízos econômicos em cada ano do período e de cada tipo de desastre analisado;
- Identificar as Regiões Geográficas Intermediárias do Estado mais afetadas por cada tipo de desastre;
- Verificar se existe frequência sazonal para cada evento estudado.

1.4 Área de estudo

A área de estudo é o estado do Rio Grande do Sul, localizado na Região Sul do Brasil, entre os paralelos $33^{\circ}45'03''$ S e $27^{\circ}04'49''$ S e entre os meridianos $49^{\circ}42'41''$ W e $57^{\circ}40'57''$ W. Possui uma área de 281.748,5 km² (BRASIL, 2002), faz fronteira com Santa Catarina, Uruguai e Argentina e é o estado mais meridional do Brasil.

Figura 1 – Localização da área de estudo: Rio Grande do Sul.

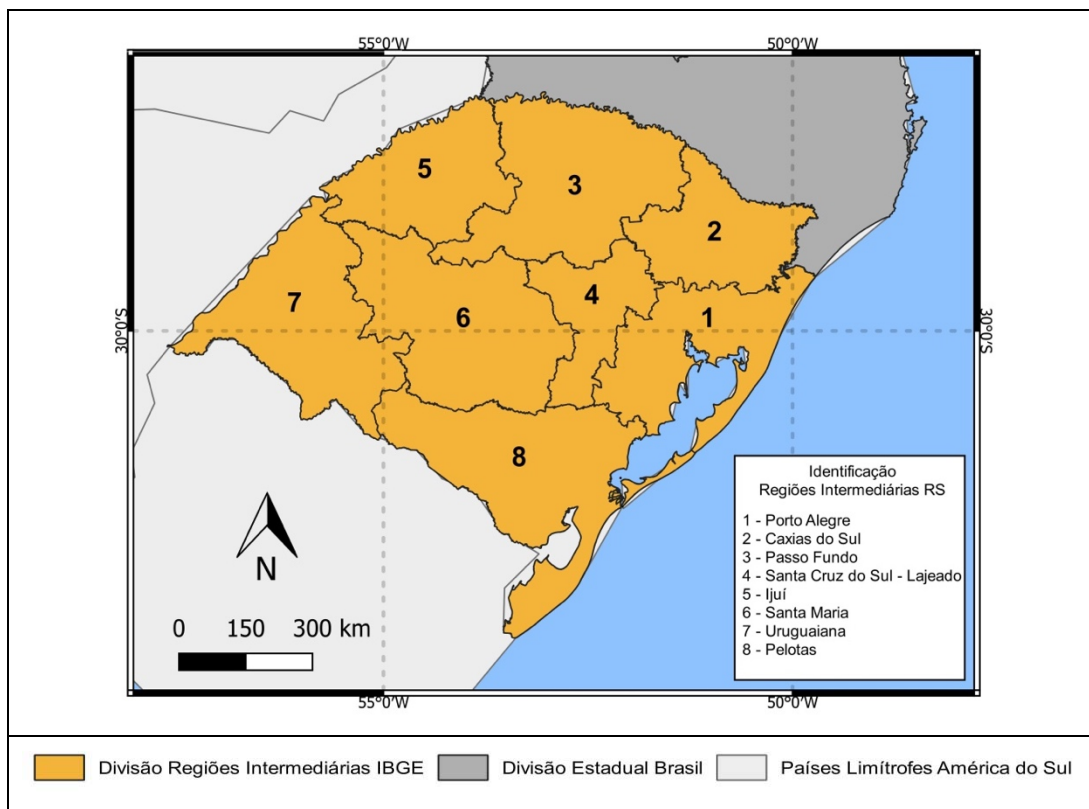


Neste trabalho, será utilizada a classificação de Regiões Geográficas Intermediárias (IBGE, 2017) que é atualmente utilizada em substituição à classificação

de mesorregiões. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para essa classificação de escala intermediária, buscou-se a delimitação utilizando metrópoles ou capitais regionais do estudo de redes e hierarquia urbana *Regiões de Influência das Cidades* (REGIC, 2007). Em alguns casos, foram utilizados outros centros urbanos de menor dimensão, mas que fossem representativos em escala regional.

O RS possui oito Regiões Geográficas Intermediárias (RGI), sendo elas: Porto Alegre, Pelotas, Santa Maria, Uruguaiiana, Ijuí, Passo Fundo, Caxias do Sul e Santa Cruz do Sul – Lajeado, conforme Figura 2.

Figura 2 – As Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul.



2 CLIMA E O RIO GRANDE DO SUL

2.1 Conceito de Clima

Antes de uma breve contextualização do clima no RS, é importante compreender alguns conceitos básicos de classificação, como tempo meteorológico e clima, que, muitas vezes, são confundidos ou tratados como equivalentes.

Tempo meteorológico é o estado físico das condições atmosféricas em um determinado momento e local e é estudado pela meteorologia (BARRY; CHORLEY, 2009). Para fazer as previsões do tempo, o meteorologista aplica outras áreas do conhecimento, como a física e a matemática, a fim de estabelecer padrões e modelos para entender e estabelecer uma dinâmica atmosférica momentânea.

Clima está relacionado às características da atmosfera, observadas e aferidas por um período de tempo maior, a fim de estabelecer uma normal climatológica, ou seja, o comportamento esperado para aquela região. Para isso, é necessário um período de 30 anos de observação, estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2019). Os estudos climáticos analisam padrões de tempo meteorológico de longo prazo, além de fatores que produzem as condições climáticas no planeta, incluindo considerações sobre variabilidade climática, condições extremas e frequência de eventos específicos (BARRY; CHORLEY, 2009; CAVALCANTI, 2016).

2.2 O clima no Rio Grande do Sul

Segundo Köppen (1948), que considerou temperatura, precipitação e distribuição da vegetação em sua classificação de climas globais, o RS encontra-se dentro do tipo Cf, sendo 'C' o tipo climático fundamental para climas temperados, com temperatura média do mês mais frio entre 18° e -3°C. A letra 'f' significa ausência de estação seca - as chuvas no RS são bem distribuídas durante o ano.

O RS se divide em dois grupos com relação à sua temperatura: Cfa para a maior parte do estado e Cfb para uma região do Planalto Meridional com altitudes, em média, superiores a 800 metros. A letra 'a' refere-se a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a letra 'b' significa que a temperatura média do mês mais

quente é inferior a 22°C e durante ao menos quatro meses são superiores a 10°C (VIANA, 2006).

O clima do RS também é denominado como subtropical úmido, o qual surge nas latitudes de 25° a 35° N e S, caracterizando-se por precipitação abundante durante todo o ano e máximas que ocorrem geralmente no verão enquanto, no inverno, há avanços de massas polares e perturbações ciclônicas gerando temperaturas baixas. A precipitação invernal é do tipo frontal podendo ocorrer em forma de neve e a variabilidade térmica pode ser elevada durante o ano (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

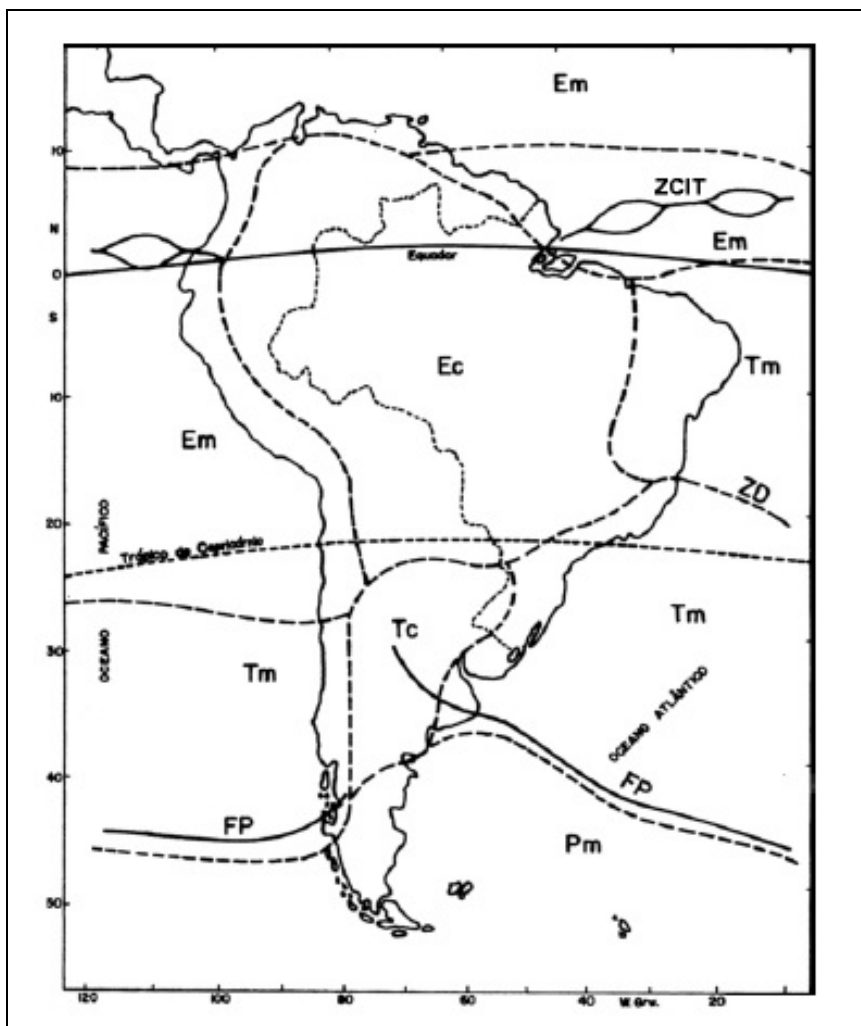
Conforme Strahler e Strahler (1989), as massas de ar são volumes de ar com características de temperatura e umidade uniformes ao longo de extensas regiões e podem ser caracterizadas por uma combinação entre o gradiente vertical de temperatura e um certo valor de umidade específico. O RS está localizado sobre o paralelo de 30°S, que representa a mudança da zona tropical para a temperada, sendo assim, localiza-se em uma região onde ocorre intensa dinâmica de massas de ar e atuação de anticiclones permanentes (NIMER, 1977).

A dinâmica meteorológica no RS é influenciada pela presença do Anticiclone Migratório Polar (AMP), que tem origem nas altas latitudes (entre 60° e 70°S) e deslocamento preferencial de SW-NE, e do Anticiclone Semifixo Tropical (AST), localizado no setor central do Atlântico Sul e de deslocamento sazonal pequeno, sendo ambos sistemas de alta pressão (NIMER, 1977).

As principais massas de ar que atuam e influenciam as condições meteorológicas no estado são a Marítima Polar (Pm), Marítima Tropical (Tm) e Continental Tropical (Tc), conforme pode ser visualizado na Figura 3. As massas de ar Tm, quentes, se originam na região do AST, enquanto as Pm, frias, são originárias da região do oceano Circumpolar sul. O deslocamento e contato entre essas duas grandes massas de ar proporciona uma das principais características da dinâmica atmosférica do RS (TUBELIS e NASCIMENTO, 1980).

O centro de baixa pressão intermitente localizado a noroeste da Argentina, Paraguai e sul da Bolívia, fica mais extenso e exerce maior influência no verão. Também conhecido como Baixa do Chaco, fortalece os ventos de noroeste em baixos níveis, favorecendo transporte de ar tropical para sul e criando assim uma conexão entre os trópicos e a Região Sul (SELUCHI e MARENGO, 2000; GRIMM, 2009).

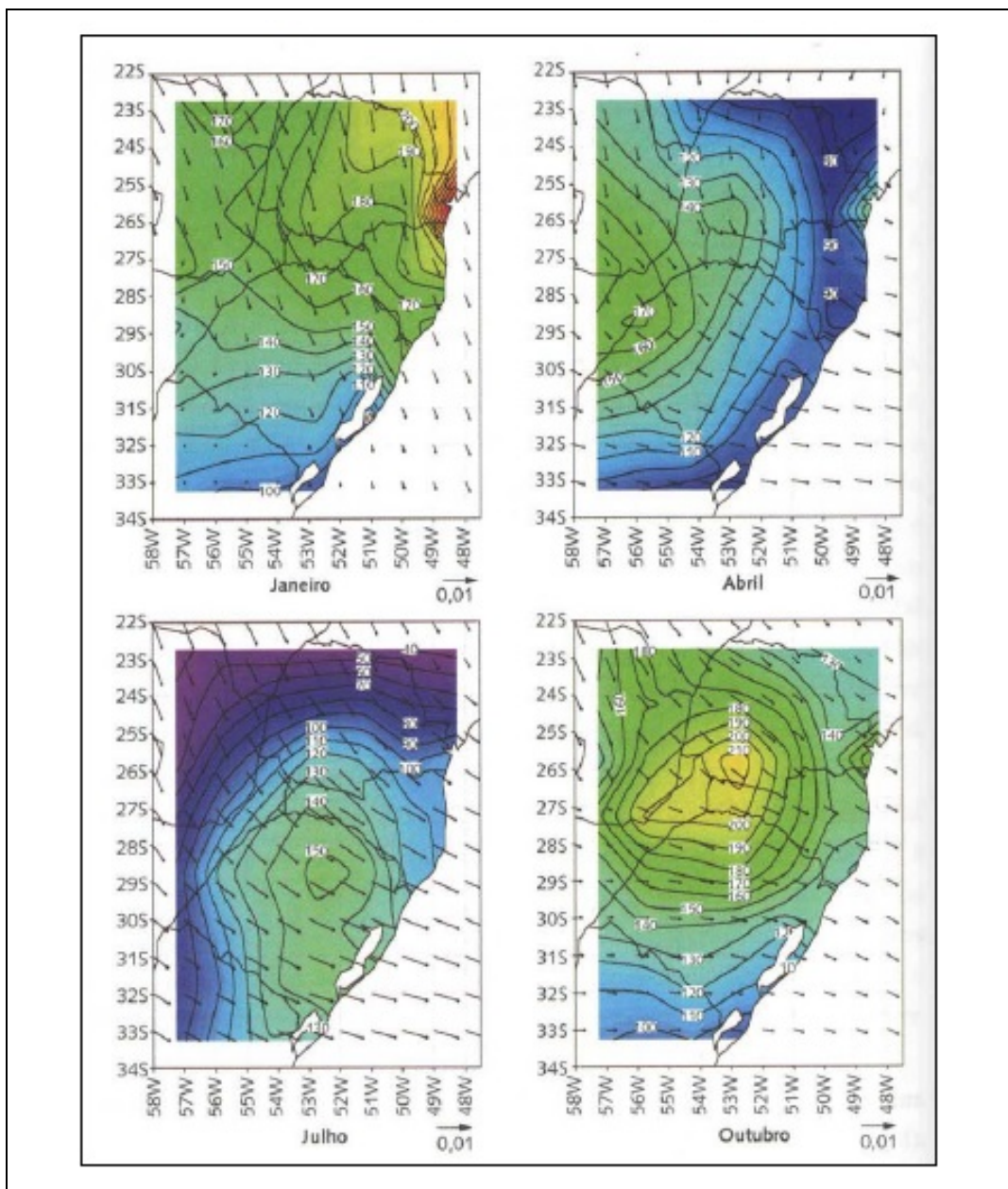
Figura 3 – Massas de ar da América do Sul no verão. ZCIT = Zona de Convergência Intertropical; Em = Equatorial Marítima; Tm = Tropical Marítima; Ec = Equatorial Continental; Tc = Tropical Continental; Pm = Polar Marítima; FP = Frente Polar; ZD = Zona de Descontinuidade.



Fonte: Tubelis e Nascimento (1980).

Segundo Grimm (2009), a região sudeste do estado apresenta máxima de precipitação no inverno, com a chuva geralmente resultando de penetrações frontais associadas a ciclones extratropicais migratórios, característica de regimes de latitudes médias. Já a região noroeste apresenta máximos de precipitação na primavera, verão e outono (regime trimodal), com os Complexos Convectivos de Mesoescala contribuindo fortemente, principalmente no que se refere aos meses de janeiro, abril e outubro.

Figura 4 – Precipitação total mensal média (mm) na Região Sul.



Fonte: Grimm (2009).

Conforme Nery (2005), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), faixa persistente de nebulosidade que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central é mais marcante nos meses de verão, afeta a dinâmica de chuvas da região. O posicionamento da ZCAS por período prolongado sobre a Região Sudeste estaria associado a períodos de enchentes de verão nesta região e veranicos na Região Sul, enquanto que a inversão dessa situação ocorreria quando a ZCAS se posiciona mais ao sul. Além disso, os eventos de El Niño e La Niña também podem influenciar na

dinâmica de chuvas da região, principalmente com relação à sua frequência e intensidade.

Segundo Aquino (2012), o clima do RS, bem como da Região Sul do Brasil, recebe influências da região da Península Antártica (PA), devido ao Modo Anular do Hemisfério Sul (SAM) em que extremos positivos e negativos na variabilidade da temperatura média mensal e sazonal na Região Sul resultam, em parte, de variações na circulação atmosférica da PA.

O SAM é um modo de variabilidade da circulação atmosférica em latitudes altas – o principal do Hemisfério Sul – sendo suas alterações resultantes das variabilidades internas da própria dinâmica atmosférica bem como de fatores antropogênicos. É responsável por influências no clima da Antártica, Oceano Austral, África, Austrália e América do Sul (TURNER e MARSHALL, 2011; AQUINO, 2012).

3 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS MAIS ATUANTES NO RIO GRANDE DO SUL

O clima no RS, assim como em qualquer lugar do globo, é resultado de um conjunto de fatores que interagem entre si, sendo alguns de “ordem estática”, como o relevo, e outros de “ordem dinâmica”, como os mecanismos atmosféricos (NIMER, 1971).

Quando fenômenos meteorológicos possuem grande magnitude e atingem locais vulneráveis causando destruição, são comumente denominados Eventos Severos (ES). No RS, há diversos tipos de sistemas atmosféricos atuantes que muitas vezes resultam em desastres, como os Sistemas Convectivos de Mesoescala em suas variadas formas (Complexos Convectivos de Mesoescala, Linhas de Instabilidade e outros) e Sistemas Frontais (SIQUEIRA, 2004; ALVES *et al.*, 2016).

A precipitação mensal no RS é uniforme durante todo o ano, mas existe uma variabilidade espacial considerável entre a metade Norte (norte de 30°S) e a metade Sul (sul de 30°S) do estado, apresentando a metade Norte totais anuais superiores (BERLATO, 1992; BERLATO *et al.*, 2000; ALVES *et al.*, 2016).

É importante ressaltar, entretanto, que o estado sofre influência não só de fenômenos em escala regional, mas também de escala global, principalmente no que diz respeito à variabilidade interanual da precipitação. Destaca-se o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) como um dos maiores responsáveis por alterações da circulação global e padrões de precipitação em diversas partes do mundo. No RS, os episódios de El Niño (episódios quentes) costumam favorecer níveis de precipitação acima da média, enquanto os episódios de La Niña (episódios frios) geralmente se relacionam a precipitação abaixo da média. Logo, o fenômeno ENOS acaba, conseqüentemente, influenciando também no surgimento de ES (FONTANA; BERLATO, 1997; DIAZ *et al.*, 1998; GRIMM *et al.*, 2000).

Devido ao alto impacto que desastres causam na vida da população, tanto urbana quanto rural, e sabendo-se que a tendência é de aumento de ocorrência e potencial destrutivo dos ES devido às mudanças climáticas globais, torna-se cada vez mais importante o monitoramento de deslocamento e evolução desses fenômenos e o estudo das condições atmosféricas favoráveis à sua formação a fim de melhorar sua previsibilidade (ALEXANDER *et al.*, 2006).

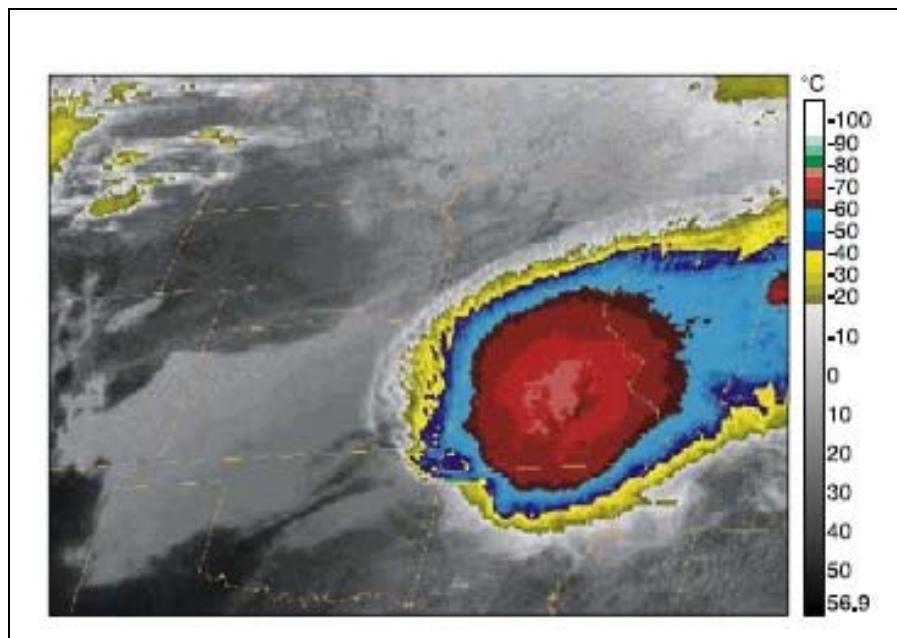
3.1 Sistemas Convectivos de Mesoescala

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são as maiores tempestades convectivas e se formam quando nuvens decorrentes da resposta a instabilidades convectivas se amalgamam em um único sistema maior com um grande topo de nuvens *Cirrus* (Ci) formando grandes áreas de chuva contíguas (HOUZE, 2004).

Estes sistemas produzem circulação de mesoescala que é induzida por um grande conglomerado de nuvens *cumulonimbus* (Cb) e estratiformes. Enquanto a região convectiva consiste em núcleos de precipitação intensa estendidos verticalmente, a região estratiforme é mais uniforme e apresenta precipitação mais branda, produzindo assim uma área de precipitação contígua de 100 km ou mais de extensão em pelo menos uma direção.

Os SCM contribuem com grande quantidade de precipitação nos trópicos e em latitudes médias, sendo os responsáveis pela maior parte da precipitação da estação quente nas regiões tropicais e temperadas da América do Sul (VELASCO; FRITSCH, 1987; HOUZE, 2004; VILA, 2004).

Figura 5 – Imagem de satélite de um SCM em canal infravermelho.



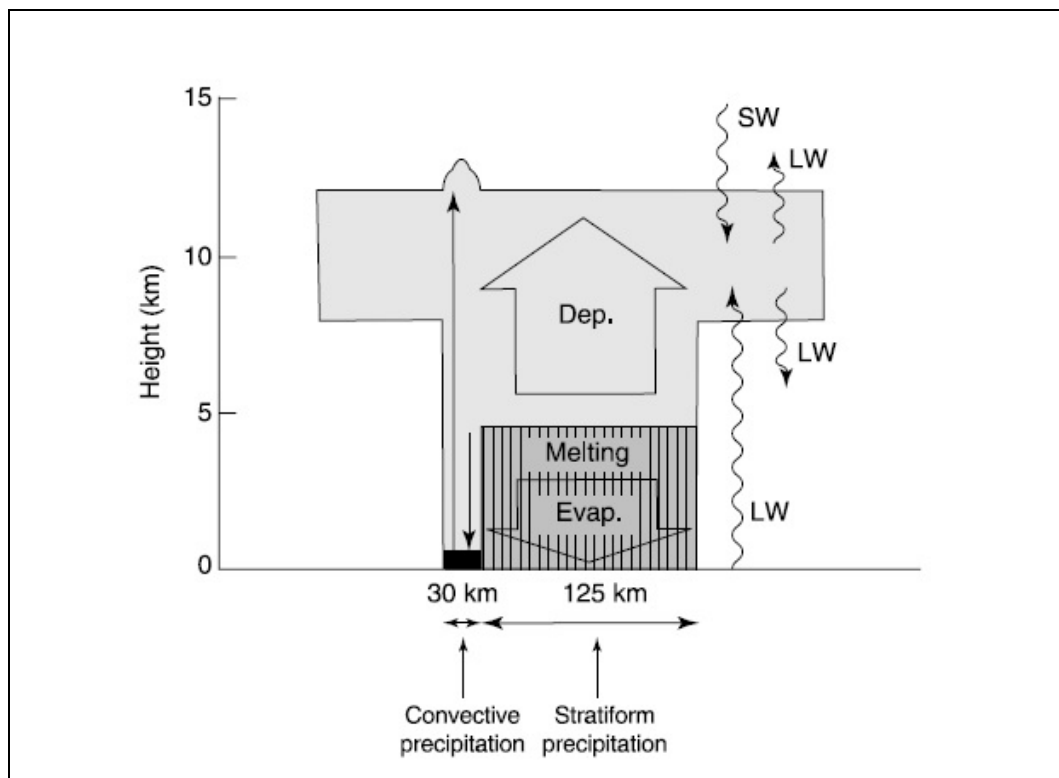
Fonte: Houze (2004).

A região estratiforme vai se desenvolvendo e se regenerando continuamente, e assim vai se determinando a dimensão atingida pelo SCM. Esta região consiste em

material das células convectivas anteriormente ativas que é deixado para trás à medida que as células enfraquecem ou os topos das células ativas são arrancados. Assim, o tamanho final da região estratiforme é determinado pela capacidade do SCM de regenerar nova convecção (HOUZE, 2004).

A quantidade de atividade convectiva suportada em uma região em um determinado momento é limitada e se os elementos estratiformes têm um tempo de dissipação maior que o tempo de vida da célula ativa, a região estratiforme cresce. Com o tempo, um equilíbrio pode ser atingido entre a taxa de formação de nova precipitação convectiva e precipitação estratiforme antiga. Entretanto, o número de células convectivas possíveis em um dado momento limita seu tamanho máximo, ou seja, os SCM atingem seu tamanho máximo apenas se o ambiente for capaz de sustentar o máximo número de células durante um longo período de tempo (HOUZE, 2004).

Figura 6 – Esquema de um SCM em estágio maduro. LW e SW indicam radiação de ondas longas e curtas, respectivamente. Flechas retas indicam correntes de ar ascendentes e descendentes, flechas curvas indicam ascensão em mesoescala e subsidência na região estratiforme. Dep. indica deposição de vapor.



Fonte: Houze (2004).

Quando nuvens *cumulonimbus* individuais ou grupos de *cumulonimbus* em linha se unem nesse sistema, fenômenos adicionais surgem, entre eles, podemos citar rajadas de vento, granizo e tornados. Quando estão sobre oceanos, os SCM também podem evoluir para ciclones tropicais (HOUZE, 2004). As chuvas intensas causadas pelos SCM estão muitas vezes associadas a inundações, alagamentos e enxurradas e o excesso de precipitação também pode ocasionar movimentos de massa como escorregamentos e corridas (CASTRO, 1999; KOBAYAMA *et al.*, 2006).

Ressaltando que o conceito de mesoescala utilizado por diversos autores que estudam tempestades convectivas foi proposto por Orlanski (1975) que apresentou uma subdivisão para processos atmosféricos, classificando a mesoescala em Meso- α , Meso- β e Meso- γ , com escala em valor decrescente. Os sistemas meteorológicos Meso- α variam de 200-2000 km ou de 250-2500 km de extensão, conforme o autor, possuem duração igual ou superior a 6 horas e incluem, por exemplo, os SCM, CCM e vórtices de ar frio do tipo vírgula.

Campos e Eichholz (2011) fizeram um levantamento de todos os SCM que afetaram o RS entre 2004 e 2008, encontrando 626 casos. Destacaram que os sistemas foram observados durante todo o ano, porém, com um predomínio um pouco maior na estação quente, principalmente durante o trimestre mais quente - JFM (janeiro, fevereiro e março). Além disso, a maioria apresentou tempo de vida entre 6 e 12 horas e foi observado que quanto maior for seu tamanho, maior será sua duração. Outros autores também já verificaram relação entre o ciclo de vida dos SCM e seu tamanho (MACHADO *et al.*, 1994; VILA, 2004).

O trimestre JFM é o que normalmente apresenta maiores condições de convecção no RS por conta do maior aquecimento da superfície gerado pela disponibilidade energética do Sol e também devido ao aporte de umidade para dentro do continente. Essas condições favorecem a formação de SCM que contribuem fortemente para a precipitação total na região (ALVES *et al.*, 2016).

Com relação à sua forma, os SCM podem ser classificados como: Linhas de Instabilidade, que apresentam formato linear, Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que apresentam formato circular, e sistemas de formato irregular chamados apenas de SCM.

3.1.1 Complexos Convectivos de Mesoescala

Na década de 80, através de imagens de satélite GOES, Maddox (1980) passou a observar um tipo de SCM de formato circular e rápido desenvolvimento que estava associado a muitos desastres na região central dos Estados Unidos. Ele denominou esse fenômeno de Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) e definiu características que um sistema convectivo deve atender a fim de ser considerado um CCM, conforme Quadro 1.

Os CCM são um conjunto de nuvens convectivas *Cumulonimbus* cobertas por uma espessa camada de nuvens *Cirrus*, de rápida formação, entre 6 e 12 horas. Estão associados a intensa precipitação e eventos meteorológicos severos como fortes rajadas de vento, granizo, tempestades elétricas e tornados.

O formato circular característico destes sistemas convectivos acredita-se ser em decorrência de uma vorticidade¹ anticiclônica em altos níveis em conjunção com uma vorticidade ciclônica em baixos níveis (COTTON *et al.*, 1989; ROCHA, 1992).

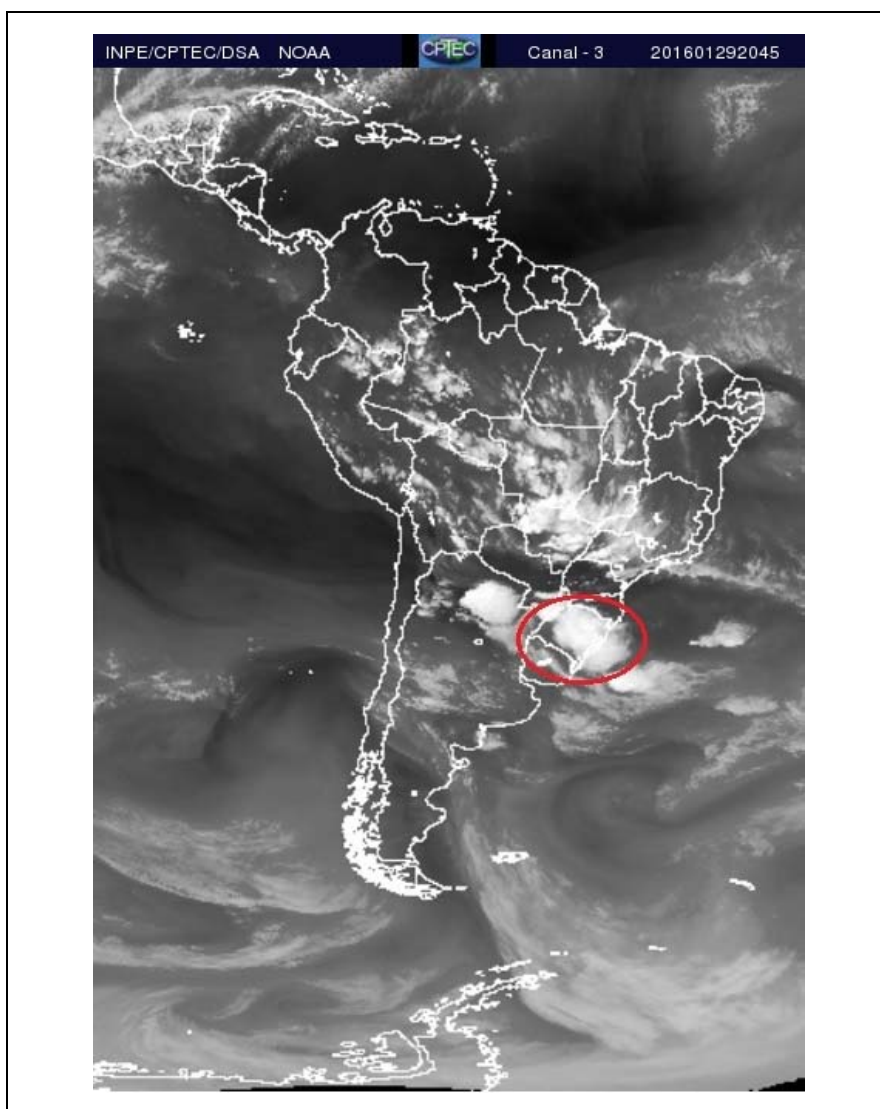
Quadro 1 – Proposta de Maddox (1980): características morfológicas necessárias a um CCM.

Tamanho A	Região com temperaturas de topos nebulosos $\leq -32^{\circ}\text{C}$ em uma área $\geq 100.000 \text{ km}^2$
Tamanho B	Núcleo com temperaturas de topos nebulosos $\leq -52^{\circ}\text{C}$ em uma área $\geq 50.000 \text{ km}^2$
Início	Quando as definições de tamanho A e B forem satisfeitas
Duração	Quando as definições de tamanho A e B forem mantidas por um período ≥ 6 horas
Máxima extensão	Quando a região definida em A alcançar o tamanho máximo
Forma	Excentricidade $\geq 0,7$ no momento de máxima extensão
Término	Quando as definições de tamanho A e B não forem mais satisfeitas

Fonte: Adaptado de Maddox (1980).

¹ A Vorticidade é a medição da rotação do ar em radianos por segundo. A rotação pode ser decorrente de cisalhamento, curvatura ou ambos (VASQUEZ, 2011).

Figura 7 – CCM (uma das categorias de SCM) sobre o RS. Fenômeno em destaque no círculo vermelho, imagem GOES-13 vapor d'água Canal 3 em 29/01/2016 20:45 UTC.



Fonte: INPE/CPTEC

Laing e Fritsch (1997) fizeram um estudo envolvendo 714 CCM de várias regiões do mundo e chegaram a algumas conclusões sobre características destes sistemas. Eles são tipicamente noturnos, geram um campo de nuvens frias de cerca de 350.000 km² e duram aproximadamente 10 horas. Sua atividade está fortemente ligada ao Sol e costumam “seguir-lo” variando sua localização de ocorrência conforme a posição das correntes de jato em altos níveis nos períodos quentes do ano.

Os autores também notaram diferenças nos padrões dos CCM conforme sua localização geográfica como, por exemplo, que os CCM do Hemisfério Sul costumam iniciar e terminar mais tarde que os do Hemisfério Norte.

Ao redor do globo, ocorrem cerca de 400 CCM ao ano, principalmente sobre continentes e a maioria se desenvolve em zonas favoráveis, o que indica que deve haver condições dinâmicas e termodinâmicas especiais para a convecção se organizar como CCM. Entretanto, apesar de haver zonas preferenciais, ocorrem em todos os principais oceanos e em todos os continentes, exceto na Antártica (LAING e FRITSCH, 1997).

Tabela 1 – População global de CCM.

Localização	População Global de CCM (%)
Continente	91,6
Oceano	8,4
Hemisfério Norte	66,5
Hemisfério Sul	33,5

Fonte: Adaptado de Laing e Fritsch (1997).

De forma geral, em baixos níveis atmosféricos, a presença de alta temperatura, advecção de umidade e Jatos de Baixos Níveis (JBN) costuma favorecer sua formação. As chuvas abundantes, os grandes escudos de nuvens gerados e a frequência em que ocorrem sugerem que os CCM contribuem significativamente para o ciclo hidrológico global e provisão de energia do sistema terrestre (MADDOX, 1983; COTTON *et al.*, 1989; AUGUSTINE; HOWARD, 1991; LAING; FRITSCH, 1997).

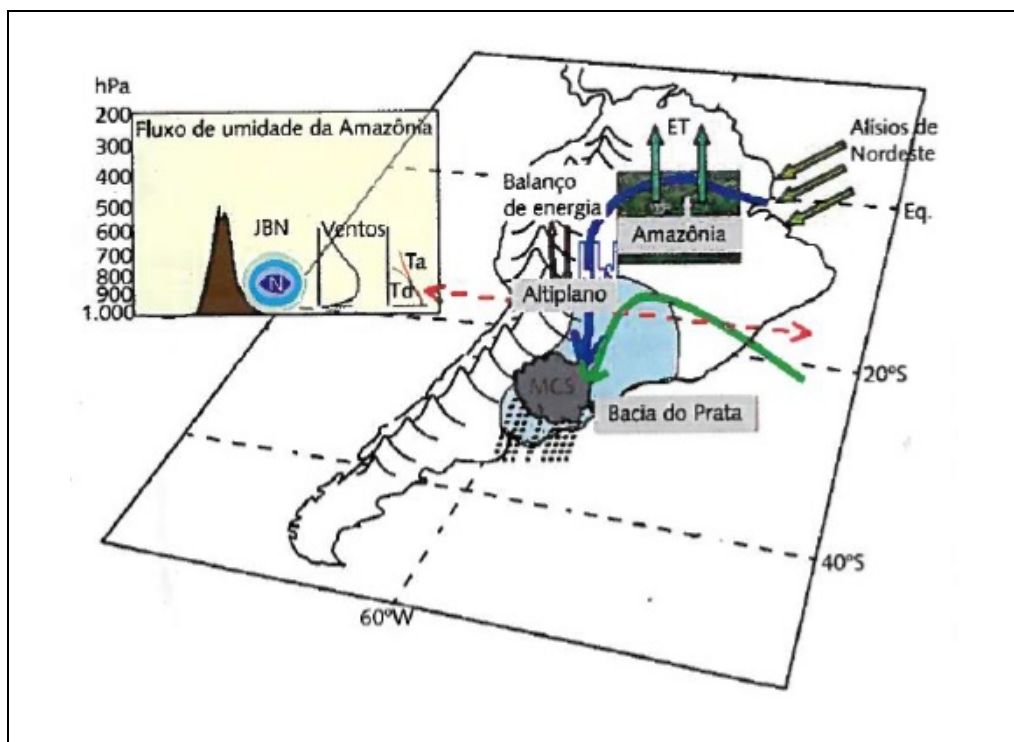
Em comparação com os CCM formados nos Estados Unidos da América (EUA), os da AS costumam ser mais duradouros (entre 10 e 20 horas), se desenvolver um pouco mais tarde (após às 17 horas) e ser maiores em área. Sua região preferencial de formação compreende o norte da Argentina, Paraguai e Sul do Brasil e são mais frequentes durante a primavera, outono e verão, conforme diversos autores (CAVALCANTI, 1982; GUEDES, 1985; VELASCO e FRITSCH, 1987; ROCHA, 1992; ABDOULAEV *et al.*, 1994; DUQUIA e SILVA DIAS, 1994; VIANA, 2006; CAMPOS *et al.*, 2008; DURKEE e MOTE, 2009; MORAES, 2014).

Segundo Laing e Fritsch (2000), a AS é uma região favorável para a formação de CCM graças às suas características climáticas e geográficas, possuindo como diferencial a grande quantidade de umidade proveniente da bacia amazônica, fluxo este que é transportado para sul pelos JBN. Velasco e Fritsch (1987) também sugerem

que outro fator que contribui para a formação de CCM maiores na AS é a tropopausa elevada durante o verão (até 100 hPa), permitindo assim que os topos das nuvens atinjam uma altura elevada e formem nuvens Cb com topos ainda mais frios que os dos EUA (que fica em torno de 150 hPa).

Os JBN atuam a cerca de 850 hPa e, na AS, sua formação está ligada à topografia da Cordilheira dos Andes que atua como barreira e obstrui a passagem dos ventos alísios e da umidade, provenientes da Amazônia, para o Pacífico Equatorial (Figura 8). Este fluxo de norte também é alimentado pela Alta Subtropical do Atlântico Sul, defletindo para o sul e, dessa forma, pode-se afirmar que os JBN transportam grande quantidade de umidade e calor em direção ao sul da AS, desde a bacia Amazônica até a bacia Paraná-Prata (GANDÚ e GEISLER, 1991; FIGUEROA *et al.*, 1995; MARENGO *et al.*, 2009; SANCHES *et al.*, 2019).

Figura 8 – Modelo de circulação atmosférica em baixos níveis na AS.



Fonte: Marengo *et al.* (2004).

O Jato de Altos Níveis (JAN), ou corrente de jato subtropical, atua a cerca de 200 hPa, tem uma variação de 20° a 40° S durante o ano e age como facilitador de ascensão de umidade e convecção ao causar defluência em altos níveis. Com o acoplamento entre JAN e JBN, é criado um cenário favorável para convecção

profunda, possibilitando a formação de *Cumulonimbus* e a precipitação (GUEDES, 1985; VELASCO; FRITSCH, 1987; CUSTODIO; HERDIES, 1994; VASQUEZ, 2011; MORAES, 2016).

Conforme Moraes (2016), a Região Sul do Brasil concentrou cerca de 1/3 dos CCM registrados na AS no período de 1998 a 2007 (Tabela 2). Além disso, a duração média destes CCM superou a duração média dos CCM dos EUA em 5 horas e da AS em 3 horas, com uma média de extensão máxima maior.

Tabela 2 – Climatologia dos CCM para os EUA, AS e Região Sul do Brasil.

Características dos CCM	Localização		
	Estados Unidos	América do Sul	Região Sul do Brasil
Quantidade média por estação quente	35	18,7	10,7
Duração média (h)	10	12	15,8
Média de extensão máxima (km ²)	164.600	222.440	276.070

*A análise dos CCM dos EUA foi feita para o período de 1978 a 1987 e 1992 a 1999, somando 15 anos. A análise dos CCM da AS e da Região Sul do Brasil foi feita para a série de 1998 a 2007.

Fonte: Modificado de Moraes (2016).

3.2 Sistemas Frontais

Sistemas Frontais (SF) são distúrbios atmosféricos transientes capazes de provocar mudanças significativas no tempo e que ocorrem com mais frequência em regiões subtropicais, em altas e médias latitudes. (ANDRADE; CAVALCANTI, 2004).

É necessária uma breve contextualização da circulação atmosférica para entender como os SF se formam. Os centros de ação (anticiclones), também chamados de “centros de alta”, são responsáveis pela individualização de massas de ar, enquanto os depressionários (ciclones) são zonas de confluência dessas massas. Entre duas zonas de alta, existe sempre uma zona de baixa, para a qual convergem

os ventos das massas de ar. Dessa forma, os ventos convergentes (ciclônicos), tornam o tempo instável e chuvoso, muitas vezes criando um cenário favorável para tempestades. Este fenômeno é comumente denominado como “corrente de circulação perturbada” (IAPAR, 1978; QUADROS, 2002).

A Região Sul do Brasil é fortemente influenciada pelas correntes de circulação perturbada de noroeste e de sul, conhecidas como sistemas frontais ou frentes polares (QUADROS, 2002). Durante a passagem de uma frente fria, as seguintes características atmosféricas são observadas: precipitação, giro do vento, diminuição da temperatura e da pressão atmosférica. Após sua passagem, observa-se uma queda ainda maior de temperatura, aumento da pressão e pode haver rajadas de vento caso o gradiente de pressão seja grande (PETTERSEN, 1956; DAMETTO; DA ROCHA, 2006).

Na América do Sul, as frentes frias que ultrapassam os 35°S costumam ter sua trajetória direcionada ao equador e as que atingem a costa leste ao sul de 40°S têm deslocamento preferencial para leste. A frequência de frentes frias diminui com o decréscimo da latitude e é maior próximo ao litoral da Argentina, sendo que o máximo da frequência frontal das mesmas migra de 45°S no verão para 35°S no inverno (JUSTI DA SILVA; SILVA DIAS, 2000; ANDRADE; CAVALCANTI, 2004; DAMETTO; DA ROCHA, 2006).

O fenômeno possui variabilidade sazonal, sendo mais frequente no inverno, porém, nos meses de verão tende a atuar por mais tempo, pois associa-se à ZCAS, segundo Satyamurti *et al.* (1989).

4 DESASTRES

4.1 Definição de Desastre, Ameaça, Vulnerabilidade e Risco

Segundo Castro (1999), o desastre se caracteriza não pelo evento adverso em si, mas pelas consequências do mesmo em um ecossistema vulnerável, quando causa danos humanos, materiais, ambientais e prejuízos econômicos e sociais.

Conforme o autor, os desastres são quantificados em intensidade, em função dos danos e prejuízos causados, enquanto os eventos adversos são quantificados em magnitude. A intensidade do desastre depende da magnitude do evento adverso e da vulnerabilidade do sistema receptor, vulnerabilidade esta que, na maioria das vezes, é o fator preponderante para o grau de intensidade do desastre.

Os desastres também podem ser classificados conforme sua evolução e sua origem. Com relação à evolução, podem ser: súbitos ou de evolução aguda, graduais ou de evolução crônica ou por somação de efeitos parciais. Quanto à sua origem, podem ser: naturais, antropogênicos (também chamados tecnológicos) ou mistos.

A ameaça é definida como a estimativa de probabilidade de concretização e provável magnitude de um evento adverso, sendo o conceito mais relacionado ao agente detonante. Já vulnerabilidade é a condição do sistema receptor que, em interação com o evento adverso, vai definir os efeitos. Sendo assim, o grau de vulnerabilidade é medido pela intensidade dos danos em função da magnitude da ameaça (CASTRO, 1999).

Há diversos fatores que agem como criadores de vulnerabilidades em sistemas como, por exemplo, os Físicos (susceptibilidade), Ambientais (tratamento da água e do lixo e desmatamento, por exemplo) e de Percepção de risco.

O risco é denominado como a probabilidade de ocorrência de um evento adverso, causando danos ou prejuízos, sendo uma relação entre ameaças e vulnerabilidades conforme expressa a fórmula:

$$\text{Risco} = \text{Ameaça} \times \text{Vulnerabilidade}$$

Neto (2000) sugere que para prevenir ou minimizar os desastres, é necessário colocar em prática um sistema de Gerenciamento de Desastres Naturais (GDN) com duas metas: (1) entender os mecanismos dos fenômenos naturais – meta geralmente realizada por universidades e instituto de pesquisa, e (2) aumentar a resistência da sociedade a esses fenômenos – meta realizada pelos governos federal, estadual, municipal, empresas privadas, ONGs e comunidades.

O glossário da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD/ONU, 2009) define que a gestão de risco de desastres caracteriza-se pelo conjunto de decisões administrativas, de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos por sociedades e comunidades para estabelecer políticas, estratégias e fortalecer suas capacidades e resiliência a fim de reduzir os impactos de ameaças e, conseqüentemente, a ocorrência de possíveis desastres. Já o gerenciamento de desastres, contempla a organização e gestão de recursos e responsabilidades para o manejo de emergências quando o desastre se concretiza.

4.2 Gestão de risco e gerenciamento de desastres no Brasil

No Brasil, o processo de gestão de risco e gerenciamento de desastres está organizado como o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), que baseia-se no Artigo 3º da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012), a qual prevê as seguintes ações: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), representante do órgão central do SINPDEC, é responsável por coordenar as ações de proteção e defesa civil em todo o território nacional.

Todos os estados brasileiros possuem um órgão responsável por desenvolver as atividades previstas e é importante ressaltar seu papel em ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas, destinadas a evitar desastres, minimizar seus impactos para a população e restabelecer a ordem social.

Até a publicação da Instrução Normativa n. 1, de 24 de agosto de 2012, o registro oficial de desastres poderia ocorrer pela emissão de três tipos de documentos: Notificação Preliminar de Desastre (NOPRED), Avaliação de Danos (AVADAN) ou um Decreto de Prefeitura. Após a publicação da Instrução, o NOPRED e o AVADAN foram

substituídos por um único documento, o Formulário de Informações sobre Desastres – FIDE (CEPED UFSC, 2016).

4.3 Caracterização dos desastres conforme danos e prejuízos

Os danos são o resultado das perdas humanas, ambientais ou materiais resultantes de um desastre. Os danos humanos são dimensionados pela quantidade de pessoas afetadas, especificando-se o número de mortos, feridos, enfermos, desaparecidos, desabrigados e desalojados. Os danos ambientais são referentes à poluição, degradação ou contaminação da água, ar e solo, bem como degradação da biota e biodiversidade. Já os danos materiais correspondem aos bens, imóveis e estruturas danificadas ou destruídas no desastre (CEPED UFSC, 2013).

Os prejuízos são o dimensionamento da perda não só relacionada ao valor econômico e patrimonial dos bens, mas também do valor social. Nos documentos sobre desastres mais recentes, são divididos entre públicos e privados.

Os prejuízos considerados públicos ocorrem quando há serviços públicos prejudicados ou interrompidos, sendo eles os de saúde, abastecimento de água potável, sistema de esgoto, sistema de limpeza urbana, geração e distribuição de energia elétrica, telecomunicações, transporte, distribuição de combustíveis, segurança pública e ensino. Os prejuízos no setor privado compreendem perdas nos setores da agricultura, pecuária, indústria, comércio e serviços.

De acordo com a SEDEC, os desastres podem ser caracterizados em Nível I e Nível II conforme danos e prejuízos. Os de Nível I (média intensidade) correspondem aos casos em que danos e prejuízos resultantes afetam a capacidade do poder público local de gerenciar a crise instalada, enquanto os de Nível II (grande intensidade) correspondem aos casos em que os danos e prejuízos excedem essa capacidade, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Caracterização dos desastres de Nível I e de Nível II conforme danos e prejuízos.

Nível	I	II
Tipo	Desastre de média intensidade	Desastre de grande intensidade
Características	Danos e prejuízos são superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecidas com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais (Situação de Emergência)	Danos e prejuízos não são superáveis pelos governos locais e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação depende da mobilização e ação coordenada dos 3 níveis do SINPDEC e, em alguns casos, de ajuda internacional (Estado de Calamidade Pública).
Danos	Pelo menos 2 (humanos, materiais e/ou ambientais)	Pelo menos 2 (humanos, materiais e/ou ambientais)
Humanos	1 a 9 mortos ou até 99 afetados	A partir de 10 mortos ou de 100 afetados
Materiais	1 a 9 instalações públicas, unidades habitacionais, obras de infraestrutura danificadas ou destruídas	A partir de 10 instalações públicas, unidades habitacionais, obras de infraestrutura danificadas ou destruídas
Ambientais	Contaminação recuperável em curto prazo prejudicando de 10 a 20% da população (até 10 mil hab.) e de 5 a 10% (mais de 10 mil hab.), destruição até 40% áreas de proteção, preservação	Contaminação recuperável em médio e longo prazo prejudicando de mais de 20% da população (até 10mil hab) e mais de 10% (mais de 10mil hab), destruição mais de 40% áreas de proteção, preservação
Prejuízos	Que ultrapassem 2,77% da receita corrente líquida anual do município ou estado atingido, relacionados com o colapso de serviços essenciais	Que ultrapassem 8,33% da receita corrente líquida anual do município ou estado atingido, relacionados com o colapso de serviços essenciais

Fonte: Adaptado de CEPED UFSC (2013).

4.4 Tipos de desastres

Há diversos tipos de desastres e os documentos oficiais utilizam por padrão a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) para denominá-los. Esta foi desenvolvida por meio do Banco de Dados Internacional de Desastres, do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) e da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU).

O Quadro 3 refere-se à categoria “Desastres Naturais”, com seus grupos, subgrupos, tipos e subtipos. Não será considerada a categoria “Desastres Tecnológicos”.

Quadro 3 – Desastres considerados como de origem natural conforme a COBRADE.

Categoria Desastres Naturais (COBRADE)	
1. GEOLÓGICOS	1.1.1 Terremoto 1.1.1.1 Tremor de terra 1.1.1.2 Tsunami
	1.1.2 Emissões vulcânicas
	1.1.3 Movimentos de massa 1.1.3.1 quedas, tombamentos e rolamentos 1.1.3.1.1 blocos 1.1.3.1.2 lascas 1.1.3.1.3 matacões 1.1.3.1.4 lajes 1.1.3.2. Deslizamentos 1.1.3.2.1 deslizamentos de solo e ou rocha 1.1.3.3. Corridas de massa 1.1.3.3.1 solo/lama 1.1.3.3.2 rochas/detritos 1.1.3.4 Subsídências e colapsos
	1.1.4 Erosão 1.1.4.1 Erosão costeira/marinha
	1.1.4.2 Erosão de margem fluvial 1.1.4.3 Erosão continental 1.1.4.3.1 laminar 1.1.4.3.2 ravinas 1.1.4.3.3 boçorocas
2. HIDROLÓGICOS	1.2.1 Inundações
	1.2.2 Enxurradas
	1.2.3 Alagamentos
3. METEOROLÓGICOS	1.3.1 Sistemas de grande escala/escala regional 1.3.1.1 Ciclones 1.3.1.1.1 Ventos costeiros (mobilidade de dunas) 1.3.1.1.2 Marés de tempestades (ressacas) 1.3.1.2 Frentes frias/Zona de convergência
	1.3.2 Tempestades 1.3.2.1 Tempestade local/convectiva 1.3.2.1.1 tornados 1.3.2.1.2 tempestade de raios 1.3.2.1.3 granizo 1.3.2.1.4 chuvas intensas 1.3.2.1.5 vendaval

	<ul style="list-style-type: none"> 1.3.3 Temperaturas extremas <ul style="list-style-type: none"> 1.3.3.1 onda de calor 1.3.3.2 onda de frio <ul style="list-style-type: none"> 1.3.3.2.1 friagem 1.3.3.2.2 geada
4. CLIMATOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> 1.4.1 Seca <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1.1 Seca/Estiagem 1.4.1.2 Incêndio Florestal <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1.2.1 Incêndios em parques, APA's, APP'S 1.4.1.2.2 Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar 1.4.1.3 Baixa umidade do ar
5. BIOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> 1.5.1 Epidemias <ul style="list-style-type: none"> 1.5.1.1 Doenças infecciosas virais 1.5.1.2 Doenças infecciosas bacterianas 1.5.1.3 Doenças infecciosas parasíticas 1.5.1.4 Doenças infecciosas fúngicas
	<ul style="list-style-type: none"> 1.5.2 Infestações/Pragas <ul style="list-style-type: none"> 1.5.2.1 Infestações de animais 1.5.2.2 Infestações de algas <ul style="list-style-type: none"> 1.5.2.2.1 marés vermelhas 1.5.2.2.2 cianobactérias em reservatórios 1.5.2.3 Outras infestações

Fonte: Furtado *et al.* (2013).

4.5 Desastres relacionados a tempestades e elevados índices de precipitação

Há variados sistemas atmosféricos associados a desastres no Brasil e este estudo dedica-se a analisar as consequências adversas que tempestades severas e elevados índices de precipitação podem causar em ambientes vulneráveis, por meio dos desastres registrados no Rio Grande do Sul. Dentre estes sistemas podemos citar os SCM, CCM e SF que podem produzir elevada quantidade de precipitação além de outros fenômenos meteorológicos severos, como vendavais e queda de granizo (SIQUEIRA, 2004; ALVES *et al.*, 2016).

Entre os desastres relacionados ao excesso de precipitação podemos citar as inundações ou enchentes, as enxurradas e os alagamentos. Movimentos de massa como escorregamentos e corridas, também podem ocorrer devido a altos índices pluviométricos.

Nas inundações ou enchentes, eleva-se o nível das águas de forma gradual em um curso d'água como um rio, córrego ou canal, ultrapassando sua área de drenagem e atingindo uma área extensa, mantendo-se em situação de cheia por algum tempo até que passe a escoar (CASTRO, 1999; KOBAYAMA *et al.*, 2006).

Já as enxurradas são inundações bruscas provocadas por chuvas intensas e concentradas em um curto período de tempo, muitas vezes em regiões de relevo acidentado e, por causa da elevação repentina das águas, costuma ter um feito mais violento se comparado às inundações, mesmo que costumem atingir áreas menores (CASTRO, 1999; KOBİYAMA *et al.*, 2006).

Os alagamentos são assim considerados pela Defesa Civil quando as águas se acumulam em ruas e perímetros urbanos devido a fortes precipitações pluviométricas (CASTRO, 1999).

Escorregamentos (ou deslizamentos) são definidos como movimentos de massa e/ou material sólido encosta abaixo, sob influência da gravidade. Podem ocorrer devido a elevado volume de precipitação que diminui a resistência do solo, resultante tanto de chuvas de curta duração quanto contínuas (SELBY, 1993; KOBİYAMA *et al.*, 2006).

As tempestades severas também podem causar queda de granizo, que é a precipitação de gelo em forma esférica ou irregular. Ele se forma na parte superior de nuvens *cumulonimbus* muito frias quando gotas congeladas, movimentando-se com as correntes subsidentes e ascendentes, chocam-se e unem-se a gotas mais frias até que alcancem as dimensões de queda (KOBİYAMA *et al.*, 2006).

O vendaval é o deslocamento intenso de correntes de ar devido a diferenças no gradiente de pressão, às rugosidades do terreno e a movimentos ascendentes e descendentes de ar - associados a deslocamentos de ar dentro de nuvens *cumulonimbus* - podendo produzir intensas rajadas de vento que, acima dos 70 km/h, começam a provocar danos (KOBİYAMA *et al.*, 2006).

Quando fenômenos como inundações, alagamentos, vendavais, deslizamentos e outros acontecem em locais utilizados como moradia ou provocam algum tipo de dano social, econômico ou ambiental, são caracterizados como desastres, segundo Kobiyama *et al.* (2006).

5 MÉTODOS E TÉCNICAS

Primeiramente, foi feito o levantamento de todos os registros de notificação de desastres emitidos no estado do RS entre 01/01/2011 e 31/12/2018. Os documentos utilizados para esta análise são os que permitem informar os prejuízos do desastre (caso ocorram), portanto, foram considerados apenas a AVADAN e o FIDE, conforme o ano do registro. Como o intervalo de análise compreende período anterior e posterior à Normativa n.1, de 2012, que substituiu a AVADAN pelo FIDE, foi necessário trabalhar com documentos diferentes e adaptá-los da melhor forma possível ao objetivo do estudo. Estes documentos são registros feitos por cada município atingido e apresentam datas dos eventos, desastres registrados, prejuízos resultantes, danos humanos (quantidade de pessoas atingidas) e outras informações.

Os documentos foram obtidos mediante o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e todos os dados necessários à análise foram organizados em planilhas. Apenas os anos de 2017 e 2018 ainda não possuíam FIDEs no sistema e os dados foram obtidos por meio de planilhas disponibilizadas no próprio S2iD.

Apenas os registros de desastres relacionados a tempestades e consequências de elevadas taxas de precipitação foram considerados, logo, desastres que se enquadram nos tipos “Meteorológico”, “Geológico” e “Hidrológico”, segundo classificação da COBRADE. Para a análise foram considerados: Tempestade Local/Convectiva – chuvas intensas, Tempestade Local/Convectiva – granizo, Tempestade Local/Convectiva – vendaval, Tempestade Local/Convectiva – tornados, Tempestade Local/Convectiva – tempestade de raios, Enxurradas, Inundações, Alagamentos, Ciclones, Deslizamentos e Corridas de massa – solo/lama, pois estas categorias podem estar associadas a eventos de origem hidrometeorológica. Já para a análise de frequência e sazonalidade, foram utilizadas as categorias que são registradas com grande regularidade, logo, as mesmas listadas com exceção de Tempestade Local/Convectiva – tornados, Tempestade Local/Convectiva – tempestade de raios, Deslizamentos e Corridas de massa – solo/lama.

As precipitações pluviométricas (contínuas ou de curta duração) são tratadas como agente deflagrador de deslizamentos, logo, mesmo que possa haver outros motivos para a ocorrência deste evento, eles também foram considerados na análise de prejuízos.

5.1 Análise dos prejuízos

Foram contabilizados, ano a ano, os prejuízos econômicos resultantes dos desastres - com a devida atualização monetária para fins comparativos. A metodologia utilizada foi a mesma do *Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil 1995-2014* (CEPED, 2016).

Conforme constatado na análise de mais de 1.100 documentos, há muitos erros em seus preenchimentos, os quais dificultaram o levantamento. Foram necessárias conversas com membros da Defesa Civil do RS para definir qual o padrão correto da contabilização e uma estratégia de como proceder em casos de claros erros, visto que é necessário manter a fidedignidade dos valores presentes nos documentos oficiais, mas nem sempre tais valores foram registrados da forma correta.

No ano de 2011 e maior parte do ano de 2012, o documento era a AVADAN, que contabiliza danos materiais, danos ambientais, prejuízos econômicos e prejuízos sociais, porém, as colunas para registro são expressas em notações de mil reais, ou seja, os valores constantes ali devem ser multiplicados por mil para que se chegue ao resultado do prejuízo avaliado. Logo, se o objetivo é informar o valor de R\$ 5.280,00, por exemplo, a forma correta de registrá-lo nestes campos seria “5,28”. Quando os erros de preenchimento eram claros (um valor não dividido por mil ou com a vírgula em local incorreto), os valores foram corrigidos. Muitas vezes foi possível verificar que o valor estava preenchido de forma incorreta por meio da quantidade da perda determinada (as toneladas perdidas na agricultura, por exemplo).

Nos anos de 2013 a 2018 o documento é o FIDE, com padrão diferenciado da AVADAN. Nos FIDEs, enquanto o campo dos “Danos Materiais” (em instalações ou obras de infraestrutura públicas) registra apenas os valores referentes às estruturas danificadas ou destruídas, o campo “Valor total do prejuízo econômico (setor público)” deve considerar estes valores dos danos estruturais, bem como, muitas vezes, valores referentes à mão de obra necessária para restaurá-las ou reconstruí-las, além de incluir os danos sociais avaliados. Ou seja, os danos materiais devem estar inclusos nos prejuízos públicos totais (que contabiliza todos os prejuízos considerados públicos), o que nos leva a compreender que o valor do prejuízo público total sempre deve ser maior ou igual ao dano material, nunca menor. Portanto, quando o

documento registrou danos materiais que claramente não foram contabilizados ao prejuízo público total, muitas vezes, os valores destes danos foram somados ao valor final dos prejuízos. Quando não era claro se os valores de danos já estavam inclusos, apenas o valor final dos prejuízos foi contabilizado.

Dessa forma, nenhum valor foi arbitrado, mas em casos em que foram perceptíveis erros como os exemplificados, estes foram corrigidos e já constam modificados nas planilhas que deram origem às análises, conforme conhecimento da metodologia adequada e razoabilidade.

Danos ambientais possuem uma avaliação de impacto financeiro nas AVADANs, o que não ocorre da mesma forma nos FIDEs - que não atribui valores a este campo. A fim de padronizar e fazer possíveis comparações, os valores de danos ambientais das AVADANs não foram somados aos prejuízos totais utilizados.

Prejuízos tratados como “públicos” e “privados” foram somados para obter o prejuízo total. Os valores dos danos em residências (apresentados separadamente em ambos os tipos de documentos), não se encaixam no que é considerado como prejuízo público nem privado, logo, não foram utilizados para esta análise.

Para a correção monetária foram considerados os somatórios dos valores dos danos até o último dia do ano do exercício, tendo o cálculo como base a inflação acumulada em intervalos de doze meses a partir do início do ano fiscal seguinte até 31 de dezembro de 2019.

O IGP-M (Índice Geral de Preços do Mercado) foi o índice utilizado no cálculo da atualização monetária por englobar tanto a oscilação dos custos relacionados à construção civil (através do INCC-M ou Índice Nacional de Custo da Construção), como as variações de preços no atacado e ao consumidor (através do IPA-M, ou Índice de Preços do Atacado, e IPC-M, ou Índice de Preços do Consumidor).

Todos os valores aqui trabalhados servem apenas como estimativa.

5.2 Análise de frequência e sazonalidade

Os registros de desastres são realizados por cada município atingido por um evento severo, podendo um único evento meteorológico causar danos em diversos municípios durante seu ciclo de vida e até posteriormente à sua dissipação, ou seja, podendo contribuir para vários registros. Da mesma forma, é possível que um único

registro de desastre tenha se originado de mais de um evento meteorológico como, por exemplo, uma inundação decorrente de elevado nível pluviométrico resultante de diversos sistemas atmosféricos que atingiram um município por vários dias. Portanto, o número de registros de desastres informados não é equivalente ao número de eventos meteorológicos que contribuíram para estes desastres.

Após o levantamento e contabiliza o das datas, municípios atingidos e desastres informados nos AVADANs e FIDEs registrados no RS entre 2011 e 2018, foi possível definir as regiões do estado mais atingidas e mais afetadas por cada tipo de desastre, determinando a frequência destes em cada Região Geográfica Intermediária no período total de oito anos, bem como a frequência trimestral para verifica o de possível tendência sazonal.

Os trimestres foram definidos em: primeiro (Janeiro, Fevereiro e Março - JFM); segundo (Abril, Maio e Junho - AMJ); terceiro (Julho, Agosto e Setembro - JAS), e quarto (Outubro, Novembro e Dezembro - OND).

É importante ressaltar que os documentos oficiais costumam registrar apenas um tipo de desastre na tipifica o, mesmo que eventos meteorológicos como estes, muitas vezes, atuem combinados. Em um evento registrado como vendaval, muito provavelmente também houve ocorrência de chuva, mas o causador do desastre neste documento foi considerado o vendaval e seus fortes ventos.

Nos poucos casos em que os registros informavam mais de uma tipifica o como, por exemplo, vendaval e granizo como causadores do desastre, foram consideradas ambas as entradas para a análise de frequência e sazonalidade, pois comprovadamente ambos os eventos meteorológicos ocorreram.

6 RESULTADOS

6.1 Análise de frequência e prejuízos

Para a análise da frequência e dos prejuízos foi feito o levantamento e a contabilização anual (2011-2018) dos registros oficiais de desastres do RS (neste caso, AVADAN e FIDE). Por meio disso, foi verificada a quantidade de registros feitos para cada desastre relacionado aos ES de interesse deste estudo, ou seja, relacionados a tempestades e elevados índices pluviométricos. Da mesma forma, foi possível verificar os prejuízos totais anuais, bem como por tipo de desastre.

Para a análise serão informados a quantidade de registros que ocorreram em cada ano, a frequência de desastres causados por cada tipo de evento (conforme a quantidade de registros) e os valores dos prejuízos informados.

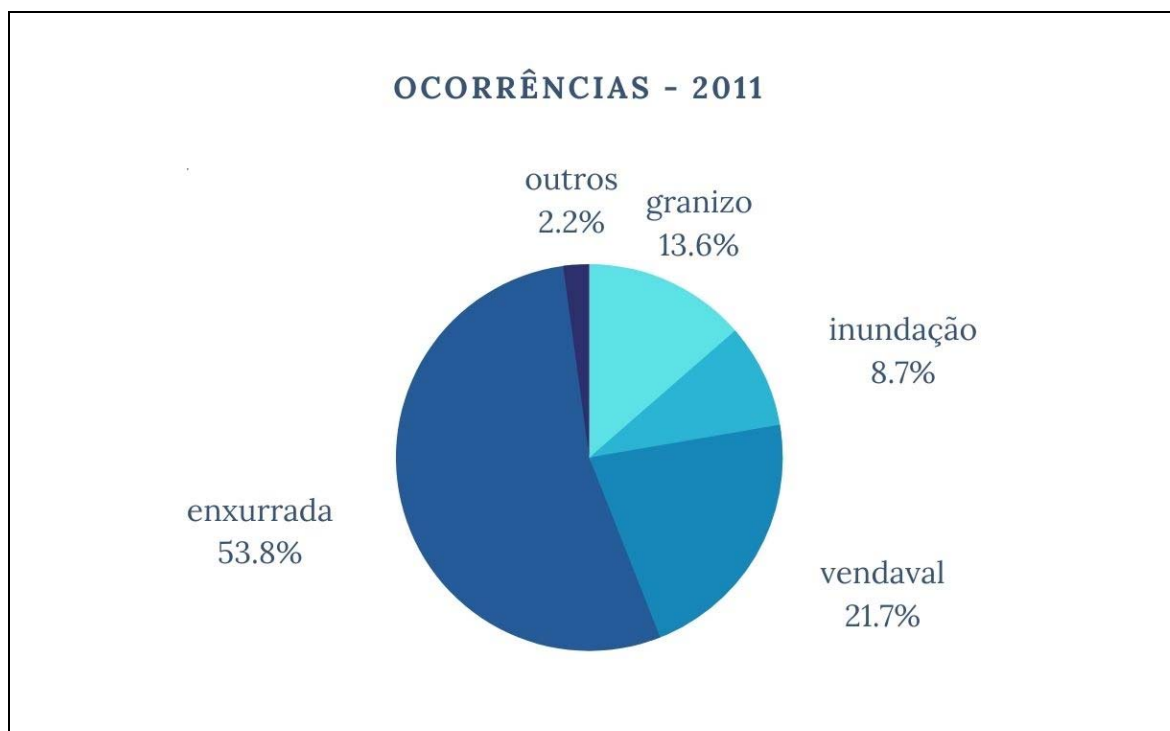
Serão apresentados gráficos com a frequência dos diversos tipos de ES que constam nas ocorrências, bem como gráficos relacionados aos prejuízos anuais resultantes dos desastres.

6.1.1 O ano de 2011

O ano de 2011 possui um total de 251 AVADAN registrados, sendo 184 (73,3%) relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos. Ocorrências referentes a outros tipos de desastres (26,7%) não serão considerados. Há desastres que foram registrados como tendo mais de uma categoria em seus relatórios, estes foram contabilizados separadamente e constam nos gráficos como “outros”.

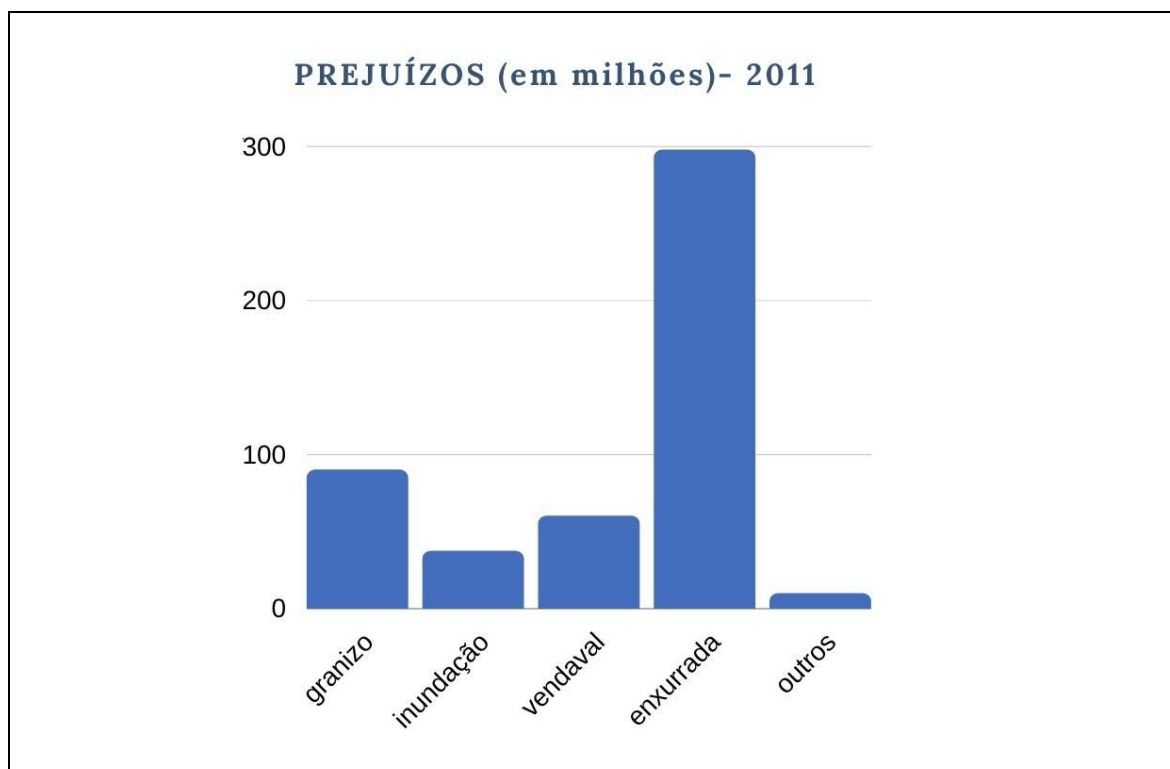
A Figura 9 apresenta as porcentagens das ocorrências de cada tipo de desastre, conforme o número de registros, e a Figura 10 os prejuízos decorrentes no ano de 2011.

Figura 9 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2011.



Fonte: SINPDEC.

Figura 10 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2011.



Fonte: SINPDEC.

A enxurrada foi o evento com maior número de ocorrências, com 53,8% de todos os registros feitos em 2011. Os desastres relacionados às enxurradas foram também os que contabilizaram maiores prejuízos financeiros totais se comparados aos outros desastres analisados, tendo alcançado mais do que o triplo dos prejuízos do segundo colocado (granizo).

O total de prejuízos contabilizados para desastres relacionados a eventos hidrometeorológicos no ano de 2011 foi de cerca de R\$ 495.424.469,19.

6.1.2 O ano de 2012

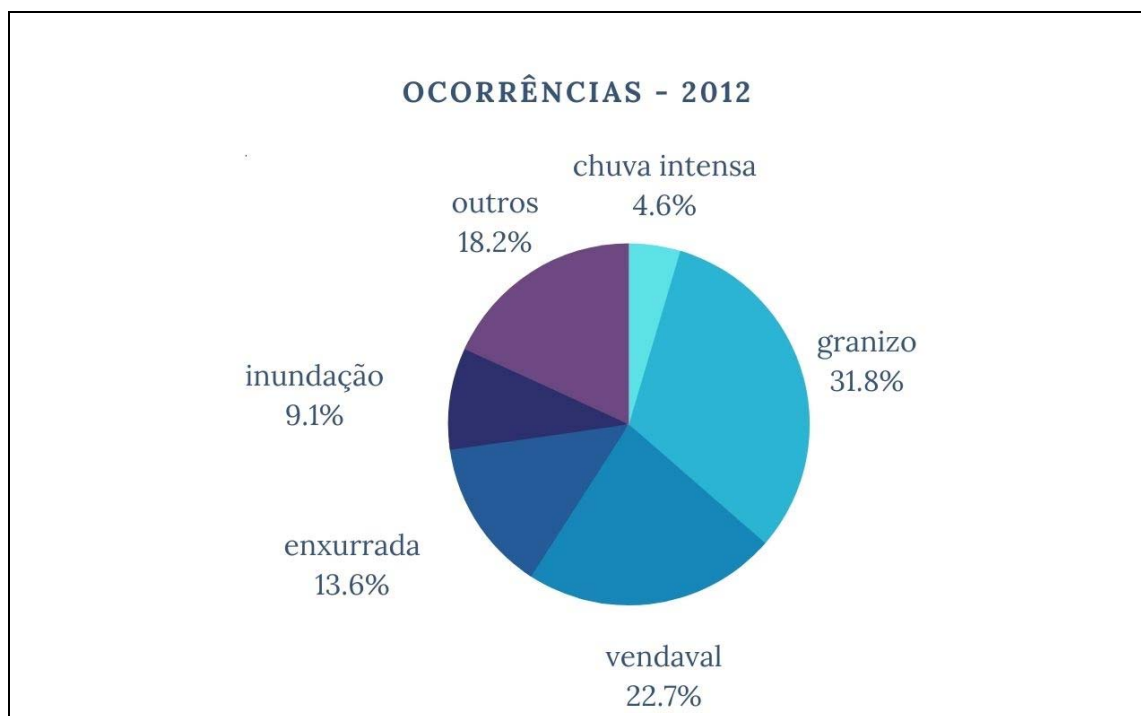
O ano de 2012 possui um total de 386 registros (AVADAN e FIDE), porém apenas 22 (5,7%) relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos, sendo o menor número de registros trabalhados em um ano para o período estudado. Os outros 364 registros (94,3%) não serão considerados, pois não são relacionados aos eventos hidrometeorológicos estudados.

A Figura 11 apresenta as porcentagens das principais ocorrências dos diversos tipos de desastres hidrometeorológicos conforme registros oficiais e a Figura 12 é uma representação dos prejuízos decorrentes por tipo de desastre no ano de 2012. Há desastres que foram registrados como tendo mais de uma categoria em seus relatórios, estes foram contabilizados separadamente e constam nos gráficos como “outros”.

A maior quantidade de ocorrências de desastres no ano de 2012 foi relacionada a granizo, com 31,8% dos registros e, apesar disso, não correspondeu aos maiores prejuízos - estes se deram para os desastres relacionados a vendavais, que correspondem à segunda posição em quantidade de ocorrências.

Os desastres relacionados a tempestades e elevados índices pluviométricos do ano de 2012 resultaram em um prejuízo total anual aproximado de R\$345.802.413,24.

Figura 11 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2012.



Fonte: SINEDEC.

Figura 12 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2012.



Fonte: SINEDEC.

6.1.3 O ano de 2013

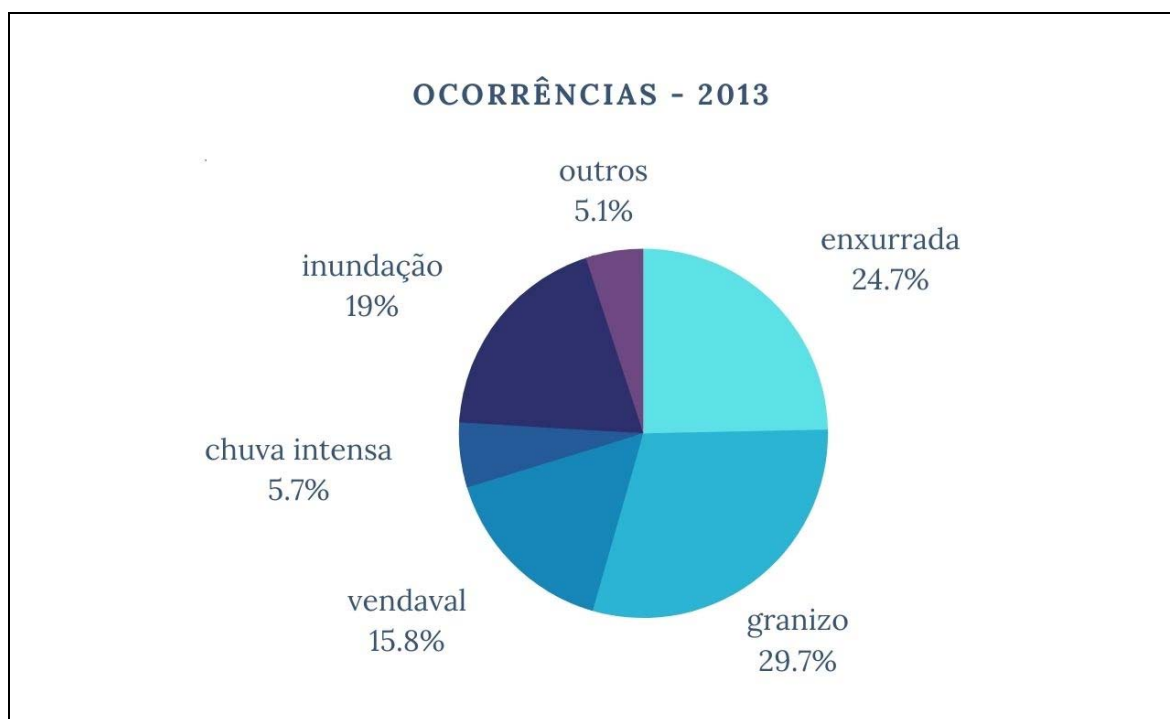
O ano de 2013 possui um total de 169 FIDE registrados, sendo 158 (93,5%) os relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos. Os outros 11 registros (6,5%) não serão considerados na análise.

Dentre os registros de desastres hidrometeorológicos, a Figura 13 traz as porcentagens de ocorrência e a Figura 14 apresenta os prejuízos relacionados. Na categoria “outros” estão inclusos desastres de alagamento e deslizamento.

O maior número de ocorrências se deu para desastres relacionados a granizo (29,7%), que também foi o tipo de evento severo que causou os maiores prejuízos. As enxurradas ocupam a segunda posição, tanto em quantidade de ocorrências (24,7%), quanto em prejuízos resultantes.

O total anual dos prejuízos relacionados a desastres hidrometeorológicos no ano de 2013 ficou em cerca de R\$ 507.135.155,93.

Figura 13 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2013.



Fonte: SINPDEC.

Figura 14 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2013.



Fonte: SINPDEC.

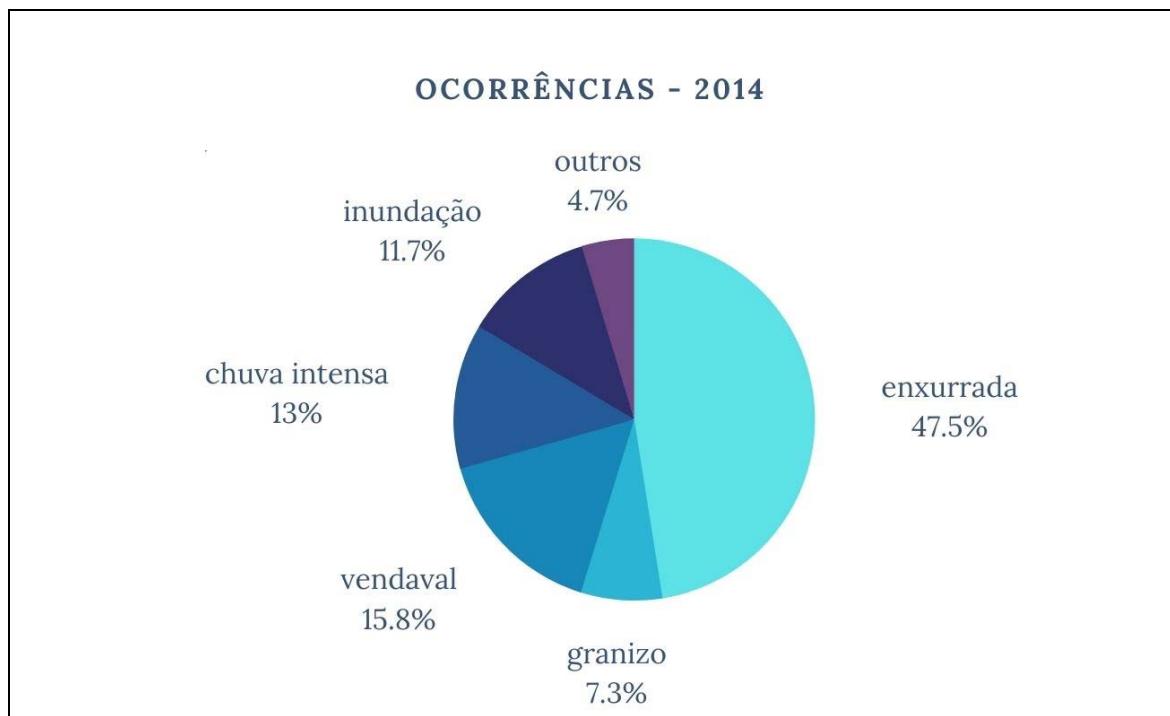
6.1.4 O ano de 2014

O ano de 2014 possui um total de 330 FIDE registrados, sendo 316 (95,8%) os relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos. Os outros 14 registros (4,2%) não serão considerados na análise.

A Figura 15 apresenta as porcentagens de ocorrência de todos os registros de desastres hidrometeorológicos do ano de 2014, enquanto a Figura 16 exhibe os prejuízos decorrentes destes desastres. Na categoria “outros” constam desastres relacionados a alagamentos, tornados e deslizamentos.

As enxurradas corresponderam a quase metade dos registros do ano (47,5%) sendo também responsáveis pelo maior prejuízo anual. A soma de todos os prejuízos anuais totalizou cerca de R\$ 1.054.015.458,38.

Figura 15 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2014.



Fonte: SINPDEC.

Figura 16 - Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2014.



Fonte: SINPDEC.

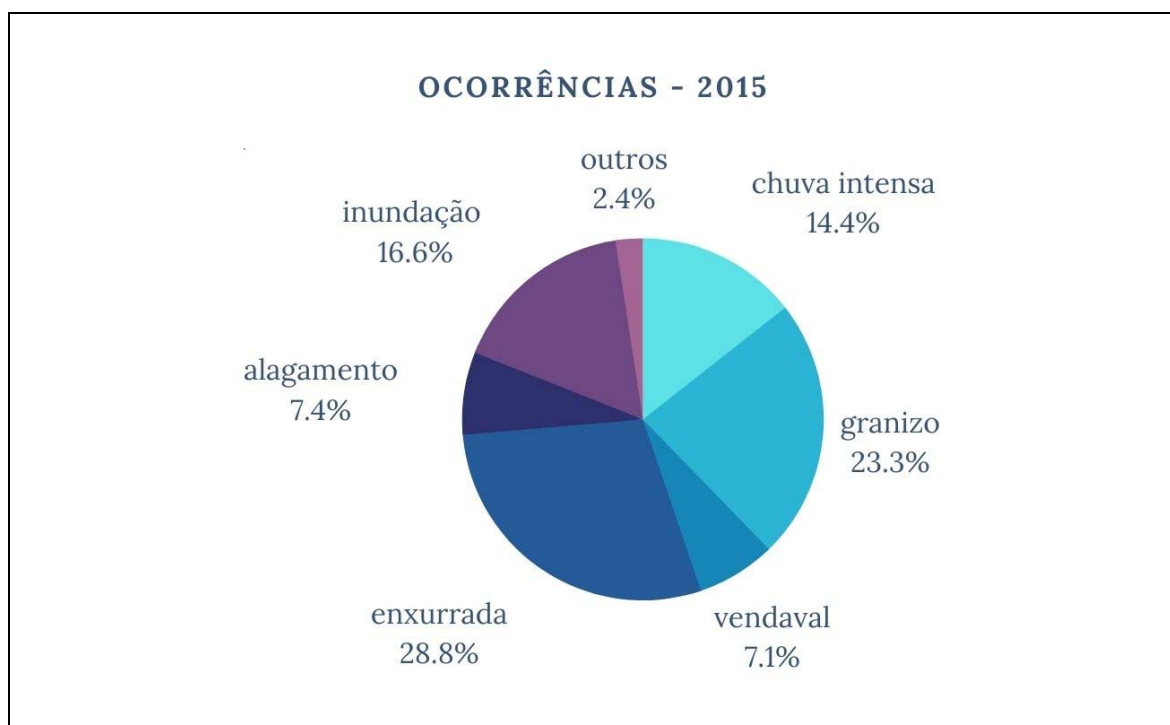
6.1.5 O ano de 2015

O ano de 2015 possui um total de 355 FIDE registrados, porém há registros duplicados para o mesmo evento, logo consideraremos apenas 347, sendo 326 (94%) os relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos. Os outros 21 registros (6%) não serão considerados na análise.

Os desastres relacionados a eventos de enxurrada e granizo foram os que ocorreram em maior número, com 28,8% e 23,3% dos registros, respectivamente, conforme a Figura 17. Entretanto, foram as inundações que causaram os maiores prejuízos anuais, mesmo que este evento ocupe apenas o terceiro lugar em ocorrências. Os prejuízos podem ser observados na Figura 18 e em ambos os gráficos, a categoria “outros” inclui deslizamentos, tornados e tempestade de raio.

Os desastres hidrometeorológicos ocorridos no ano de 2015 resultaram em um prejuízo anual aproximado de R\$ 3.061.556.128,06.

Figura 17 - Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2015.



Fonte: SINPDEC.

Figura 18 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2015.



Fonte: SINPDEC.

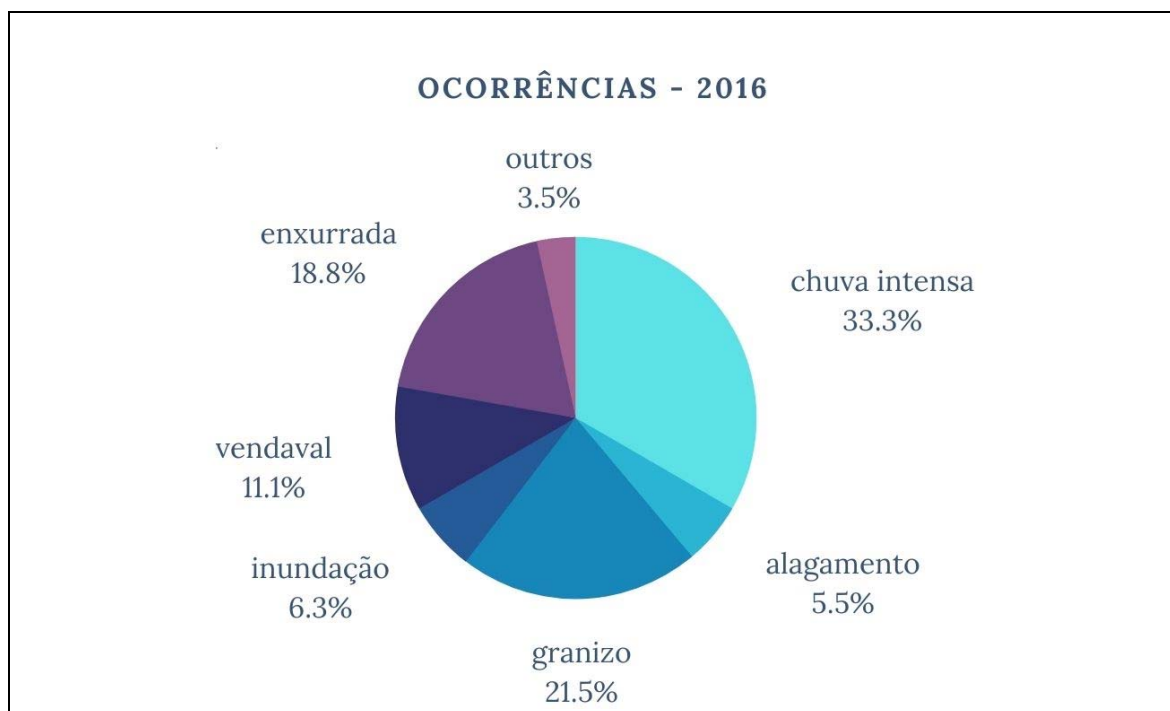
6.1.6 O ano de 2016

O ano de 2016 possui um total de 147 FIDE registrados, mas um deles está duplicado, logo o total considerado será de 146, sendo 144 (98,6%) os relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos. Os outros 2 registros (1,4%) não serão considerados.

A Figura 19 exhibe as porcentagens para cada tipo de desastre registrado em 2016 e a Figura 20, os prejuízos decorrentes. Em “outros” estão inclusos eventos de deslizamentos, ciclones e tornado.

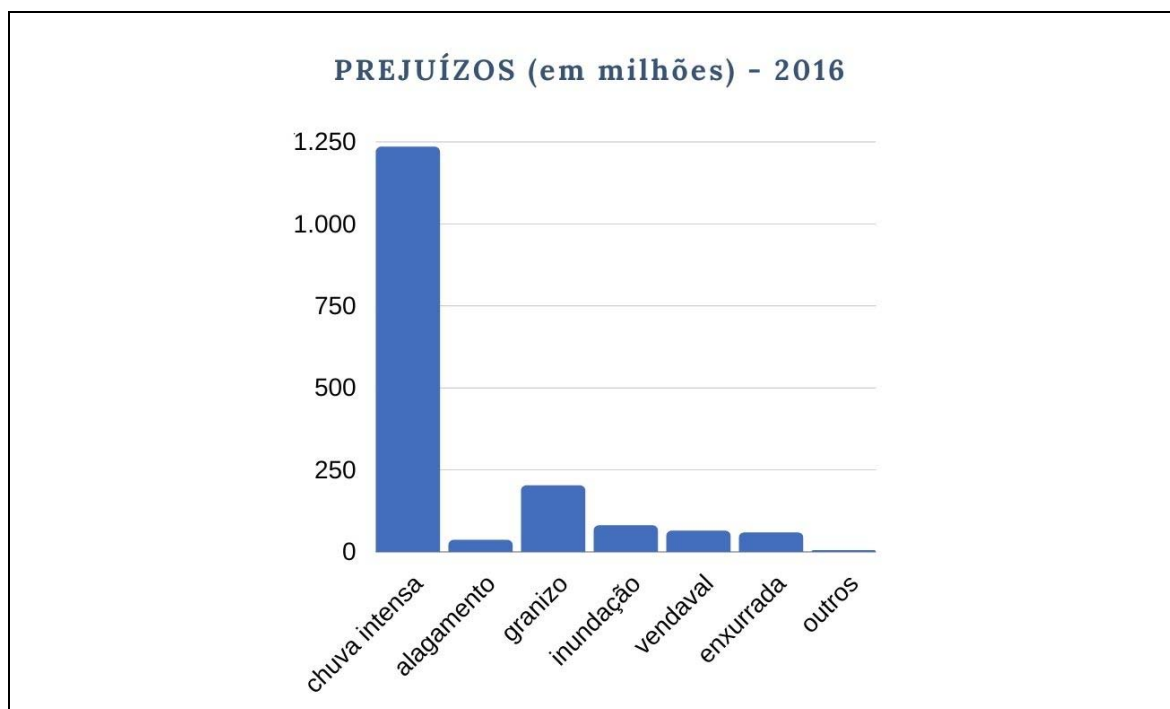
Os desastres relacionados a chuva intensa foram os que registraram maior número de ocorrências (33,3%), sendo também os que causaram maiores prejuízos no ano, sendo estes valores muito mais elevados do que os valores de prejuízos quantificados para outros eventos. No total, os prejuízos anuais totalizaram aproximadamente R\$ 1.678.442.844,11.

Figura 19 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2016.



Fonte: SINPDEC.

Figura 20 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2016.



Fonte: SINPDEC.

6.1.7 O ano de 2017

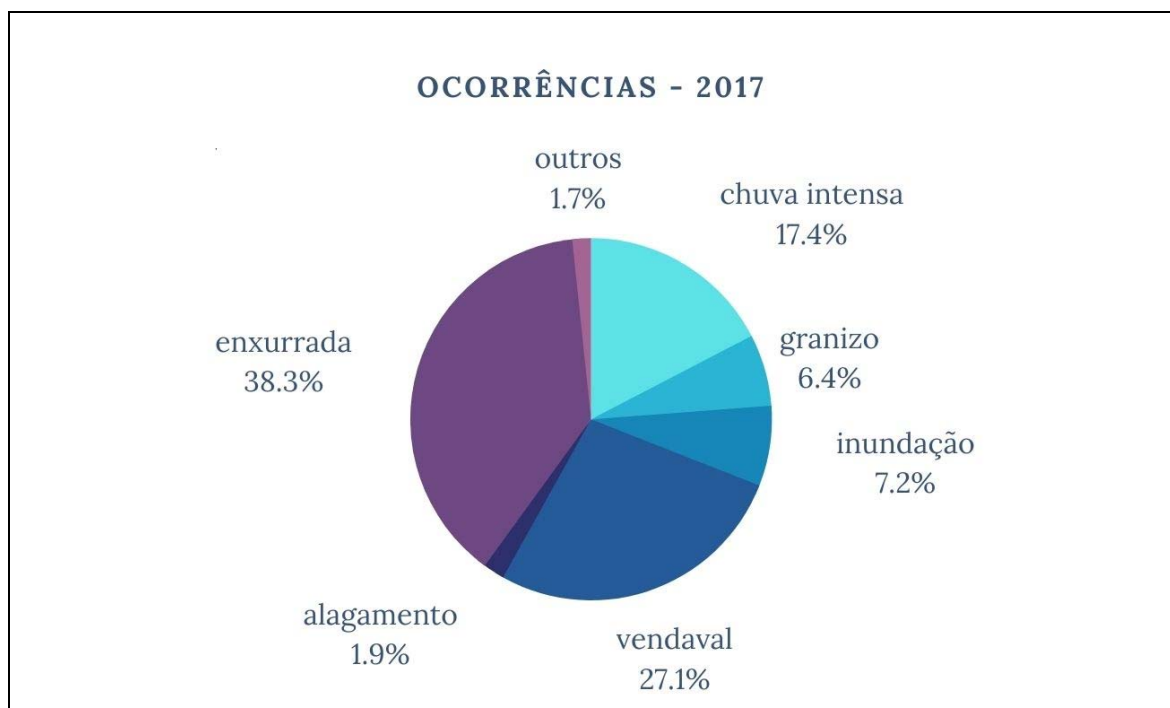
O ano de 2017 possui um total de 424 FIDE registrados, sendo 420 (99,1%) os relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos. Os outros 4 registros (0,9%) não são relacionados a eventos hidrometeorológicos e não serão considerados nesta análise.

As ocorrências de cada tipo de desastre hidrometeorológico ocorrido no ano de 2017 são exibidos na Figura 21 e os prejuízos, na Figura 22. Em “outros” constam corrida de massa, tornados e deslizamentos.

As enxurradas foram responsáveis por 38,3% das ocorrências, sendo também as responsáveis pelos maiores prejuízos anuais. As inundações responderam pelo segundo maior prejuízo anual, mesmo com apenas 7,2% dos registros.

O prejuízo total anual aproximado resultante dos desastres hidrometeorológicos em 2017 foi de cerca de R\$ 1.655.916.674,16.

Figura 21 - Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2017.



Fonte: SINPDEC.

Figura 22 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2017.



Fonte: SINPDEC.

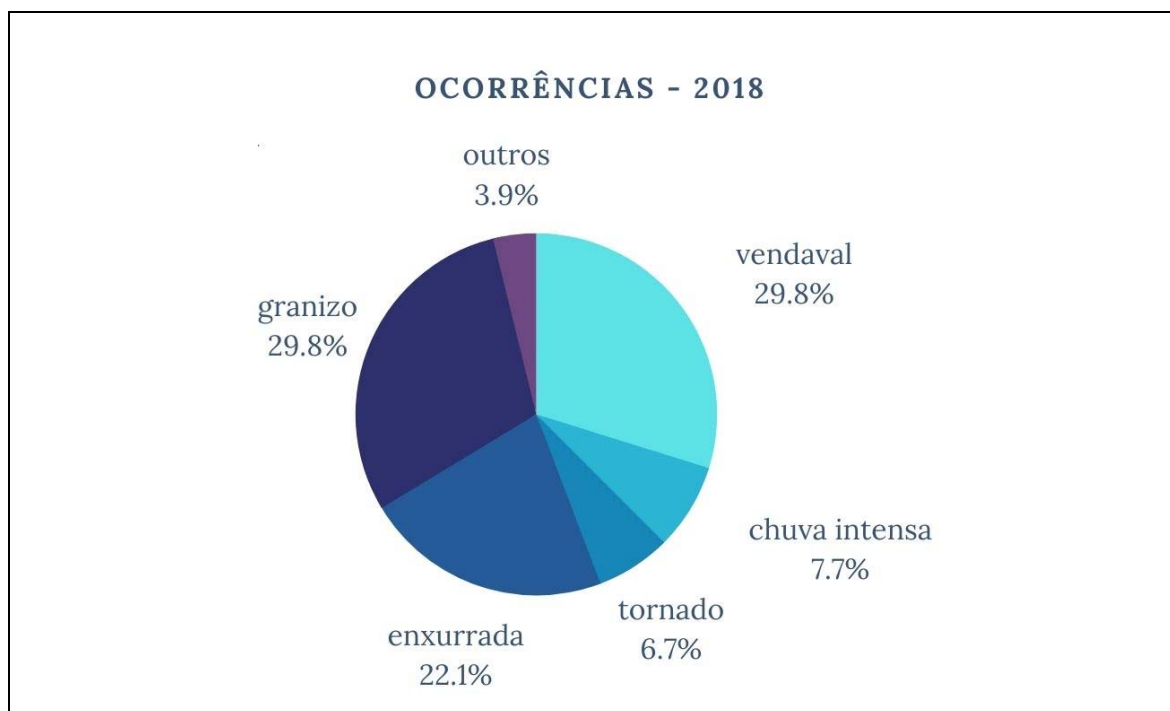
6.1.8 O ano de 2018

O ano de 2018 possui um total de 150 FIDE registrados, sendo 104 (69,3%) os relacionados a tempestades severas e elevados níveis pluviométricos. Os outros 46 registros (30,7%) não serão considerados na análise.

O número de ocorrências de desastres relacionados a vendaval e granizo foi o mesmo, correspondendo a 29,8% dos casos cada, conforme Figura 23. Já o prejuízo anual foi consideravelmente maior para os desastres relacionados a granizo, conforme apresenta a Figura 24. Em “outros” constam eventos relacionados a alagamentos e ciclones.

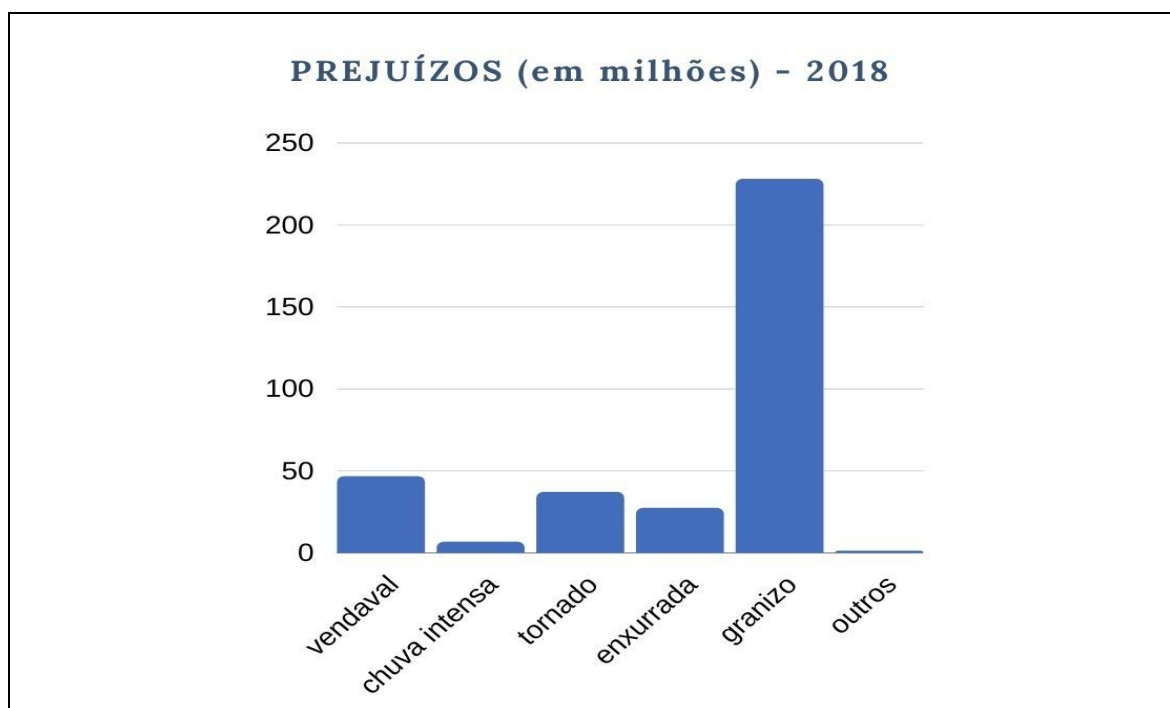
Somados os prejuízos dos desastres relacionados a eventos de tempestade e elevados índices pluviométricos, o total anual ficou em cerca de R\$ 346.821.770,10.

Figura 23 - Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2018.



Fonte: SINPDEC.

Figura 24 – Prejuízos dos desastres de origem hidrometeorológica no RS em 2018.

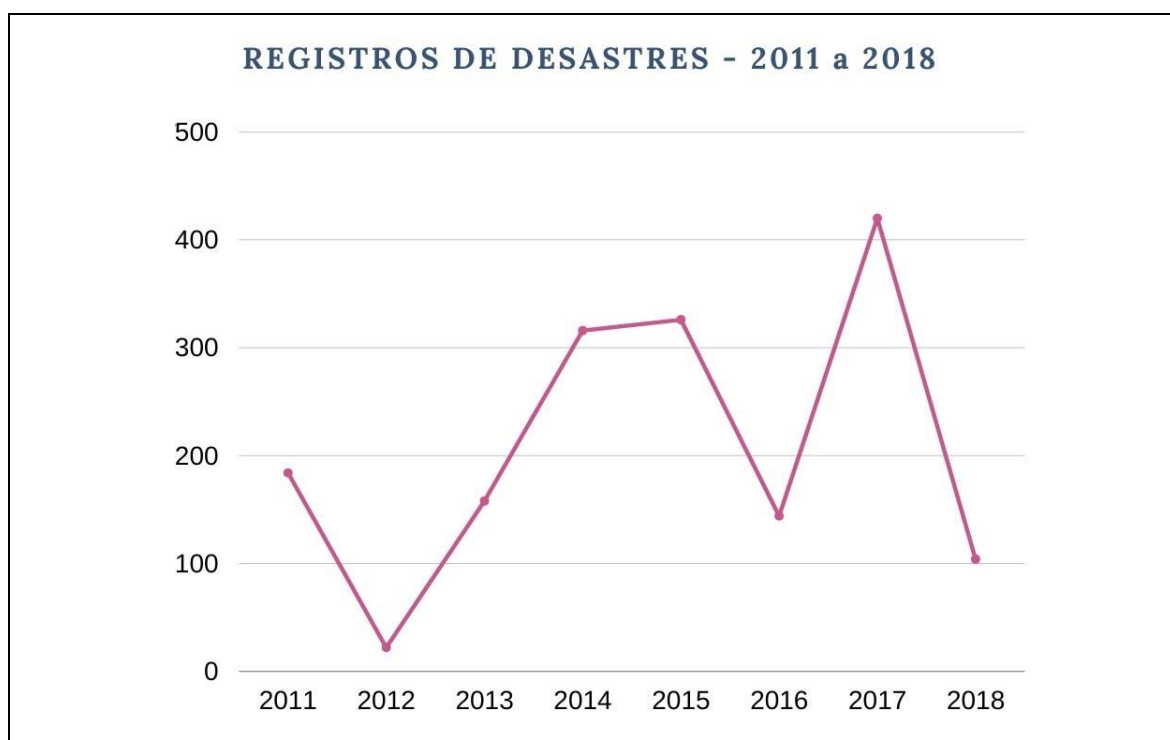


Fonte: SINPDEC.

6.1.9 O período de 2011 a 2018

A Figura 25 apresenta a quantidade anual de registros de notificação de desastres de 2011 a 2018 conforme AVADANs e FIDEs. O ano de 2012 tem a menor quantidade de registros e também o menor prejuízo total entre os anos analisados, mas o ano de 2017, apesar de possuir a maior quantidade de registros, é apenas o terceiro em prejuízo total anual.

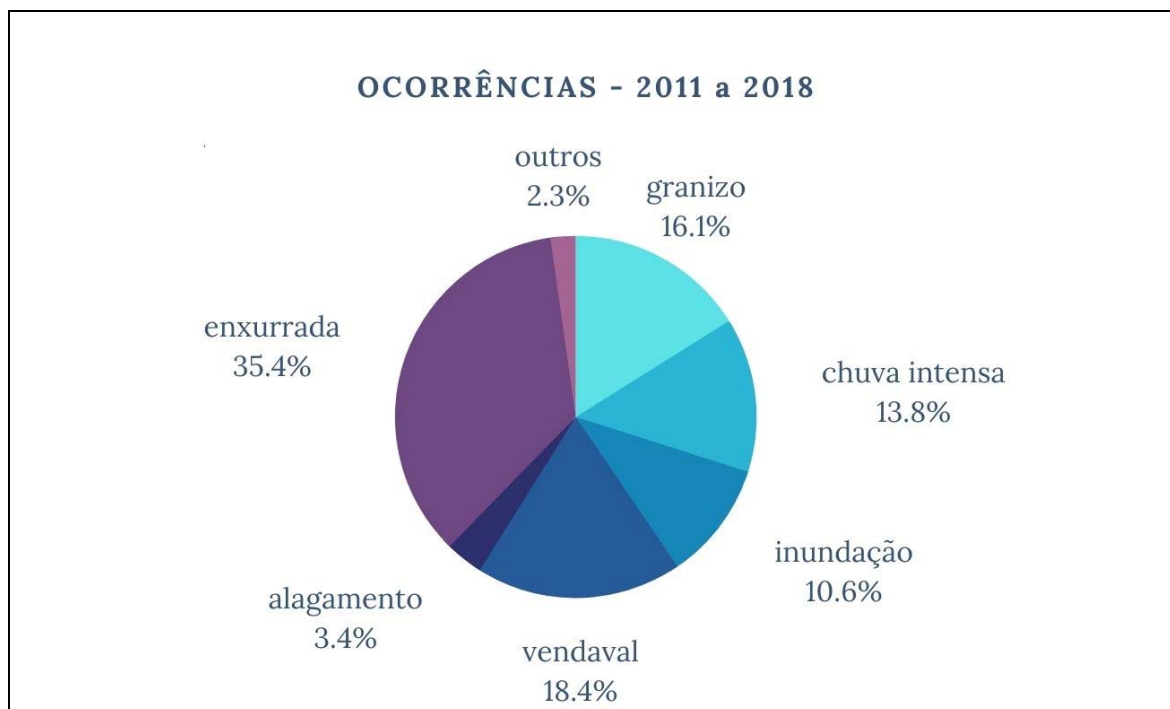
Figura 25 – Registros de desastres ocorridos no RS entre 2011 e 2018.



Fonte: SINPDEC.

A Figura 26 apresenta as ocorrências dos principais desastres de origem hidrometeorológicos no período analisado, que corresponde aos anos de 2011 a 2018.

Figura 26 – Ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica no RS entre 2011 e 2018.



Fonte: SINPDEC.

Os registros relacionados a enxurradas corresponderam a 35,4% de todas as ocorrências de desastres hidrometeorológicos do período, seguidos pelos registros de vendaval e granizo, respectivamente. O gráfico apresenta como “outros” as ocorrências de desastres relacionados a deslizamentos, tornados, ciclones, corridas de massa e tempestades de raios, sendo estas ocorrências mais raras com relação às demais, com apenas 2,3% dos registros do período.

A Figura 27 exibe uma comparação entre os prejuízos resultantes de cada tipo de desastre de origem hidrometeorológica de maior frequência. O evento tipificado nos formulários como “chuvas intensas” foi o que causou prejuízo total mais elevado segundo os relatórios dos desastres registrados entre 2011 e 2018. Os alagamentos foram responsáveis pelos menores prejuízos entre os principais eventos analisados.

Figura 27 – Prejuízos por tipo de desastre ocorrido no RS entre 2011 e 2018.



Fonte: SINPDEC.

Os registros que continham mais de uma tipificação de desastre como, por exemplo, vendaval e chuvas intensas ou granizo e chuvas intensas, não foram considerados neste levantamento final de prejuízos por evento justamente por ser inviável colocá-los em apenas uma das categorias ou, em caso de incluí-las em todas as correspondentes, não ser possível dimensionar quanto dos prejuízos se deve a cada uma das categorias descritas.

A Tabela 3 apresenta os valores anuais dos prejuízos auferidos dos desastres analisados no período de 2011 a 2018, bem como a correção dos valores conforme a inflação.

Conforme observado, o ano de 2015 foi o que registrou maior prejuízo total, mas referente à quantidade de registros de desastres, foi o segundo colocado durante o período de oito anos analisado, com 326 ocorrências.

O ano de 2017 foi o ano com maior número de registros, totalizando 420 relatórios enviados, porém o prejuízo calculado foi apenas o terceiro maior do período. Apesar de este ano ter 94 ocorrências a mais que 2015, o prejuízo, se levada em

consideração a correção monetária pelo IGP-M, representou quase metade do prejuízo total verificado em 2015.

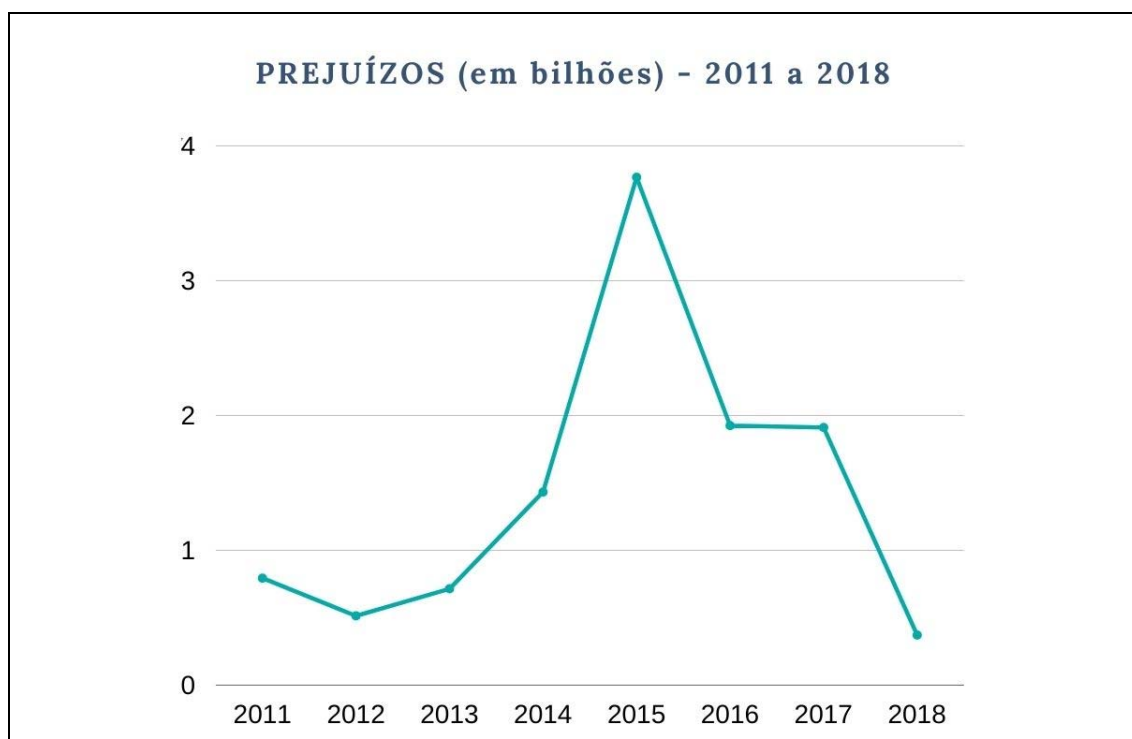
Importante ressaltar que os valores apresentados são os contabilizados apenas para os desastres relacionados aos eventos severos analisados, ou seja, os relacionados a tempestades e elevados índices pluviométricos. Sendo assim, caso fossem contabilizados os prejuízos decorrentes de estiagens e outros eventos, os valores seriam ainda maiores.

Tabela 3 – Prejuízos aproximados auferidos e corrigidos dos desastres analisados para o período de 2011 a 2018.

Ano	Prejuízo total anual (R\$)	Prejuízo total anual corrigido (R\$)
2011	495.424.469,19	794.952.901,30
2012	345.802.413,24	514.665.615,92
2013	507.135.155,93	715.258.099,01
2014	1.054.015.458,38	1.433.879.045,94
2015	3.061.556.128,06	3.767.657.513,34
2016	1.678.442.844,11	1.926.986.156,94
2017	1.655.916.674,16	1.911.303.735,06
2018	346.821.770,10	372.201.875,09
Total do período	R\$ 9.145.114.913,17	R\$ 11.436.904.942,60

A Figura 28 apresenta uma análise comparativa com os valores totais anuais corrigidos dos prejuízos referentes a desastres de origem hidrometeorológica do período analisado.

Figura 28 – Comparação entre os prejuízos anuais com valores corrigidos.



Fonte: SINPDEC.

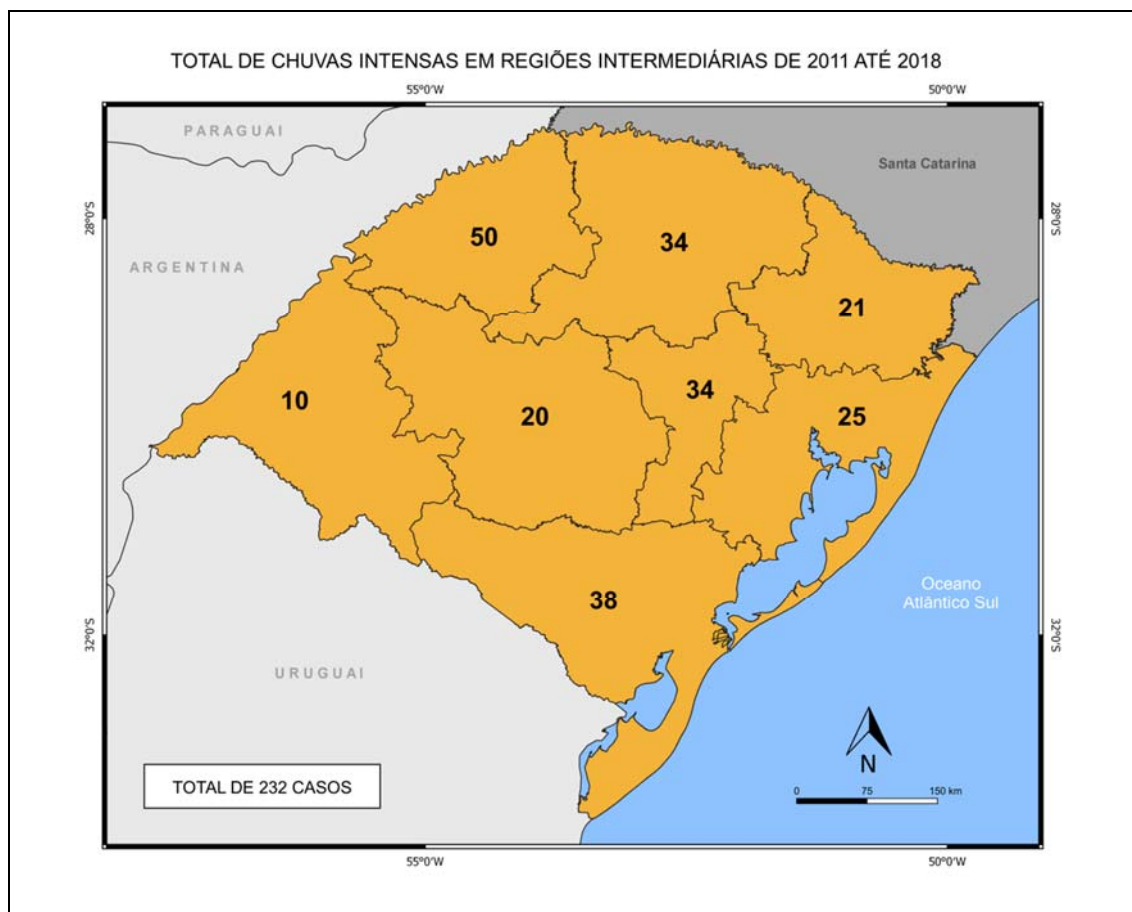
6.2 Análise de frequência, região e sazonalidade de desastres de origem hidrometeorológica no Rio Grande do Sul

Para analisar a frequência dos ES e os períodos de principal ocorrência em cada Região Geográfica Intermediária do RS, serão utilizados mapas, facilitando a visualização dos dados. Os subitens a seguir analisam cada um dos seis tipos de desastres mais comuns, entre os analisados, com mapas contendo o total de registros em cada RGI durante o período, bem como mapas trimestrais de ocorrência dos registros de desastre no período analisado.

6.2.1 Chuva intensa

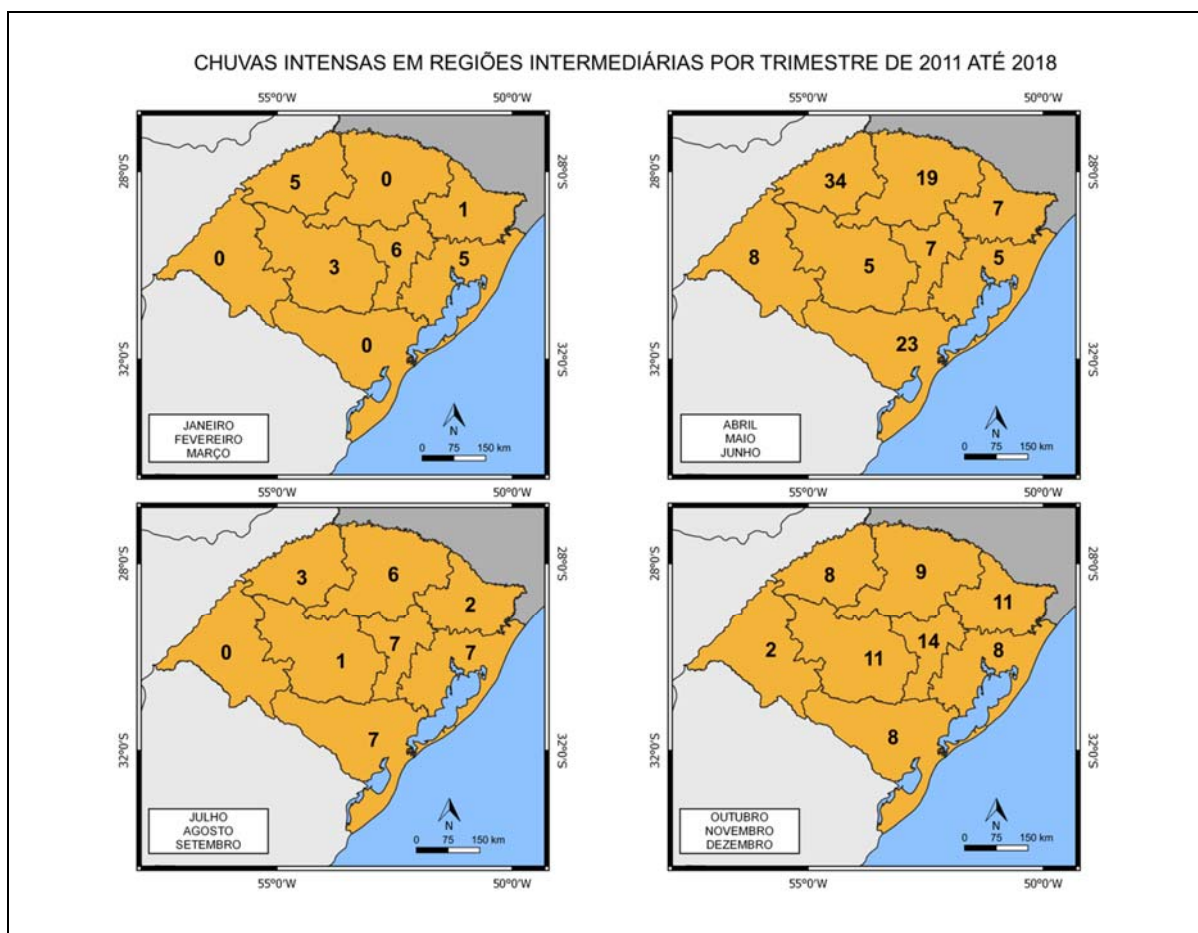
O desastre tipificado “chuva intensa” foi registrado 232 vezes no RS no período de 2011 a 2018 e a Figura 29 apresenta a quantidade de ocorrências em cada RGI.

Figura 29 – Total de chuvas intensas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



A Figura 30 apresenta a frequência de chuvas intensas por trimestre em cada RGI do RS.

Figura 30 – Ocorrência trimestral das chuvas intensas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



Com os mapas é possível verificar que a região de maior ocorrência do desastre chuva intensa é a RGI 5 – Ijuí, com 50 casos em oito anos. Em seguida, temos: a RGI 8 – Pelotas com 38 casos; RGI 3 – Passo Fundo e RGI 4 – Santa Cruz do Sul/Lajeado ambas com 34 casos; RGI 1 – Porto Alegre com 25 casos; RGI 2 – Caxias do Sul com 21 casos; RGI 6 – Santa Maria com 20 casos e RGI 7 – Uruguaiana com 10 casos no período.

No trimestre JFM, as chuvas intensas foram registradas 20 vezes, se concentrando mais na RGI 4 Santa Cruz do Sul – Lajeado onde foram observadas com certa regularidade durante todos os trimestres do ano. Também é possível verificar que no período JFM elas ocorreram menos no RS.

No trimestre AMJ, as chuvas intensas foram registradas 108 vezes, ou seja, passaram a ocorrer com maior frequência em todo o RS, tendo a RGI 5 – Ijuí como região preferencial. A RGI 3 – Passo Fundo, geograficamente próxima, também apresentou elevada frequência e apesar de a RGI 8 – Pelotas não estar próxima das outras citadas, ela também concentrou grande quantidade de ocorrências neste trimestre.

Já no trimestre JAS, as chuvas intensas voltaram a ocorrer em menor frequência, com 33 casos registrados e distribuição parecida em todas as regiões, com exceção da RGI 7 – Uruguaiana que não apresentou nenhum caso nos oito anos.

Durante o trimestre OND, a frequência aumentou comparativamente ao trimestre anterior, com 71 casos.

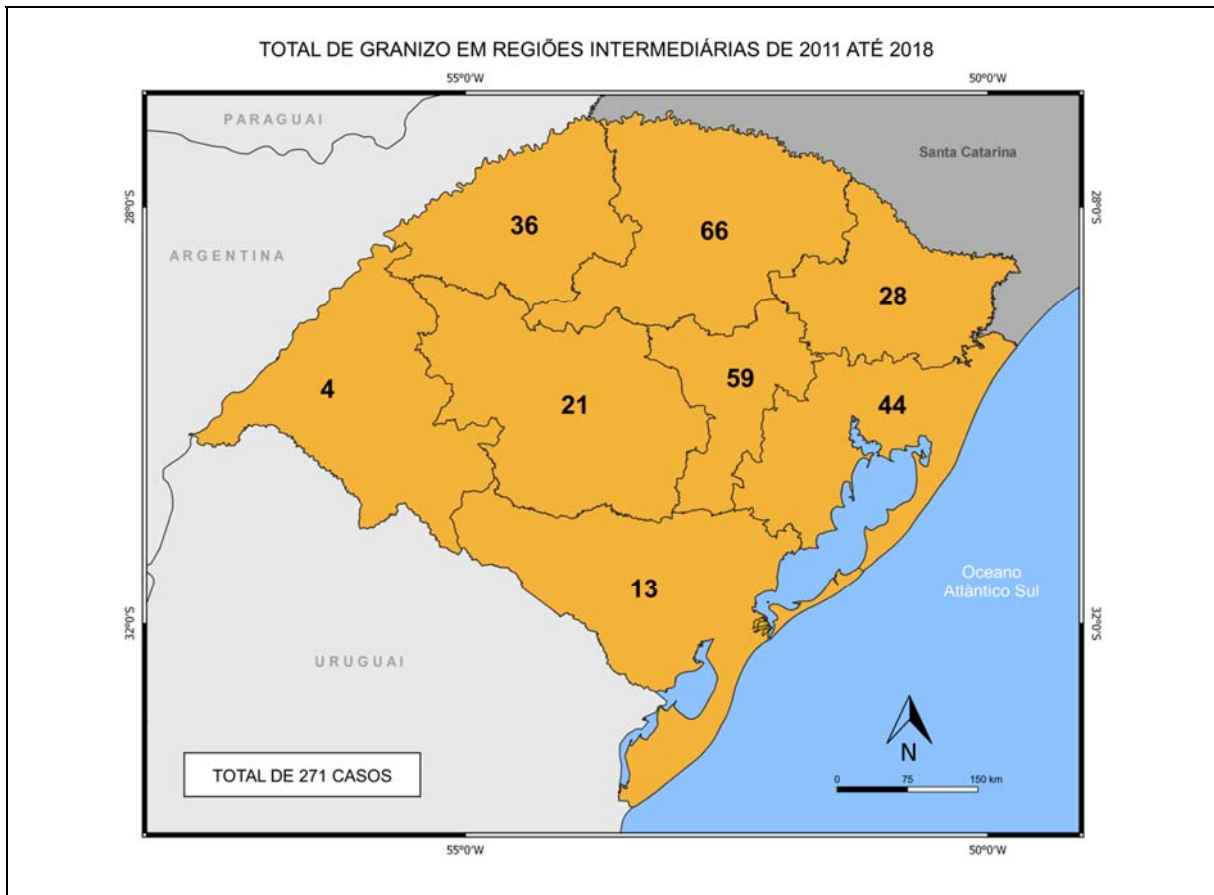
Dessa forma, conclui-se que a RGI 7 – Uruguaiana é a que apresentou menor ocorrência dos desastres relacionados a chuvas intensas durante todos os períodos do ano, enquanto as RGI 3 – Passo Fundo e 5 – Ijuí, apresentaram maior variabilidade de frequência conforme a estação, com maior número de ocorrências durante o trimestre AMJ.

6.2.2 Granizo

O ES denominado granizo, foi registrado com maior frequência na RGI 3 – Passo Fundo, com 66 casos durante o período de oito anos. A RGI 4 – Santa Cruz do Sul/Lajeado vem logo em seguida com poucos casos a menos: 59. A RGI 1 – Porto Alegre apresentou 44 casos, a RGI 5 – Ijuí, 36 casos, em seguida temos a RGI 6 – Santa Maria com 21 casos, a RGI 8 – Pelotas com 13 casos e a RGI 7 – Uruguaiana com apenas 4 casos em oito anos (Figura 31). O total foi de 271 casos no período.

Apesar de as RGI não serem divididas de forma a ficar clara uma delimitação norte/sul do estado, no caso dos eventos de granizo percebe-se que ocorrem com maior frequência na parte norte do RS.

Figura 31 – Total de tempestades de granizo nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



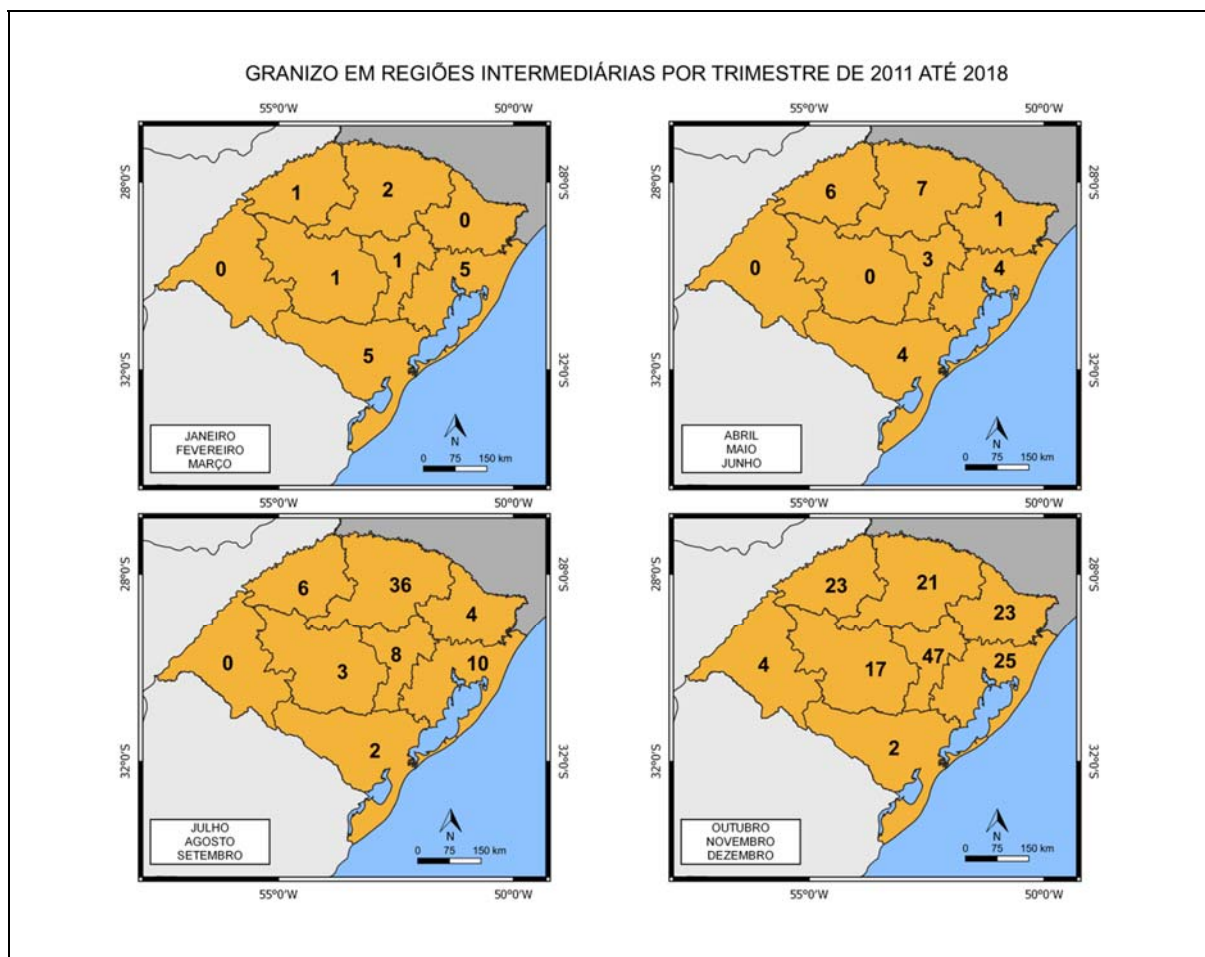
Já com relação à frequência sazonal, a Figura 32 mostra que o trimestre JFM registrou apenas 15 casos de granizo em oito anos com ocorrência um pouco maior nas regiões que ficam a leste no RS (Porto Alegre e Pelotas).

No trimestre AMJ o número de registros aumentou para 25 e a frequência permanece parecida para as regiões de Porto Alegre e Pelotas, enquanto existe um aumento do número de casos nas regiões mais ao norte do estado, principalmente Passo Fundo e Ijuí. A região de Uruguaiana permanece sem casos registrados.

Durante o trimestre JAS, observou-se aumento considerável do número de casos no estado, com 69 registros, bem como aumento da frequência nas regiões de Passo Fundo e Porto Alegre, enquanto Ijuí permaneceu com frequência igual ao trimestre AMJ.

O trimestre OND registrou 162 casos em oito anos sendo o período preferencial para a ocorrência de tempestades de granizo. Somente as regiões de Uruguaiana e Pelotas registraram poucos casos.

Figura 32 – Ocorrência trimestral das tempestades de granizo nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



6.2.3 Vendaval

O ES denominado vendaval foi registrado 310 vezes relacionado a desastres no RS no período de 2011 a 2018, sendo o segundo tipo de evento com mais desastres registrados. A quantidade de registros por RGI pode ser observada na Figura 33.

A RGI 3 – Passo Fundo concentrou o maior número de casos: 102. Em seguida a RGI 4 – Santa Cruz do Sul/Lajeado com 66 casos, as RGI 1 – Porto Alegre e RGI 6 Santa Maria, ambas com 41 casos e a RGI 5 – Ijuí, 33 casos. Nas outras regiões

temos: RGI 7 – Uruguaiana com 11, RGI 8 – Pelotas com 9 e a RGI 2 – Caxias do Sul com apenas 7 casos.

Figura 33 – Total de vendavais nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



A Figura 34 apresenta a sazonalidade do evento de vendaval durante o período analisado. No trimestre JFM, foram registrados 33 casos, com frequência maior na região de Passo Fundo, Porto Alegre e Santa Cruz do Sul/Lajeado, enquanto houve poucos casos na metade oeste do Estado.

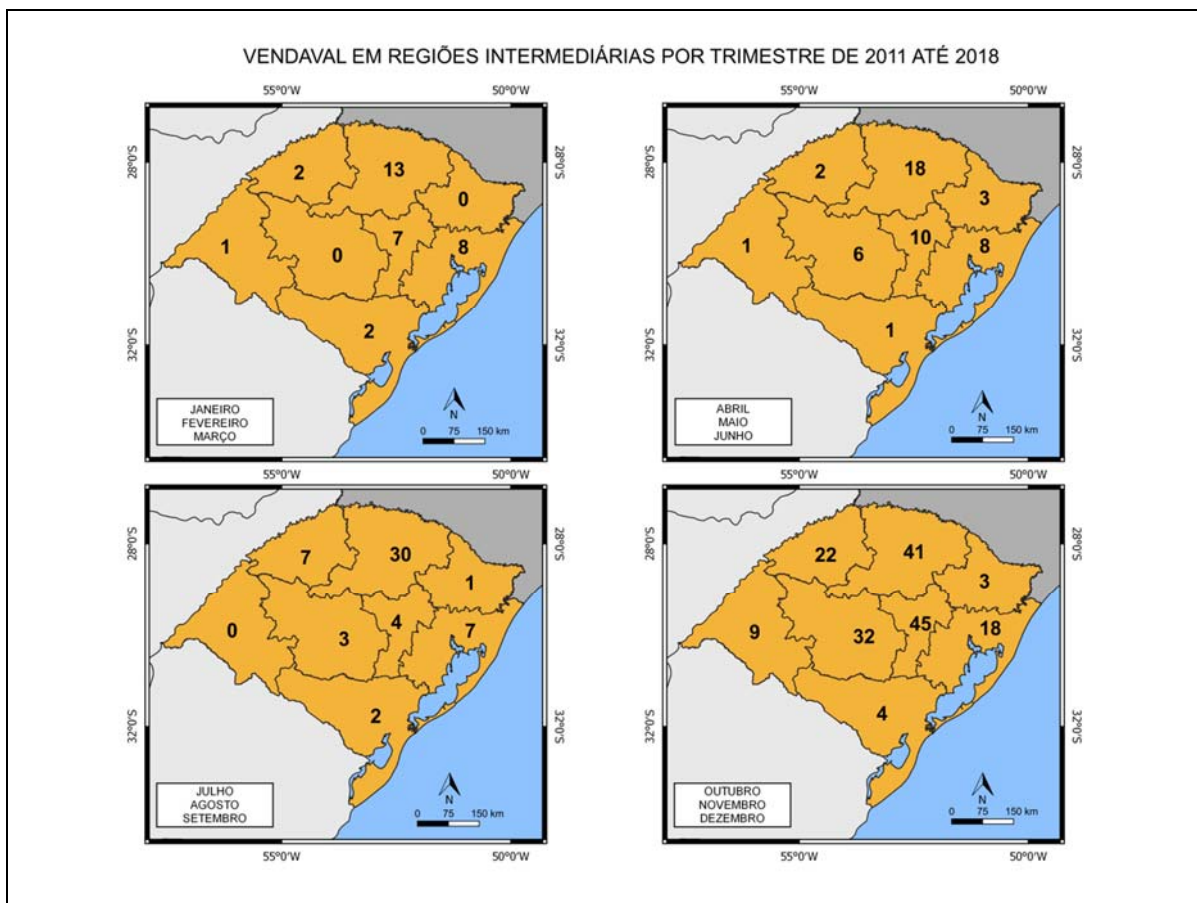
No trimestre AMJ, foram registrados 49 dos casos, apresentando novamente uma frequência maior na metade leste do RS e maior ocorrência na região de Passo Fundo. Interessante observar que apesar de a metade leste ter concentrado mais casos tanto em JFM, quanto em AMJ, a região de Caxias do Sul teve poucos registros em ambos os trimestres.

O trimestre JAS concentrou 54 dos casos, permanecendo a região de Passo Fundo como a de maior ocorrência dos vendavais. E no trimestre OND, houve um

aumento considerável na frequência deste ES em quase todas as regiões do estado, com 145 desastres registrados. Apenas a região de Caxias do Sul permaneceu sem mudanças na frequência se comparado aos outros trimestres.

A região de Passo Fundo se mostrou preferencial na ocorrência deste ES.

Figura 34 – Ocorrência trimestral de vendavais nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



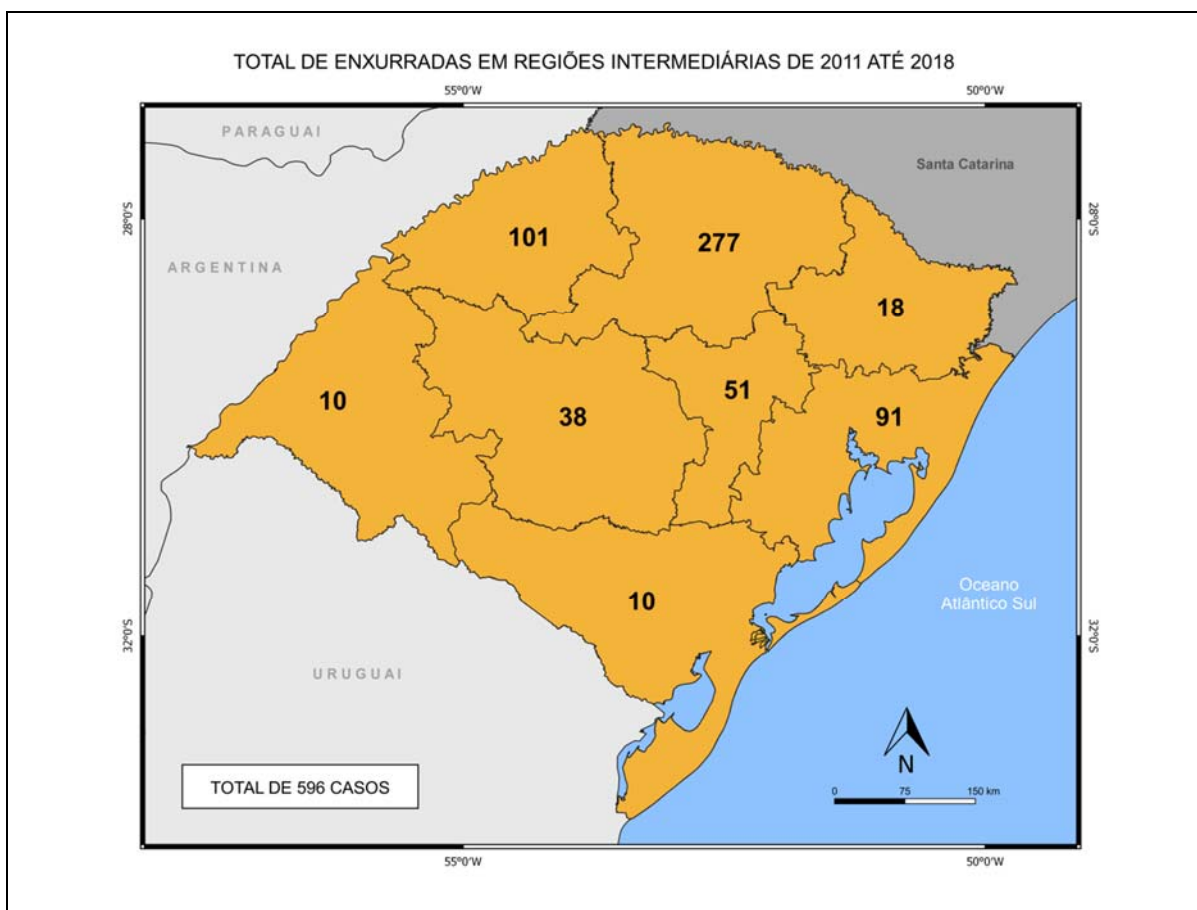
6.2.4 Enxurrada

O período de 2011 a 2018 registrou 596 casos de desastres relacionados a enxurradas no RS (Figura 35), sendo este o evento que causou mais desastres no estado.

A RGI 3 – Passo Fundo registrou 277 dos casos, mais que o dobro da quantidade de casos da RGI que apresentou a segunda maior quantidade (Ijuí). A região de Porto Alegre concentrou 91, a de Santa Cruz do Sul/Lajeado registrou 51 e a de Santa Maria

38 casos. A região de Caxias do Sul já apresentou bem menos casos (18), enquanto as RGI de Uruguaiana e Pelotas registraram 10 cada.

Figura 35 – Total de enxurradas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



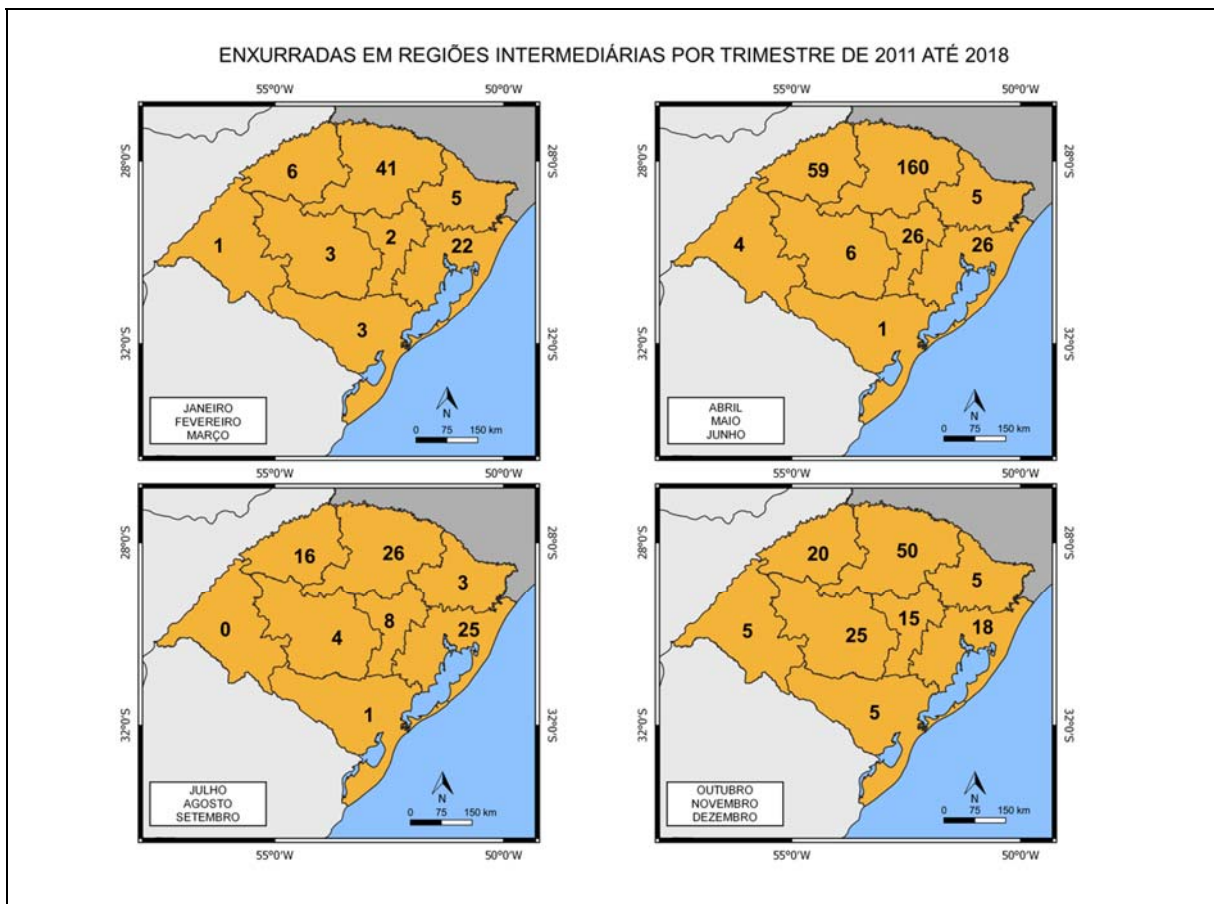
O trimestre JFM registrou 83 dos casos com frequência maior na região de Passo Fundo, enquanto a única outra região que concentrou mais de 20 casos foi a de Porto Alegre, com 22 (Figura 36). Todas as outras registraram menos de 10 desastres relacionados a enxurradas neste período.

Já o trimestre AMJ, apresentou a maior ocorrência deste desastre com 287 casos, tendo a região de Passo Fundo registrado impressionantes 160 desastres envolvendo enxurradas.

Em JAS foram novamente 83 casos (assim como JFM) e em OND foram 143 registros. Observa-se que para o evento de enxurrada, as regiões de Caxias do Sul,

Uruguaiana e Pelotas concentraram poucos dos casos totais, independente do trimestre.

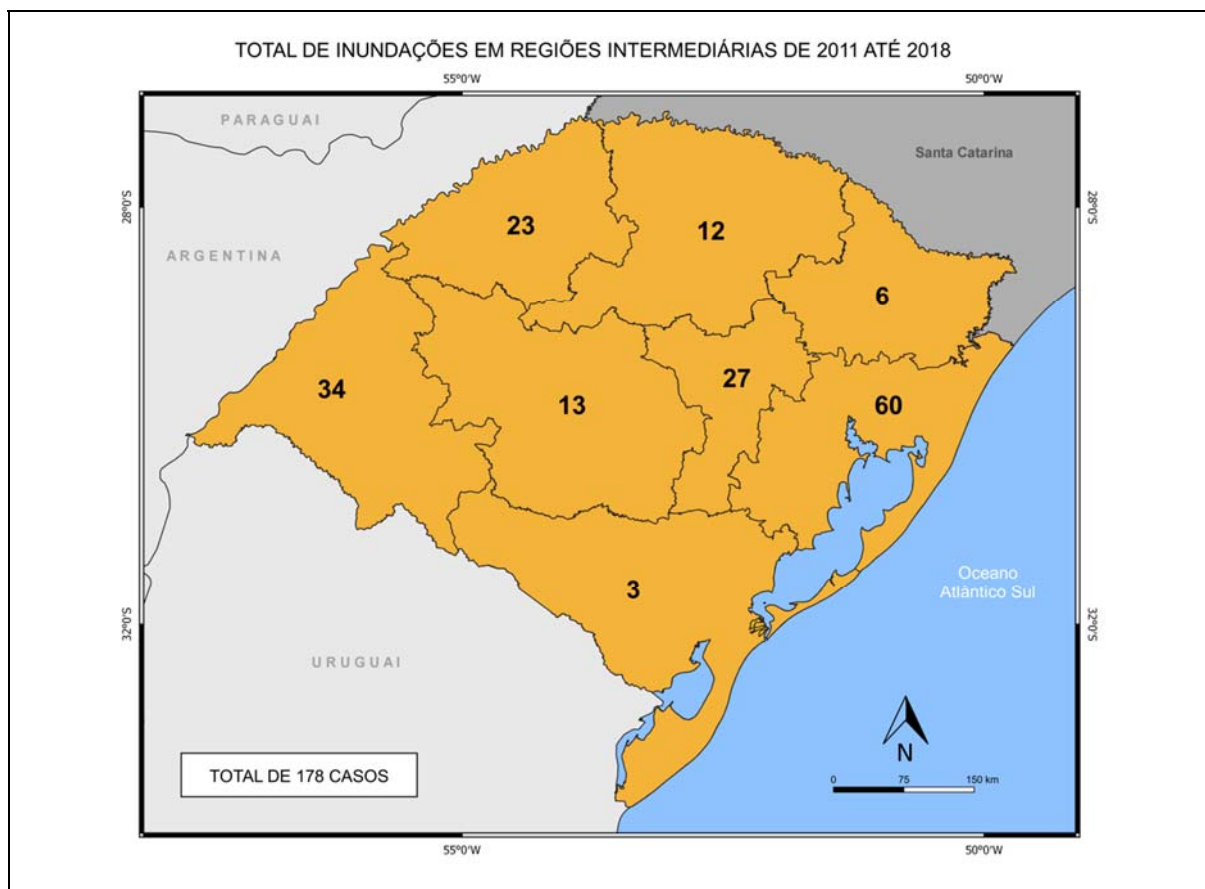
Figura 36 – Ocorrência trimestral de enxurradas nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



6.2.5 Inundação

O evento de inundação causou 178 desastres no RS (Figura 37) entre 2011 e 2018. A região de Porto Alegre concentrou 60 casos, sendo a maior frequência para este tipo de desastre no estado. Em seguida temos as regiões de Uruguaiana com 34 casos, Santa Cruz do Sul /Lajeado com 27, Ijuí com 23, Santa Maria com 13, e Pelotas com apenas 3 casos. Este é o único tipo de desastre em que a região de Uruguaiana se destaca com relação a quase todas as outras.

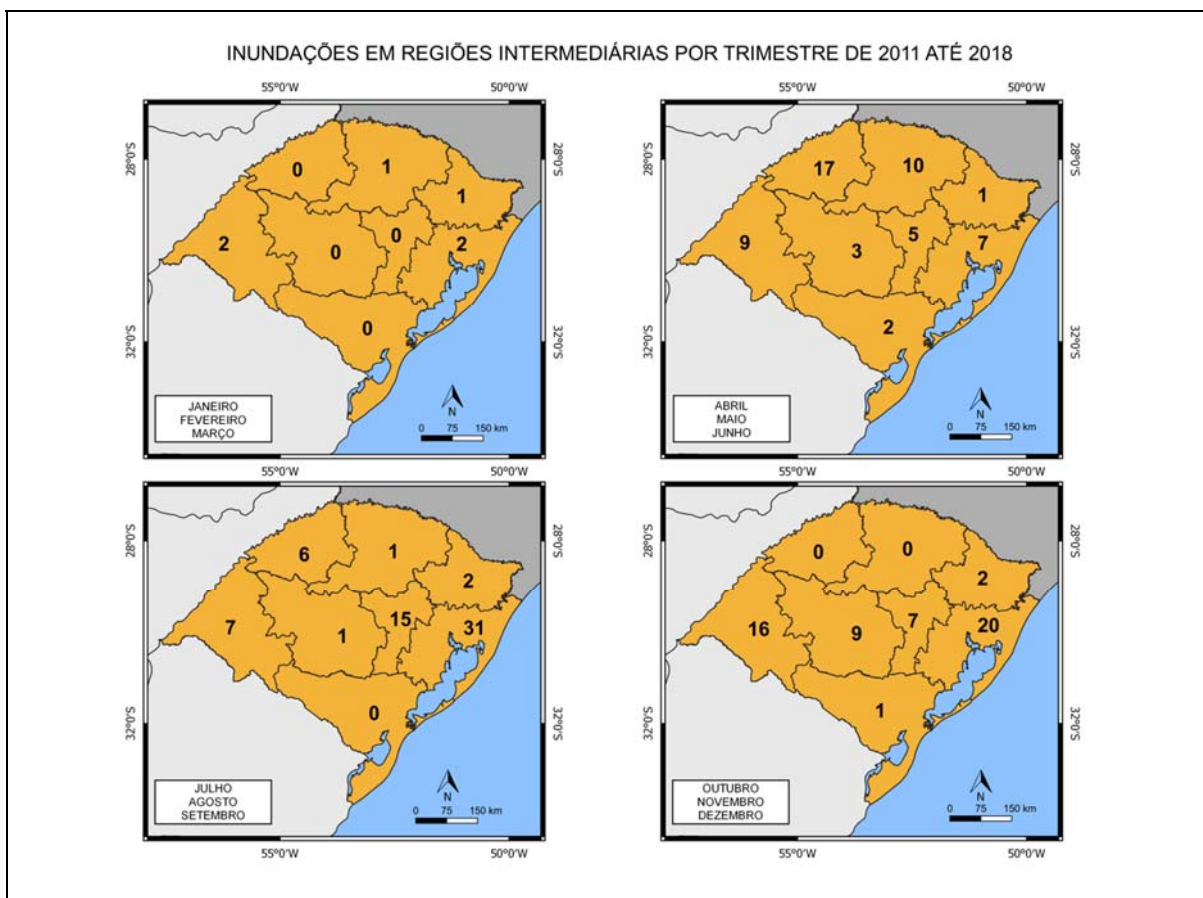
Figura 37 – Total de inundações nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



Com relação ao trimestre JFM, podemos dizer que teve uma frequência bastante baixa de desastres relacionados a inundações durante o período analisado, foram apenas 6 casos. Já em AMJ, a quantidade de registros aumentou para 54 casos, ou seja, um aumento de 9 vezes (Figura 38).

Em JAS, foram 63 registros com a região de Porto Alegre liderando em quantidade de desastres relacionados e em OND foram 55 casos com destaque para as regiões de Porto Alegre e Uruguaiana, enquanto as regiões de Passo Fundo e Ijuí não apresentaram nenhum registro. Observa-se também que a região de Pelotas permaneceu com poucos ou nenhum caso de inundação durante todos os trimestres (Figura 38).

Figura 38 – Ocorrência trimestral de inundações nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.

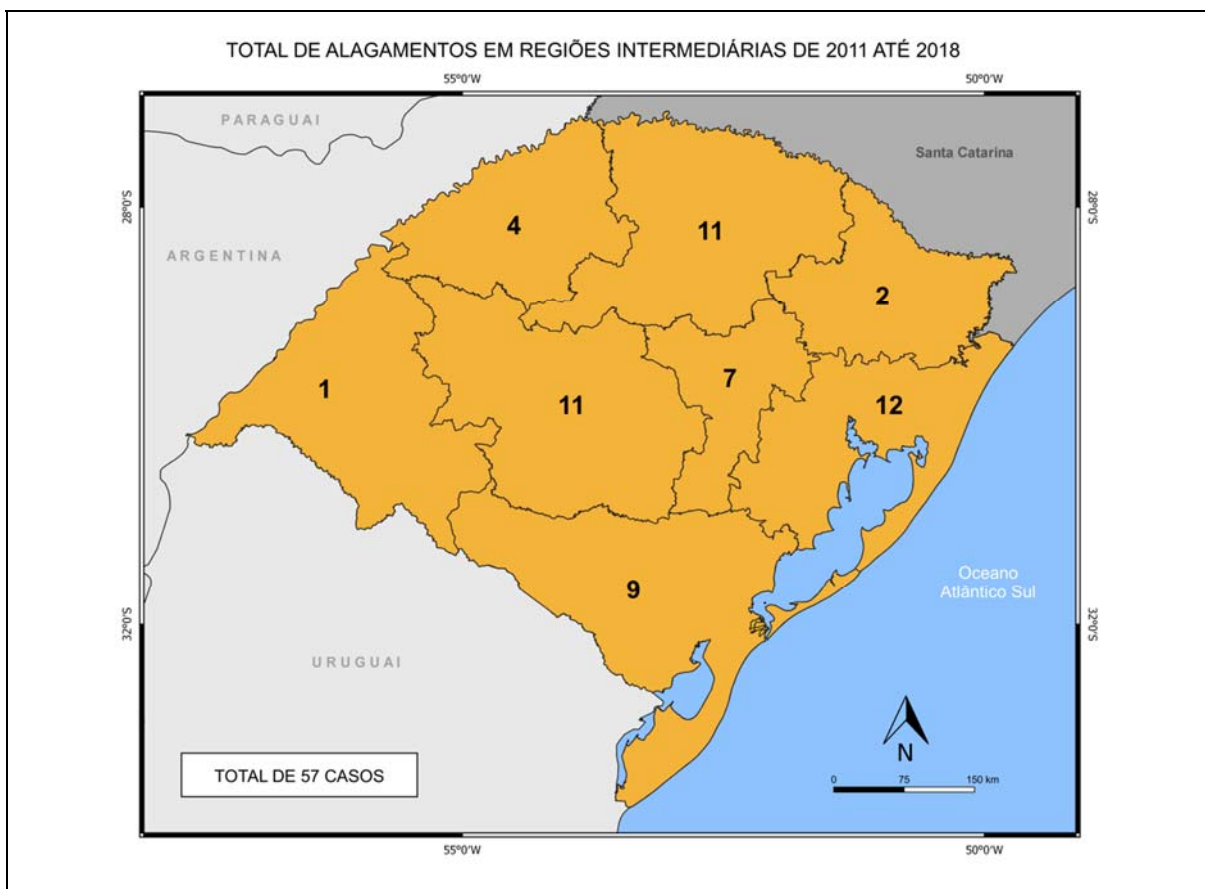


6.2.6 Alagamento

O desastre tipificado como alagamento causou 57 desastres no RS no período de 2011 a 2018, sendo o tipo de evento com menor número de casos entre os analisados (Figura 39).

A região de Porto Alegre registrou 12 desastres relacionados a alagamentos e as regiões de Passo Fundo e Santa Maria apresentaram 11 casos cada uma. Em seguida temos a RGI 8 – Pelotas com 9 casos, a RGI 4 – Santa Cruz do Sul/Lajeado com 7 registros, a região de Ijuí com 4 e a região de Uruguaiana com apenas 1.

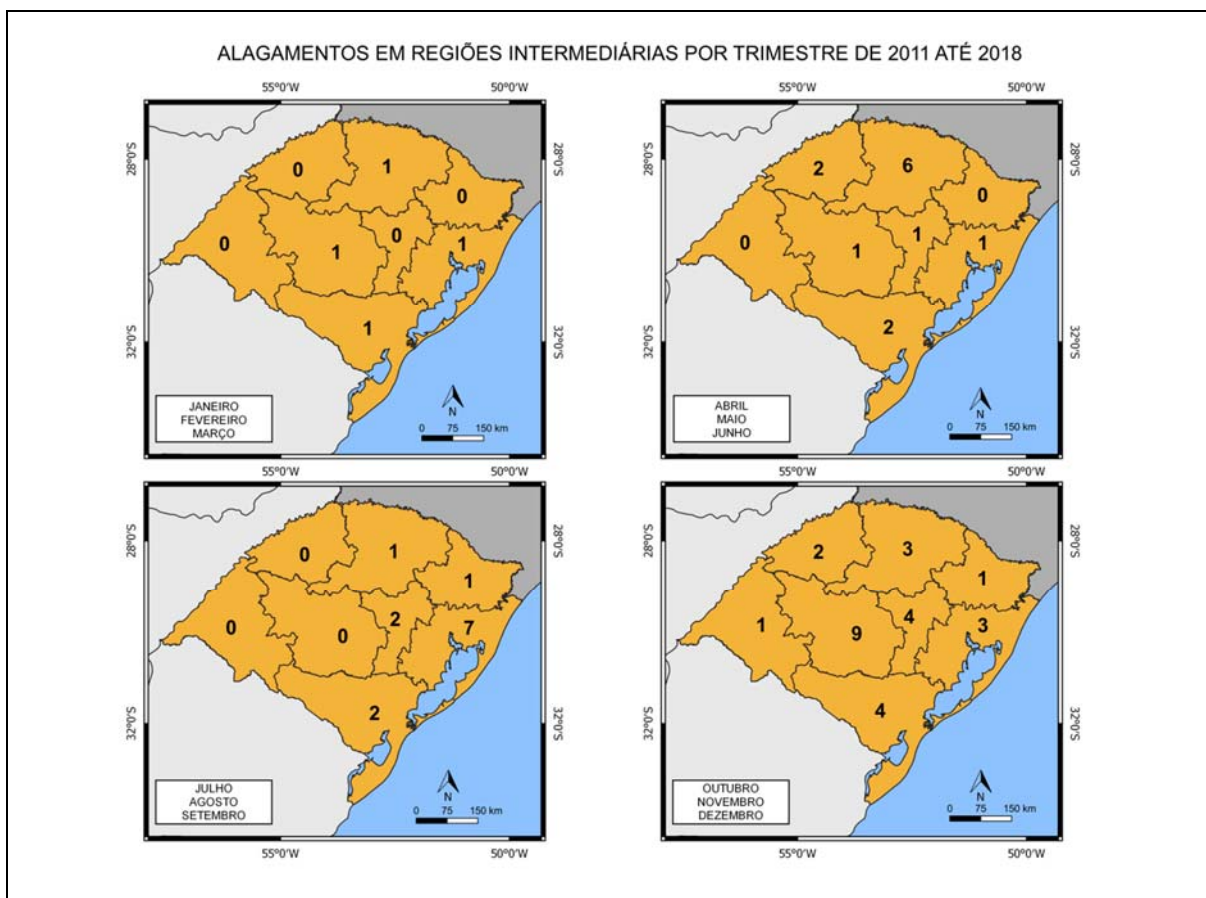
Figura 39 – Total de alagamentos nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



A Figura 40 mostra a frequência de alagamentos em cada trimestre do ano durante todo o período. Em JFM, foram 4 casos de desastres relacionados, tendo a metade das regiões apresentando apenas 1 caso cada e a outra metade nenhum caso.

No trimestre AMJ, foram 13 desastres com maior ocorrência na região de Passo Fundo. Em JAS também foram 13 registros, mas a frequência maior ocorreu na região de Porto Alegre. Por fim, no trimestre OND, foram 27 os casos com a região de Santa Maria apresentando a maior quantidade dos desastres.

Figura 40 – Ocorrência trimestral de alagamentos nas Regiões Geográficas Intermediárias do Rio Grande do Sul de 2011 a 2018.



7 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O RS está localizado em uma região favorável a condições de tempo severo, visto que características de sua geomorfologia e circulação atmosférica favorecem o desenvolvimento de eventos meteorológicos extremos. A região é marcadamente influenciada por massas de ar contrastantes e fenômenos como SCM, SAM, El Niño e La Niña (VIANA *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2018; MORAES *et al.*, 2020; SCHOSSLER *et al.*, 2020).

Segundo relatórios da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), os anos de 2015 a 2018 estão entre os dez mais quentes já registrados desde que essas observações começaram a ser feitas. Sabendo-se que uma atmosfera e oceano mais quentes propiciam um aumento de frequência e potencial destrutivo de eventos extremos, é lógico sugerir que a última década teria grande quantidade de fenômenos severos atuando e causando danos. Porém, isso não exime de responsabilidade o Poder Público, que deve fornecer as condições adequadas para que a população esteja mais preparada para enfrentar tal cenário.

Apesar de o ano de 2016 ser considerado o mais quente do século no planeta, com uma anomalia de temperatura anual de 1,2°C, o ano mais quente para a Região Sul do Brasil foi o de 2017, com uma anomalia de 0,8°C, segundo Ernst (2019). É interessante notar que o ano de 2017 foi o que apresentou maior ocorrência de registros de desastres no RS no período de 2011 a 2018 e pode-se sugerir uma possível relação.

A análise dos valores informados em registros oficiais (AVADANs e FIDEs) revelou que o ano de 2015 foi o que registrou os mais altos prejuízos no período analisado (2011-2018), sendo seguido pelo ano de 2016. Sabe-se que em 2015-2016 houve ocorrência do fenômeno El Niño de intensidade forte, o que pode ter colaborado na ocorrência dos eventos severos que contribuíram, junto às vulnerabilidades locais, para a culminância de desastres.

No período 2017-2018 houve um episódio de La Niña de intensidade moderada. Os registros de desastres para o ano de 2017 foram quase que em sua totalidade relacionados a eventos de origem hidrometeorológica, porém, no ano de 2018 houve uma quantidade considerável de registros de estiagem.

Verificou-se também que os desastres tipificados nos relatórios como “chuvas intensas” foram os de maior prejuízo total para o período. Em seguida temos as “enxurradas” as “inundações” revelando não haver uma relação direta de prejuízos com a frequência dos registros, visto que em número de casos, destacam-se as “enxurradas”, “vendavais” e “granizos”, respectivamente.

O ano de 2015 se mostrou um bom exemplo de como a quantidade de ocorrências de um tipo de desastre não é, necessariamente, proporcional ao prejuízo resultante. Neste ano, as inundações corresponderam ao maior prejuízo total anual, com mais de 1 bilhão de reais em prejuízos quantificados, valor muito maior que os quantificados por outros tipos de desastres, mesmo sendo apenas o terceiro em número de ocorrências, com 16,6% delas.

Levando-se em conta que o prejuízo total (corrigido pelo índice IGP-M) resultante dos desastres relacionados aos eventos analisados foi estimado em cerca de R\$ 11.436.904.942,60 em um período menor que uma década, pode ser pertinente questionar o volume de investimentos que o estado vem destinando à prevenção de desastres.

Por meio dos documentos (AVADANs e FIDEs), foi possível verificar que os eventos severos de origem hidrometeorológica corresponderam à maior parte dos casos deflagradores de desastres no RS, contribuindo para 75,99% dos registros ocorridos no período de 2011 a 2018.

A análise da frequência e sazonalidade revelou que a enxurrada foi o evento de maior ocorrência quando se tratou de desastres no RS com 596 registros no período de análise, enquanto o vendaval ocupou a segunda posição com 310 casos registrados. Também foi possível observar que o trimestre JFM foi o que concentrou menor ocorrência de todos os eventos analisados, enquanto o trimestre OND, correspondente à primavera, foi o que concentrou maior ocorrência de três deles (granizo, vendaval e alagamento).

O desastre tipificado como “chuva intensa”, obteve mais registros de ocorrência nos trimestres correspondentes às estações de transição (outono e primavera), o que corresponde ao que já se sabe sobre o período preferencial para a formação de CCM na América do Sul - estes costumam ser mais frequentes na primavera, verão e outono. Os SCM, em suas variadas formas, propiciam condições de tempo severas, como tempestades, e contribuem fortemente para a precipitação na região.

A região de Passo Fundo concentrou a maior quantidade dos desastres relacionados aos eventos de granizo, vendaval e enxurrada. A região de Porto Alegre concentrou a maior parte dos casos de desastres relacionados a inundação e alagamento. A região de Ijuí registrou a maioria dos eventos relacionados a chuva intensa.

De maneira geral, a região norte do RS parece ser mais afetada pelos eventos severos de origem hidrometeorológica analisados, mas é interessante notar que a região de Uruguiana – que costuma ser uma das menos afetadas pela maioria dos eventos - se destacou nos casos relacionados a inundação, ficando atrás apenas da região de Porto Alegre.

Um dos desastres de maior destaque entre os analisados foi de uma inundação no município de Uruguiana registrada em 23/12/2015, no qual o prejuízo total superou 200 milhões. O FIDE relata que o desastre ocorreu devido a elevado nível pluviométrico na região da nascente do rio Uruguai e as imagens de satélite revelaram vários sistemas atmosféricos atuando na região durante alguns dias. De fato, vários dos registros de desastres de inundação para o período de oito anos analisado aconteceram neste município (7 casos) e isso ocorre porque Uruguiana está inserida na bacia hidrográfica do Rio Uruguai, que sofre constantemente com problemas do tipo.

Este trabalho procurou contribuir no entendimento de desastres ocorridos no RS por meio de registros oficiais que propiciaram o levantamento das localidades atingidas, do número de ocorrências e dos prejuízos resultantes de eventos relacionados a tempestades e elevados índices pluviométricos – que são comuns no estado do RS devido à sua localização geográfica e causam prejuízos e transtornos ao Poder Público e à população em geral.

Após levantamento dos dados, a contabilização dos prejuízos dos desastres se mostrou complexa, pois há muitos documentos AVADAN e FIDE que possuem erros, os quais parecem ser mais frequentes quanto mais antigo o ano do registro. Foram necessárias uma reunião e algumas conversas telefônicas com membros da Defesa Civil do RS para compreender qual deveria ser a metodologia correta e como proceder em casos onde claramente havia necessidade de correção a fim de tornar os valores mais condizentes com a realidade. É importante ressaltar que nem todos os formulários foram reconhecidos ou tiveram seus valores verificados pela Defesa Civil,

logo, são interessantes de modo a servir apenas como estimativa para custos e registro dos eventos.

Apesar de não ter sido possível verificar uma correlação entre frequência e prejuízos com as mudanças climáticas globais, sendo necessário analisar um período maior para chegar a resultados um pouco mais conclusivos neste aspecto, sabe-se que um planeta mais quente possui uma dinâmica que tende ao aumento da frequência e do potencial destrutivo dos eventos meteorológicos severos. Logo, uma possível intensificação das ameaças e das vulnerabilidades das sociedades modernas certamente teriam como fator preponderante a insustentabilidade da relação humana com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDOULAEV, S.; STAROSTIN, A.; CASARIN, D. P. Sistemas de mesoescala de precipitações no Rio Grande do Sul. Parte 1: Descrição Geral. In: IX CONGRESSO BASILEIRO DE METEOROLOGIA, SBMET. **Anais...** Campos do Jordão. v. 2, 1996, p. 936-940.
- ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; KLEIN TANK, A. M. G.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F.; TAGIPOUR, A.; RUPA KUMAR, K.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCENT, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAI, P.; RUSTICUCCI, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, 2006.
- ALVES, M.; CAMPOS, C. R. J.; NEDEL, A. S. **Eventos severos que afetaram o Rio Grande do Sul em 2009**. Anuário do Instituto de Geociências UFRJ, 2016, p. 98-107.
- ANABOR, V. Análise descritiva dos sistemas convectivos de escala Meso- α através das imagens de satélite GOES-8. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004, 78 p.
- ANDRADE, K. M.; CAVALCANTI, I.F. **Climatologia dos Sistemas Frontais e padrões de comportamento para o verão na América do Sul**. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.
- AQUINO, F. E. **Conexão climática entre o modo anular do Hemisfério Sul com a Península Antártica e o Sul do Brasil**. Tese de Doutorado, no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012. 121 p.
- AUGUSTINE, J. A.; HOWARD, K. W. Mesoscale Convective Complexes over the United States during 1986 and 1987. **Monthly Weather Review**, v. 119, 1991, p.1575-1589.
- BARBOSA, Z.N.T.; OLIVEIRA, N.W.; ALVES, R.P. **Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos Estudo de Caso: Angra dos Reis-RJ**. Proceeding of Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. Bookman Editora; 2009.
- BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre,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**. Resumos expandidos, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000, p. 67-81.

CAMPOS, C. R. J.; LIMA, E. C. S.; PINTO, L.B. **Complexo Convectivo de Mesoescala observado em 27/11/2002 no Nordeste da Argentina**. Anuário do Instituto de Geociências da Universidade do Rio de Janeiro, 2008.

CAMPOS, C. J.; EICHHOLZ, C. W. Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**. Vol.29, no.2, 2011.

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

CAVALCANTI, I. F. A. Estudo sobre interações entre circulações locais e circulações de grande escala. **Dissertação de Mestrado**. São Paulo, INPE, 1982.

CAVALCANTI, I. F. A. **Tempo e Clima no Brasil**. Oficina de Textos; 2016.

CEPED UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Florianópolis, 2013.

CEPED UFSC. **Capacitação Básica em Defesa Civil**. Ed. 3, Florianópolis, 2013, 122 p.

CEPED UFSC. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil 1995-2014**. Florianópolis, 2016.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas, uma introdução à geografia física**. Ed. 7, 2012.

COTTON, W. R.; LIN, M. S.; MCANELLY, R. L. e TREMBACK, C. J. A composite model of Mesoscale Convective Complexes. **American Meteorological Society**. Vol. 117, p. 765-782. 1989.

CUSTODIO, M. A. M.; HERDIES, D. L. O jato de baixos níveis a leste da Cordilheira dos Andes – um estudo de caso. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, **Anais...2**, 1994, p. 617-619.

DAMETTO, G.S.; DA ROCHA, R.P. **Características climáticas dos Sistemas Frontais na cidade de São Paulo**, 2006.

DEBORTOLI, N.S.; CAMARINHA, P.I.M; MARENGO, J.A. **An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change**. **Natural hazards**, v. 86, n. 2, p. 557-582, 2017.

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**, 1998, p. 251-271.

DUQUIA, C. G.; SILVA DIAS, M. A. F. Complexo Convectivo de Mesoescala: um estudo de caso para o oeste do Rio Grande do Sul. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO E METEOROLOGIA, SBMET, **Anais...**, 2, 1994, p. 610-612.

DURKEE, J. D.; MOTE, T. L. A climatology of warm-season mesoscale convective in subtropical South America. **International Journal of Climatology**. Vol 30. 2009.

DURKEE, J. D.; MOTE, T. L. e SHEPHERD, J. M. The contribution of mesoscale convective complexes to rainfall across subtropical South America. **Journal of Climate**, v. 22, 2009, p. 4590-4605.

EIRD/ONU. Secretaria da Estratégia Internacional para Redução de Desastres/Organização das Nações Unidas. **Glossário da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres**.

ERNST, M.F. Anomalias de temperatura no Sul do Brasil nos 4 anos mais quentes dos últimos 100 anos. **Trabalho de Conclusão de Curso**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

FIGUEROA, S. N.; SATYAMURTY, P. e SILVA DIAS, P. L. Simulations of the Summer Circulation over the South American Region with an Eta Coordinate Model. **Journal of the Atmospheric Sciences**. Vol. 52, N. 10, 1995, p. 1573-1584.

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

FURTADO, J.; OLIVEIRA, M.D.; DANTAS, M.C.; SOUZA, P.P; PANCERI, R. Capacitação básica em defesa civil. **Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre desastres**. 2º Edição, p. 30, 2013.

GANDU, A. W.; GEISLER, J. E. A Primitive Equations Model Study of the Effect of Topography on the Sumer Circulation over Tropical South America. **Journal of the Atmospheric Sciences**. V. 48, n. 16, 1991, p. 1822-1836.

GRIMM, A.M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño e La Niña events. **Journal of Climate**, 2000.

GRIMM, A. M. Clima da Região Sul do Brasil. IN: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. e DIAS, M. A. F. S. (orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

GUEDES, R. L. Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo, 1985.

HANSEN, J.; RUEDY, R; SATO, M. Global surface temperature change. **Rev Geophys** 48(4), 2010.

HOUZE JR., R. A. Mesoscale convective systems. **Reviews of Geophysics**, 2004, 43 p.

IPCC. **SREX**: full report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, 2012.

IPCC. **Climate change 2013**: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013.

IPCC. **Report 2019 refinement to the 2016 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**, 2019.

JUSTI DA SILVA, M.G.A.; SILVA DIAS, M.A.F. A frequência de fenômenos meteorológicos na América do Sul: Uma climatologia. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2002.

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

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRODER, P.H.; GRANDO, A.; REGINATTO, G.M.P. **Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais**. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, v. 1, p. 834-846, 2004.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un Estudio de los Climas de la Tierra**. Fondo de Cultura Económica. México, 1948, 478 p.

LAING, A. G.; FRITSCH, J. M. The global population of mesoscale convective complexes. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. V. 123, 1997, p.389-405.

LAING, A. G.; FRITSCH, J. M. The large-scale environments of the global populations of mesoscale convective complexes. **Monthly Weather Review**. V 128, 2000, p, 2756-2776.

LIMA, K. B.; AQUINO, F. E.; MORAES, F. D. S. Impactos gerados por dois Complexos Convectivos de Mesoescala de diferentes extensões no Sul do Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 2018, p. 186-205.

INPE/CPTEC. Instituto Nacional de Pesquisas Especiais/Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Divisão de Satélites Ambientais** – Banco de Dados.

MACHADO, L. A.T.; GUEDES, R. L.; SILVEIRA, J. M. B.; WALTZ, R.C.; ALVES, M. A. S. Ciclo de vida de sistemas convectivos. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, **Anais...** 2, 1994, p. 323-326.

MACHADO, L. A. T.; ROSSOW, W.B.; GUEDES, R. L.; WALKER, A. W. Life Cycle Variations of Mesoscale Convective Systems over the Americas. **Monthly Weather Review**. Vol 126, 1998, p 1630-1654.

MADDOX, R. A. **Mesoscale Convective Complexes**. Bulletin of the American Meteorological Society. Vol 61, Nº 11, 1980, p. 1374-1387.

MADDOX, R. A. Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. **Monthly Weather Review**, v. 111, 1983, p. 1475-1493.

MARCELINO, E.V.; NUNES, L.H; KOBIYAMA, M. **BANCO DE DADOS DE DESASTRES NATURAIS: ANÁLISE DE DADOS GLOBAIS E REGIONAIS**. Caminhos de Geografia, v. 7, n. 19, 2006.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T. e SOARES, W. R. Jatos de baixos níveis ao longo dos Andes. IN: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J. e DIAS, M.A.F.S (orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 169-180.

MARENGO, J.A.; SOARES, W.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the low level jet east of the Andes as derived from the NCEP/NCAR reanalysis. **Journal of Climate**, v. 17, 2004, p. 2261-2280.

MENDONÇA, F. e DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORAES, F. D. S. Precipitação e desastres associados ao Complexo Convectivo de Mesoescala que atingiu o Rio Grande do Sul em 22 e 23 de abril de 2011. **Trabalho de conclusão de curso**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014, 84 p.

MORAES, F. D. S. Ambiente atmosférico favorável ao desenvolvimento de Complexos Convectivos de Mesoescala no Sul do Brasil. **Dissertação de Mestrado**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016, 119 p.

MORAES, F. D. S.; AQUINO, F. E.; MOTE, T. L.; DURKEE, J. D.; MATTINGLY, K. S. Atmospheric characteristics favorable for the development of mesoscale convective complexes in Southern Brazil. **Climate Research**, 2020, p. 43-58.

NERY, J. T. Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 1, n. 1, 2005, 75 p.

NETO, S. L. R. Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações. **Tese de Doutorado**. São Paulo: USP, 2000, 231 p.

NIMER, E. **Clima do Brasil - Região Sul**. Rio e Janeiro: IBGE/SERGRAF, 1977, p35-79.

NIMER, E. Climatologia na Região Sul do Brasil: Introdução à climatologia dinâmica. Subsídios à geografia regional do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, 1971.

ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. **Bulletin American Meteorological Society**. Vol. 56, nº5, 1975, p. 527-530.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth system sciences**. V.11, 2007, p. 1633-1644.

PETTERSEN, S. **Weather Analysis and Forecasting**. Second Edition. Second Edition. V.I, McGraw-Hill, New York, 1956.

QUADROS, C.J.L. Variações morfológicas e volumétricas associadas à incidência de Sistemas Frontais em duas praias arenosas do litoral paranaense. **Dissertação de Mestrado**, no Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002, 57p.

RIBEIRO, M.J. **Sociologia dos desastres**. Repositório do Instituto Universitário de Lisboa. 1995.

RECKZIEGEL, B.W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007.

ROCHA, R. P. Simulação numérica de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre a América do Sul. **Dissertação de Mestrado** do Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 1992, 93 p.

S2iD. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/>>.

SANCHES, F.; VERDUM, R.; FISCH, G.; GASS, S. L.; ROCHA, V. M. Extreme Rainfall Events in the Southwest of Rio Grande do Sul (Brazil) and Its Association with the Sandization Process. **American Journal of Climate Change**, 2019, p.441.

SATYAMURTY, P.; DE MATTOS, L.F. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. **Monthly Weather Review**, v. 117, n.6, 1989, p. 1355-1364.

SCHOSSLER, V.; AQUINO, F. E.; REIS, P. A.; SIMÕES, J. C. Antarctic atmospheric circulation anomalies and explosive cyclogenesis in the spring of 2016. **Theoretical and Applied Climatology**, 2020.

SCOLAR, J.; FIGUEIREDO, J. C. Análise das condições sinóticas associadas à formação de Complexos Convectivos de Mesoescala. VI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, SBMET. **Anais...** v.2, 1990, p. 457-461.

SEDEC/MI. Portaria n. 117, de 7 de março de 2012. Anexo VIII – DOU de 09/03/2012 – Seção I. p. 30. 2012.

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

SELUCHI, M.E.; MARENGO, J.A. Tropical-midlatitude Exchange of Air Masses During Summer and Winter in south America: Climatic Aspects and Examples of Intense Events. **Int. J. Climatol.**, v.20, p.1167-1190, 2000.

SIQUEIRA, J. R. Variabilidade interdiurna da convecção na América do Sul: A propagação meridional da convecção. **Tese de Doutorado**. São Paulo: INPE, 2004.

STRAHLER, A. N.; STRAHLER, A. H. **Geografia Física**. Ômega, 1989, 710 p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. São Paulo: Nobel,1980, 374 p.

TURCATO, K. Identificação dos eventos meteorológicos desencadeadores do desastre na Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí, em novembro de 2009. **Trabalho de conclusão de curso**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010, 72 p.

TURNER, J.; MARSHALL, G.J. **Climate Change in the Polar Regions**. Cambridge, Cambridge University Press.433 P. 2011.

UCCELLINI, L. W. **The role of upper tropospheric jet streaks and lee-side cyclogenesis in the development of low level jets in the great plains**. Mon. Wea. Rev. 1980.

VALENCIO, N. **Desastres, ordem social e planejamento em defesa civil: o contexto brasileiro**. Saúde e Sociedade, v. 19, p. 748-762, 2010.

VASQUEZ, T. **Weather Analysis and Forecasting**. Weather Graphics Technologies, Texas, 2011, 244 p.

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 92 (D8), 1987, p. 9591-9613.

VIANA, D. R. Avaliação da precipitação e desastres naturais associados a complexos convectivos de mesoescala no Rio Grande do Sul entre outubro e dezembro de 2003. **Trabalho de conclusão de curso**, no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006, 135 p.

VIANA, D. R.; AQUINO, F. E.; BURGOBRAGA, R.; FERREIRA, N. J. Mesoscale convective complexes in Rio Grande do Sul between October and December of 2003 and associated precipitation. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2009, p. 276-291.

VILA, D. A. Sistemas convectivos precipitantes de mesoescala sobre Sudamerica: Ciclos de vida y circulación en gran escala asociada. **Tese de doutorado**. Buenos Aires, 132 p. 2004.

WMO. **World Meteorological Organization**. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en>> Acesso em: 05/03/2019.