

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
***CAMPUS CERRO LARGO***  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**MATEUS THEISEN PINHEIRO**

**CLIMATOLOGIA DE DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO DAS MISSÕES DO  
RIO GRANDE DO SUL:  
VENDAVAL E GRANIZO**

**CERRO LARGO**

**2021**

**MATEUS THEISEN PINHEIRO**

**CLIMATOLOGIA DE DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO DAS MISSÕES DO  
RIO GRANDE DO SUL:  
VENDAVAL E GRANIZO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Anderson Spohr Nedel

**CERRO LARGO**

**2021**

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Pinheiro, Mateus Theisen

CLIMATOLOGIA DE DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO DAS  
MISSÕES DO RIO GRANDE DO SUL: VENDAVAL E GRANIZO /  
Mateus Theisen Pinheiro. -- 2021.  
59 f.:il.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Anderson Spohr Nedel

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro  
Largo, RS, 2021.

1. Fenômenos Climáticos. 2. Defesa Civil. 3.  
Situação de Emergência. 4. Região das Missões.  
I. Nedel, Anderson Spohr, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III.  
Climatologia de Desastres Naturais na Região  
das Missões do Rio Grande Do Sul: Vendaval e  
Granizo.

**MATEUS THEISEN PINHEIRO**

**CLIMATOLOGIA DE DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO DAS MISSÕES DO  
RIO GRANDE DO SUL:  
VENDAVAL E GRANIZO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 11/05/2021

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof.º Dr. Anderson Spohr Nedel  
Orientador



---

Prof.º Dr. Márcio Antônio Vendruscolo  
Avaliador



---

Prof.º Dr. Mário Sérgio Wolski  
Avaliador

## AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha é vencida sozinha. No decorrer desta luta algumas pessoas fizeram-se presentes ao meu lado e percorreram este caminho como verdadeiros soldados, incentivando que eu buscasse a minha vitória e conquistasse meu sonho.

Aos meus pais José Valdir Pinheiro e Janice Maria Theisen e irmãos Aníbal Fabino Pinheiro e Alexandre Theisen Pinheiro, por todo o apoio, pela ajuda e por todo suporte que me forneceram durante toda essa minha caminhada, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização e conclusão da graduação.

Aos docentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul campus Cerro Largo/RS, que compartilharam os seus conhecimentos, nos provocando a todo tempo, a termos uma reflexão crítica.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Ao meu orientador professor Anderson Spohr Nedel, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e por todo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções, incentivos e sugestões.

Aos colegas de graduação, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando e que com o passar do tempo viraram grandes amigos: Aleff Rocha, Elaine Munchen, Geremias Weisheit, Jéder Freitag, Letícia Slodkowski, Maurício Bica e Ricardo Manfro que vivenciaram e vibraram juntamente comigo, a cada etapa vencida, nesta fase de graduação e aos demais colegas, que de uma ou outra forma se fizeram presentes nesses cinco anos de graduação.

Aos meus amigos Rafael Clauss, Jéder Freitag e Jean Turra pelos praticamente cinco anos de convivência na mesma residência, pelo apoio que sempre forneceram e sempre estavam dispostos a ajudar, sem medir esforços para tal.

Aos amigos de Santo Cristo, aos quais sem nominar, sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que estive ausente para me dedicar a graduação e a este trabalho.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, parte essencial no meu processo de formação acadêmico/profissional, pela dedicação e infraestrutura fornecida, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha vida pessoal e acadêmica, que sempre quiseram meu bem e estavam apoiando.

**MUITO OBRIGADO!!!**

## RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a distribuição espacial e a frequência temporal de desastres naturais por granizo e vendaval em 26 municípios da região das missões do estado do Rio Grande do Sul no período de 2009 a 2020. Os procedimentos metodológicos constituíram-se na obtenção, junto à base de dados da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul, da quantidade, data e tipos de ocorrência de eventos de granizo e vendaval (bem como, dos danos causados por eles), através de decretos de Situação de Emergência (SE) dos municípios. Os dados foram tratados e organizados em planilha Excel, e analisados quanto à frequência de ocorrência, período e quantidade de população afetada. Os resultados mostraram que os municípios que apresentaram as maiores ocorrências de granizo e vendaval, somando-se os dois tipos de eventos, foram Porto Xavier (7 eventos) seguido de São Borja (6 eventos) e a estação com maior frequência de ocorrência foi a primavera seguida pelo inverno, e o mês com mais episódios foi novembro (12 eventos). Mostrou-se também que esses eventos adversos de tempo não têm uma relação clara com eventos ENOS, ou seja, os mesmos não ocorrem somente em anos com a presença dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña. Houve ocorrências (também) de intensos episódios em anos neutros, sem a presença de tais fenômenos.

Palavras-chave: Fenômenos Climáticos. Defesa Civil. Situação de Emergência.

## **ABSTRACT**

The present work has the objective of evaluating the spatial distribution and the frequency time of natural disasters due to hail and gale in 26 municipalities in the region of the missions of the state of Rio Grande do Sul in the period from 2009 to 2020. The methodological procedures were constituted obtaining, from the database of the State Coordination of Civil Protection and Defense of Rio Grande do Sul, the quantity, date and types of occurrence of hail and windstorm events (as well as the damage caused by them), through decrees Emergency Situation (SE) of the municipalities. The data were treated and organized in an Excel spreadsheet, and analyzed as to the frequency of occurrence, period and amount of affected population. The results showed that the municipalities that presented the highest occurrences of hail and gale, adding the two types of events, were Porto Xavier (7 events) followed by São Borja (6 events) and the station with the highest frequency of occurrence was spring followed by winter, and the month with the most episodes was November (12 events). It was also shown that these adverse weather events do not have a clear relationship with ENOS events, that is, they do not occur only in years with the presence of the climatic phenomena El Niño and La Niña. There were (also) occurrences of intense episodes in neutral years, without the presence of such phenomena.

**Keywords:** Climatic Phenomena. Civil defense. Emergency situation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 OBJETIVOS .....	10
1.1.1 Objetivo geral.....	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1.1 Definição.....	11
2.1.2 Classificação.....	12
2.1.3 Causas naturais e agravantes antrópicos .....	15
2.2 CARACTERÍSTICAS DOS DESASTRES NATURAIS .....	17
2.2.1 Magnitude .....	17
2.2.2 Evolução .....	17
2.2.3 Irregularidade.....	18
2.3 TEMPO E CLIMA .....	18
2.3.1 Dinâmica atmosférica e condições de tempo.....	19
2.3.1.1 Fatores Climáticos .....	20
2.3.1.2 Elementos Climáticos .....	21
2.3.1.3 Chuva.....	22
2.3.1.4 Fenômenos El Niño e La Niña .....	26
2.3.1.5 Granizo .....	27
2.3.1.6 Vendaval.....	28
<b>3 PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS .....</b>	<b>32</b>
3.1 ZONEAMENTO .....	32
3.2 SISTEMA DE ALERTA .....	33
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	37



4.2 MATERIAIS .....	38
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
5.1 GRANIZO .....	42
5.2 VENDAVAL .....	46
5.3 DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS.....	49
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra é um grande sistema dinâmico e está em contínua modificação ao longo dos anos, devido à ocorrência de eventos naturais tais como abalos sísmicos, desabamentos, furacões, inundações, incêndios, ciclones, eventos de granizo, vendaval, entre outros. Alguns desses fenômenos têm origem na dinâmica interna da Terra, como a movimentação de placas tectônicas, as quais geram atividades vulcânicas, terremotos e/ou tsunamis. Outros podem ter origem externa e tem como principal causa a dinâmica atmosférica, como furacões, tempestades, vendavais, granizos, secas, inundações, estiagem, escorregamentos de terra. (AMARAL; GUTJAHR, 2016).

Geralmente, os desastres naturais são caracterizados (determinados) com base na relação entre o homem e ambiente a natureza. Além disso, quando medidas para reduzir o impacto dos desastres não são tomadas, há tendência de aumentar a intensidade, o grau e a frequência do impacto na população. Grande parte da história humana foi afetada por desastres naturais, especialmente os desastres naturais de grandes danos, em 2007, no mundo tem-se o registro de 414 desastres naturais com grandes danos, 16.847 mortes, 211 milhões de pessoas afetadas (direta ou indiretamente) e prejuízos superior a US\$ 75 bilhões. (EM-DAT).

Durante os últimos anos, várias partes do mundo vêm enfrentando alterações em suas características climáticas, tanto no hemisfério norte, quanto no hemisfério sul. A ocorrência de desastres naturais no Brasil tem exigido permanente atenção dos órgãos de defesa civil. Eventos extremos, como tempestades de granizo, vendavais e secas, têm castigado o país e o mundo, e ocasionado danos à sociedade, afetando milhares de pessoas, sendo o Brasil o país do continente americano com o maior número de pessoas afetadas. Comparando os dados de números de perda de vidas humanas, registrados pelo *Emergency Disasters Data Base* (2006) e a série temporal da população brasileira, Kobiyama *et al.* (2004) mencionam que no Brasil os casos de mortes ocasionadas pelos desastres naturais vêm reduzindo, apesar do aumento da população. (BBC BRASIL, 2003).

## 1.1 OBJETIVOS

A realização desse estudo tem a finalidade de analisar a distribuição de eventos de granizo e vendaval, causadores de desastres naturais na região das missões do Rio Grande do Sul (RS), caracterizando as cidades mais atingidas, a frequência de ocorrência e os períodos mais favoráveis desses acontecimentos.

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar os eventos de vendavais e granizo ocorridos na região das Missões no estado do Rio Grande do Sul entre 2009 e 2020.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- i) Analisar a frequência de ocorrência de vendavais e granizo nos municípios da região.
- ii) Quantificar os decretos de Situação de Emergência dos municípios por granizo e vendavais nos municípios das missões.
- iii) Investigar o período de ocorrências de tais eventos na região.
- iv) Investigar a ocorrência e a intensidade desses episódios e sua relação com a presença dos fenômenos ENOS (El Niño/La Niña).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas últimas décadas, o número de desastres naturais registrados em todo o mundo aumentou muito. Isso se deve principalmente ao crescimento populacional, à desordem ocupacional e ao intenso processo de urbanização e industrialização. Os principais fatores que levam a tais desastres em áreas urbanas incluem impermeabilização do solo, adensamento de edifícios, poluição do ar e a conservação de calor. Nas áreas rurais, podemos citar a compactação do solo por animais de médio e grande porte, assoreamento de rios, queimadas e desmatamento para abrir áreas de cultivo (KOBİYAMA *et al.*, 2004).

Conforme Kobiyama *et al.* (2004), devido à má gestão das bacias hidrográficas, especialmente a falta de planejamento urbano, esses desastres que afetam as atividades humanas vêm se intensificando. Além disso, o aquecimento global aumentou também a frequência e intensidade de eventos extremos, como tempestades, granizo e outras adversidades climáticas, o que levou a um aumento na incidência de desastres naturais.

Vanacker *et al.* (2003) mostraram que em países em desenvolvimento, o perigo à população ocasionado pelos desastres naturais está aumentando. O aumento populacional e o desenvolvimento econômico forçam cada vez mais a população, em especial a de baixa renda, a migrar para as áreas de risco, as quais são menos adequadas para a prática da agricultura e para o adensamento populacional.

Desta maneira, exigem-se medidas mitigativas e preventivas, que envolvam diversos setores da sociedade (pública e privada) visando um melhor planejamento, ou seja, redução máxima possível dos danos e prejuízos causados pelos desastres naturais, principalmente para evitar que se tenham vítimas fatais.

### 2.1.1 Definição

Desastre é definido como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (CASTRO, 1998). Os desastres são geralmente repentinos e imprevisíveis, e sua gravidade e severidade são suficientes para causar diversos

danos e perdas, até vítimas fatais (Kobiyama, M. *et al.*, 2004). Diante disso, exigem medidas preventivas e de recuperação.

Inundações, deslizamentos de terra, secas, vendavais, granizo, entre outros eventos, são fenômenos da natureza que são fortemente afetados por características regionais, como cobertura de solo, topografia e tipo de vegetação. Quando esses eventos extremos ocorrem em lugares onde vivem humanos, causando danos, bem como prejuízos socioeconômicos considera-se a ocorrência de um desastre natural. Eventos meteorológicos quando acontecem e não causam danos materiais e humanos são chamados de Eventos Naturais (que sempre ocorreram e sempre irão ocorrer).

Desastres naturais estão relacionados diretamente à vulnerabilidade e ao risco de um lugar (local). Quanto maior a vulnerabilidade da população, maior o desastre. A ocorrência do evento, combinada com a condição de vulnerabilidade local dará origem a “proporção” do desastre. Poderia se expressar os desastres naturais (DN) como uma somatória dos eventos naturais (EN) e da vulnerabilidade do lugar (V):  $DN = EN + V$ .

### **2.1.2 Classificação**

Em relação à classificação, os desastres podem ser diferenciados entre si quanto à intensidade, a evolução, a origem e a duração.

#### **a) Intensidade**

No Quadro 1, conforme Castro (1999), os dois primeiros níveis, I e II, são desastres facilmente gerenciáveis e de fácil superação por parte do município, não tendo necessidade de recursos vindos do estado ou da união. O nível III significa que a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e/ou federais, neste nível, o município declara Situação de Emergência. O nível IV significa que o desastre não é superável pelo município. Nesta situação, ocorre a decretação do estado de calamidade pública.

Segundo a Secretária Nacional de Defesa Civil (SEDEC), os desastres agudos costumam ser enquadrados como situações de emergência ou mesmo estado de calamidade pública, e os desastres graduais (crônicos), geralmente não justificam o decreto, pois sua

evolução permite que haja uma preparação e que se tenha uma resposta ao desastre, o que pode reduzir os prejuízos e perdas.

Quadro 1 – Classificação dos desastres naturais de acordo com a intensidade

<b>Nível</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Situação</b>
<b>I</b>	Desastre de pequeno porte, onde os impactos causados e os prejuízos são muito baixos. <b>(Prejuízo ≤ 5% PIB municipal)</b>	Facilmente superável com os recursos do município.
<b>II</b>	De médio porte, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, ainda que não sejam vultosos. <b>(5% &lt; Prejuízo ≤ 10% PIB)</b>	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
<b>III</b>	De grande intensidade, com danos graves e prejuízos vultosos. <b>(10 % &lt; Prejuízo ≤ 30% PIB)</b>	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência).
<b>IV</b>	Com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. <b>(Prejuízo &gt; 30% PIB)</b>	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública).

Fonte: Castro, 1999.

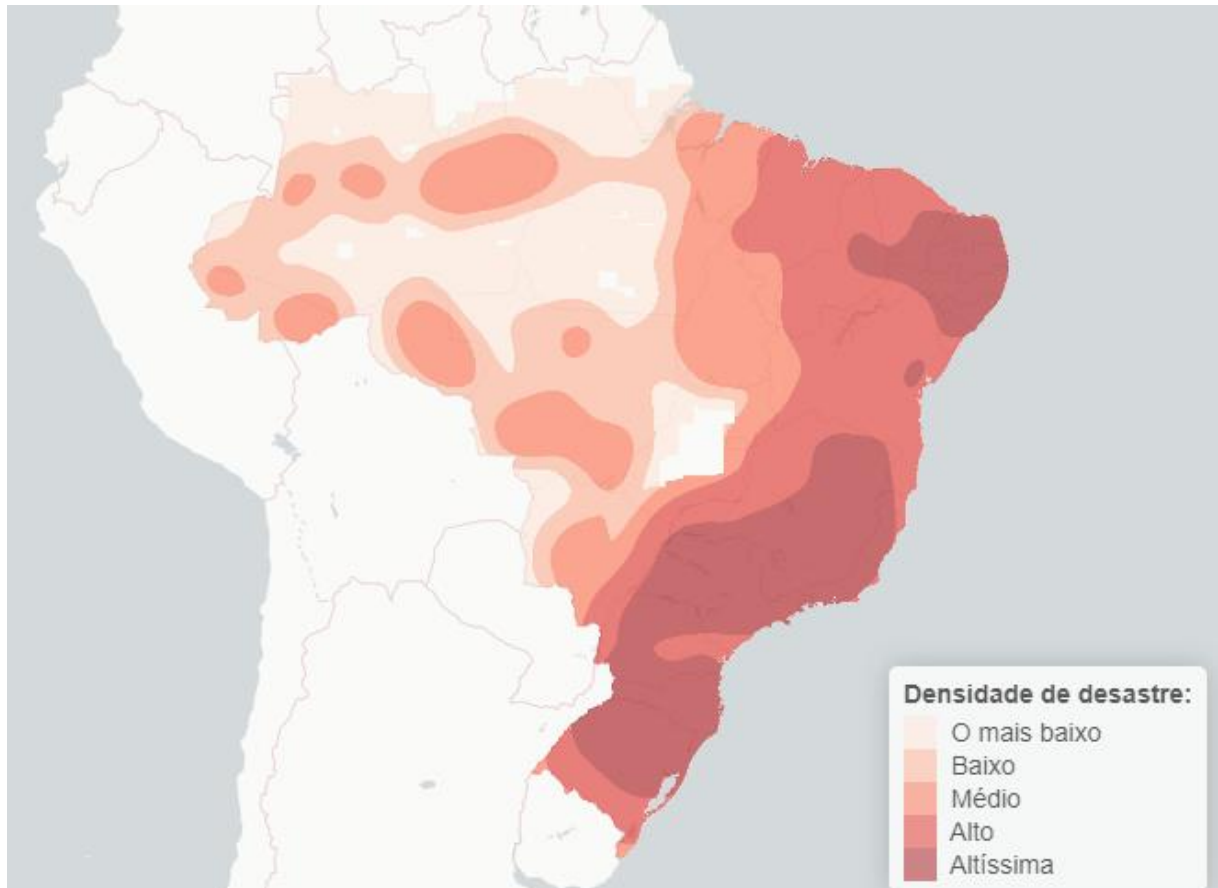
### **b) Evolução**

Existem três tipos de desastres relacionados a evolução. Os desastres súbitos são aqueles que se caracterizam pela rápida velocidade com que o processo evolui. Os graduais caracterizam-se por evoluírem em etapas de agravamento progressivo. E outro tipo é o conjunto de efeitos parciais, que se caracteriza pela ocorrência de numerosos acidentes semelhantes, cujos impactos, quando somados, definem um desastre de grande proporção. (CASTRO, 1999).

Conforme a Figura 1, observa-se uma alta densidade de ocorrência de desastres naturais nas regiões costeiras do Brasil e também uma grande densidade desses eventos no estado do Rio Grande do Sul como um todo e, delimitando ainda mais, existe uma densidade

altíssima (vermelho escuro) na região centro-norte do estado, onde também se encontra a região das missões.

Figura 1 - Mapa de densidade de desastres no Brasil (2000 - 2018)



Fonte: EM-DAT, CRED/UC

Conforme Xavier *et al.* (2014), nos últimos 40 anos os desastres naturais ocasionaram mais de 3,3 milhões de mortes, acumulados principalmente em países subdesenvolvidos (WB & UN, 2010) e a cada ano, cerca de 226 milhões de pessoas são afetadas por esses eventos extremos, sendo 102 milhões por eventos hidrológicos. Segundo a classificação proposta por Kron e Col. (2012) e os dados do relatório sobre desastres do Banco Mundial (WB & UN, 2010), verifica-se que em relação aos tipos de desastres naturais ocorridos entre os anos 1970 e 2010 na América do Sul, predominaram os hidrológicos com 45% (relacionados às chuvas intensas), seguidos dos meteorológicos com 25% (tempestades e ciclones principalmente).

### c) Origem

Nesse critério, existem três caracterizações, os naturais, que são aqueles provocados por fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana. Os humanos, que são aqueles causados pela ação ou omissão humana. E existem ainda os desastres combinados

associados às ações humanas, que contribuem para intensificar e agravar os desastres naturais (CASTRO, 1999).

É extremamente difícil que ocorram apenas desastres naturais. Na realidade, todos os desastres são afetados por atividades humanas de alguma maneira. Portanto, nessa perspectiva, teremos apenas desastres combinados (CASTRO, 1999).

#### **d) Duração**

Os desastres naturais podem ser classificados em dois tipos, inesperados e crônicos. Geralmente os desastres denominados inesperados chamam mais atenção por causa de sua magnitude, com eventos severos de chuva acompanhada de vendavais e granizo. No entanto, desastres crônicos tais como erosão do solo, geram sérios prejuízos ambientais, especialmente em longo prazo. (SIDLE *et al.*, 2004).

Por exemplo, a erosão do solo pode levar ao assoreamento de rios, desertificação e isso pode levar a eventos mais catastróficos, como deslizamentos de terra e inundações. O granizo acompanhado de vendaval pode destruir plantações, provocar a queda de árvores, comprometer a estrutura de telhados, danificar a rede elétrica, derrubar casas com estrutura fragilizada, enfim, pode desencadear uma série de transtornos no local afetado.

Embora a erosão em encosta, vendavais e granizo não representem um perigo aparente por não resultar em um número elevado de mortes, o custo para prevenção, controle e restauração costuma ser muito elevado. (SCHUMM, 1994 e GARES *et al.*, 1994).

Desastres naturais crônicos são frequentemente ignorados por não apresentarem grande magnitude e não resultam em mortes ou grandes danos e quando o evento acontece novamente, não existem medidas que ajudem a evitar ou então minimizar os danos. (FROEHLICH *et al.*, 1990).

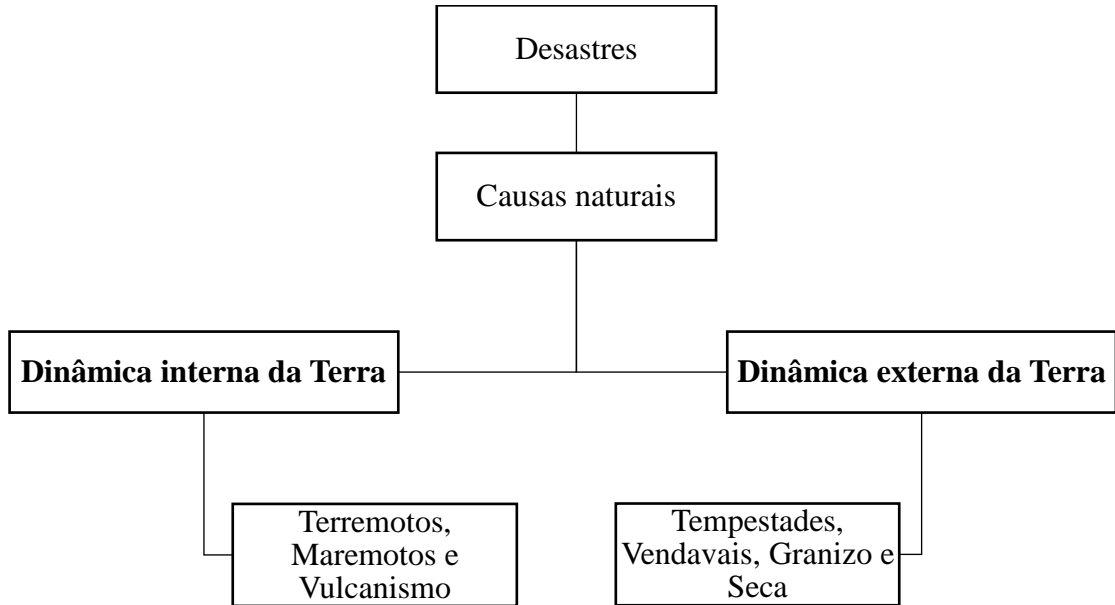
### **2.1.3 Causas naturais e agravantes antrópicos**

Desastres de origem natural podem estar relacionados à dinâmica interna ou externa da Terra, eventos ou fenômenos internos causados pelo movimento das placas tectônicas. Esses eventos ou fenômenos internos produzem reflexos na superfície do planeta (terremotos,



maremotos e atividade vulcânica); ou de origem externa, que são causados pela dinâmica atmosférica (tempestades, tornados, secas, inundações, granizo e vendavais).

Figura 2 - Fluxograma da origem dos desastres naturais



Fonte: Adaptado de Kobiyama, M. *et al.*, 2004.

Os desastres de causas naturais podem ser acentuados pela ação humana inadequada, em outras palavras, por situações causadas pela atividade humana que contribuem para a intensificação (agravação) do evento. No Quadro 2 estão mostrados alguns agravantes e as consequências nos desastres.

Quadro 2 – Principais agravantes antrópicos relacionados com os desastres

<b>Agravantes antrópicos</b>	<b>Desastres</b>
Emissão de gases poluentes (nocivos)	Chuvvas ácidas
Desmatamento e assoreamento dos rios	Inundações
Ocupação desordenada	Escorregamentos
Impermeabilização do solo	Inundações, alteração do balanço de radiação terrestre (local e regional)

Fonte: Adaptado de Kobiyama, M. *et al.*, 2004.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DOS DESASTRES NATURAIS

A ocorrência dos desastres naturais não está somente ligada à suscetibilidade dos mesmos devido às características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema social sob impacto. Em relação aos desastres naturais, que ocorrem com maior frequência, existe uma resposta mais rápida por parte da sociedade, pois existe uma melhor preparação para esse tipo de evento. No entanto, quando ocorre um desastre de maior magnitude, associado ao despreparo e desinformação da população, os danos e as perdas serão enormes e podem afetar centenas e milhares de pessoas. Isso prova a importância da pesquisa contínua e da preparação para grandes eventos.

### 2.2.1 Magnitude

Uma análise dos desastres naturais associados a chuvas e ventos fortes no Japão, mostram uma projeção de prejuízos à população associados diretamente a área de impacto do evento: quanto maior a área de impacto do desastre, maior é a quantidade dos prejuízos (TAKAHASHI, 1975).

Takahashi (1975) também investigou a relação entre o número de casas totalmente destruídas e a frequência de desastres. Observou que embora a ocorrência de desastres que causam pequenas perdas seja alta, as perdas totais causadas pela totalidade de tais desastres são pequenas em comparação com desastres que causam grandes perdas. Desastres que causam grandes danos raramente acontecem, no entanto, esta situação muda muito as estatísticas relacionadas aos desastres e muda a história da área afetada.

### 2.2.2 Evolução

Existem dois aspectos diferentes que podem ser observados nos eventos relacionados a desastres naturais. Um deles é a repetitividade, em outras palavras, os desastres podem ocorrer várias vezes em um mesmo lugar. Por exemplo, se não houver mudança nas condições climáticas e de relevo, inundações e deslizamentos podem ocorrer várias vezes em um mesmo

local. Outro aspecto é que certos tipos de desastres podem mudar ao longo do tempo em um mesmo local, devido à intervenção humana e as condições geológicas ambientais, que geralmente mudam, como por exemplo, o uso do solo. Isso pode promover ou reduzir a possibilidade de um tipo de desastre e até mesmo levar a outro tipo de desastre.

### **2.2.3 Irregularidade**

Os desastres naturais que ocorrem todos os anos são muito irregulares. Existe maior irregularidades na ocorrência em eventos de terremotos, furacões, vendavais e granizo. Conforme Kobiyama *et al.* (2004), foram analisando os dados disponíveis do EM-DAT: The OFDA/CRED *International Disaster Database*, sobre todos os tipos de desastres no período de 1900 a 2004 e foram filtrados os desastres naturais que causaram mais de 10 mil mortes no mundo durante sua ocorrência. Com a aplicação de filtros, pode-se perceber que os desastres de grande magnitude ocorreram de forma esporádica. Sendo assim, podemos afirmar que a ocorrência de desastres naturais severos é bem irregular.

## **2.3 TEMPO E CLIMA**

O tempo se refere ao breve estado da atmosfera em um determinado local. Isto é, o tempo inclui mudanças de curto prazo na atmosfera, que podem variar a cada minuto, hora ou dia. Algumas variáveis meteorológicas definem as condições do tempo, como temperatura, vento, umidade, precipitação, pressão atmosférica, entre outras.

O tempo é definido como as condições atmosféricas em um determinado momento e lugar, sendo assim, o tempo está sujeito a diversas variações e pode ser completamente diferente se analisado em algum momento posterior. (VIANELLO e ALVES, 2000). Os principais elementos do tempo são vento, umidade, chuva e temperatura. Por exemplo, pela parte da manhã pode estar uma temperatura mais baixa (frio) e no período da tarde pode estar com uma temperatura mais elevada (quente), ocasionando então uma mudança de temperatura em um curto espaço de tempo. Essas mudanças não se limitam apenas à temperatura, mas podem acontecer também com relação à umidade do ar, à ocorrência ou não de precipitação, entre outros fatores.

O clima é caracterizado por tipos de tempo que se repetem, considerando um longo período de anos, para um local específico. É um somatório de vários estados de tempo em um grande período (30 anos), ou condições que se repetem neste longo período. Suas características baseiam-se na análise de uma grande quantidade de dados registrados em estações meteorológicas, durante longos períodos (VIANELLO e ALVES, 2000). De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), é recomendado que pelo menos 30 anos de uma série de dados para determinar as características climáticas de uma região (local). Os elementos climáticos que influenciam no clima são, principalmente radiação, pressão atmosférica, temperatura e umidade (mesmas condições de tempo), porém clima é caracterizado também por condições atmosféricas do local como altitude, latitude, massas de ar, correntes marítimas, maritimidade, continentalidade, entre outras condições. Como o clima é caracterizado por tipos de tempo que se repetem ao longo de vários anos, podemos usar como exemplo as estações do ano, pois quando analisados um grande período de anos, é possível verificar a repetibilidade de eventos e condições atmosféricas, que definem as estações do ano.

Portanto, pode-se afirmar que a maioria dos desastres naturais são causados pela dinâmica externa da Terra, que é impulsionada pelos processos atmosféricos. Desta forma, entender a estrutura atmosféricas de nossa região é fundamental para entender o processo que origina os desastres naturais. Para compreender a associação entre os fenômenos atmosféricos e desastres naturais, é preciso conhecer as condições de tempo, como os ciclones, anticiclones, sistemas frontais e as áreas de instabilidades regionais e locais.

### **2.3.1 Dinâmica atmosférica e condições de tempo**

O clima de uma determinada área pode ser compreendido a partir de seus fatores e elementos climáticos. Os fatores climáticos são condições que definem os elementos climáticos. Eles explicam o motivo de uma região ser quente e úmida e outra ser fria e seca, por exemplo. Os principais fatores climáticos são latitude, altitude, maritimidade e continentalidade, massas de ar, vegetação, correntes marítimas e até o relevo. Os elementos climáticos são as grandezas atmosféricas que podem ser mensuradas, são os elementos atmosféricos que variam no tempo e no espaço e que são necessários para a definição do clima da região. Os principais elementos climáticos são radiação, temperatura, pressão e umidade.

### 2.3.1.1 Fatores Climáticos

- a. **Latitude:** é a distância em graus de qualquer ponto da Terra em relação à linha do equador. Variam em 180°, sendo contadas a partir da Linha do Equador, que é a latitude 0°, responsável por dividir o planeta nos hemisférios Norte (Boreal ou Setentrional) e Sul (Austral ou Meridional).
- b. **Altitude:** é a distância vertical em metros de qualquer ponto da Terra em relação ao nível do mar. Assim, em regiões mais altas, a pressão atmosfera tende a ser menor e a temperatura costuma ser inferior devido à baixa irradiação.
- c. **Maritimidade ou Continentalidade:** são termos que caracterizam, respectivamente, a proximidade de um local do mar ou a sua localização em uma região continental, interferindo diretamente no clima. Isso ocorre pois o solo costuma aquecer ou resfriar mais rapidamente do que a água, o que ocasiona uma maior amplitude térmica (diferença entre a maior e menor temperatura) ao longo do ano em regiões continentais e o inverso em regiões litorâneas.
- d. **Massas de ar:** em função das diferenças de pressão atmosférica, temos a movimentação do ar. Quando esse movimento ocorre em blocos de ar com semelhante temperatura e umidade, formam-se as massas de ar, que transferem suas características para o clima dos locais por onde passam. Massas de ar frio e úmido, são responsáveis por diminuir as temperaturas e aumentarem a umidade, por exemplo. O encontro entre duas massas diferentes forma as frentes de ar.
- e. **Vegetação:** interfere no clima de diversas formas. As principais delas são a retenção ou absorção dos raios solares, minimizando os seus efeitos sobre a superfície e a elevação da umidade por meio da evapotranspiração, que ajuda a baixar as temperaturas e elevar os índices de pluviosidade.
- f. **Correntes marítimas:** apresentam condições específicas de temperatura, influenciando diretamente o clima. Em regiões em que o mar é mais quente, por exemplo, a evaporação aumenta e eleva a umidade, que se dispersa para outras regiões. Quando as correntes são mais frias, a umidade local diminui e a pressão atmosférica e a umidade passam a ser menores.
- g. **Relevo:** também influencia o clima quando as regiões mais altas impedem a movimentação de massas de ar, fazendo com que algumas regiões se tornem mais secas e até desérticas.

### 2.3.1.2 Elementos Climáticos

- a. Radiação solar: é um fenômeno físico presente na natureza caracterizado pela emissão e propagação de energia por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas em movimento acelerado. É o calor recebido pela atmosfera, a maior parte com origem no Sol, mas que também recebe a influência dos seres vivos e dos elementos naturais e artificiais que refletem o calor já existente. A radiação solar manifesta-se em diferentes intensidades ao longo do planeta, o que contribui para a formação das chamadas zonas térmicas ou zonas climáticas da Terra.
- b. Temperatura do ar: é uma grandeza física que mede a energia cinética média de cada grau de liberdade de cada uma das partículas de um sistema em equilíbrio térmico. É a determinação da temperatura na atmosfera, podendo ser medida em graus celsius (°C) ou em outras unidades de medida, como fahrenheit (°F) e o kelvin (K).
- c. Pressão atmosférica: é a força peso exercida, por unidade de área, por uma coluna de ar atmosférico acima de nós. A pressão atmosférica pode ser dada em diversas unidades, sendo as mais comuns a atmosfera (atm) e pascal (pa).
- d. Umidade do ar: é a quantidade de água em sua forma gasosa presente na atmosfera.

Os sistemas atmosféricos são constituídos por frentes e massas de ar. As massas de ar têm sua origem em regiões mais homogêneas (com temperaturas e umidade semelhantes) e possuem um deslocamento constante, quando as massas se deslocam, levam junto as características climáticas da região de onde se originou.

Na medida em que vai avançando perde parte de suas características originais e as frentes correspondem ao choque de duas massas de ar com características distintas, como por exemplo o choque de uma massa de ar quente e uma massa de ar fria, o que pode ocasionar chuvas.

A circulação geral da atmosfera é originada pela distribuição desigual de energia sobre a superfície da Terra (e água). Primeiro a energia acumulada nos polos se move, em superfície, para os trópicos, e, em nível mais elevado, há tendência de deslocamento para os polos. Essa movimentação, associada a força aparente da terra, chamada de Coriolis, força um giro de movimento desse transporte à esquerda no Hemisfério Sul (HS) e à direita no Hemisfério Norte (HN). Tal consideração, forma três células de circulação em cada hemisfério: células de Hadley (entre 0 e 30°); célula de Ferrel (entre 30° e 60°) e célula Polar (entre 60° e 90°).

As células de altas e baixas pressões causadas pela divergência e convergência do ar em superfície são interrompidas, em razão da diferença de aquecimento (radiação solar) entre continente e oceanos, criando centros de baixas e altas pressões. Como os continentes tem maior capacidade térmica que a água (aquecem mais rapidamente que as águas e esfriam-se mais rapidamente), os centros de pressão atmosférica alternam suas posições ao longo do ano (em função das estações de inverno e verão), com maior ou menor influência no continente e oceano.

Os sistemas atmosféricos que causam desastres naturais são os mais diversos. O mais frequente é a influência do sistema frontal (ou também chamado de “frente”), que é definido pelo encontro de duas massas de ar com características diferentes (opostas), uma quente e outra fria, como representado pela figura 3.

Essas áreas instáveis produzem muita chuva, além de vendavais, granizos e, até tornados. Estes sistemas podem ocorrer o ano inteiro, mas é entre o inverno e a primavera que a sua atividade é mais frequente e intensa (MONTEIRO, 2001).

Figura 3 - Representação do sistema frontal



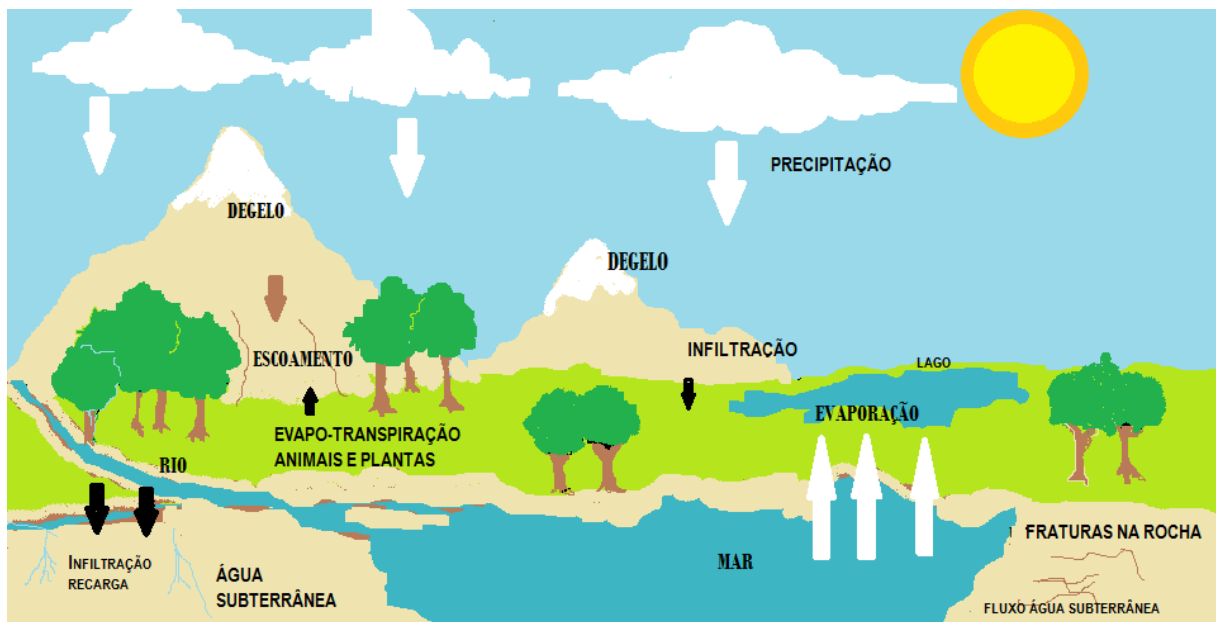
Fonte: Kobiyama, M. *et al.*, 2004.

### 2.3.1.3 Chuva

A chuva (ou precipitação) é um fenômeno meteorológico natural em que a água, que passa do estado gasoso para o líquido (liquefação) na atmosfera, atinge a superfície terrestre. A chuva faz parte de um dos ciclos mais importantes para a vida no planeta: o ciclo da água.

A energia que conduz o ciclo hidrológico tem origem no Sol, que inicia provocando a evaporação da água presente nos rios, lagos, oceanos, entre outros. O vapor d'água vai sendo acumulado no ar, que ao subir vai expandindo-se pela diminuição da pressão atmosférica. A expansão causa o resfriamento do ar e esse vai perdendo a capacidade de conter umidade em forma de vapor d'água, começando então o processo de retorno ao estado líquido sob a forma de gotículas de água (Figura 4). (Silveira, 2004).

Figura 4 - Representação do ciclo hidrológico



Fonte: Observatório Histórico Geográfico, 2016.

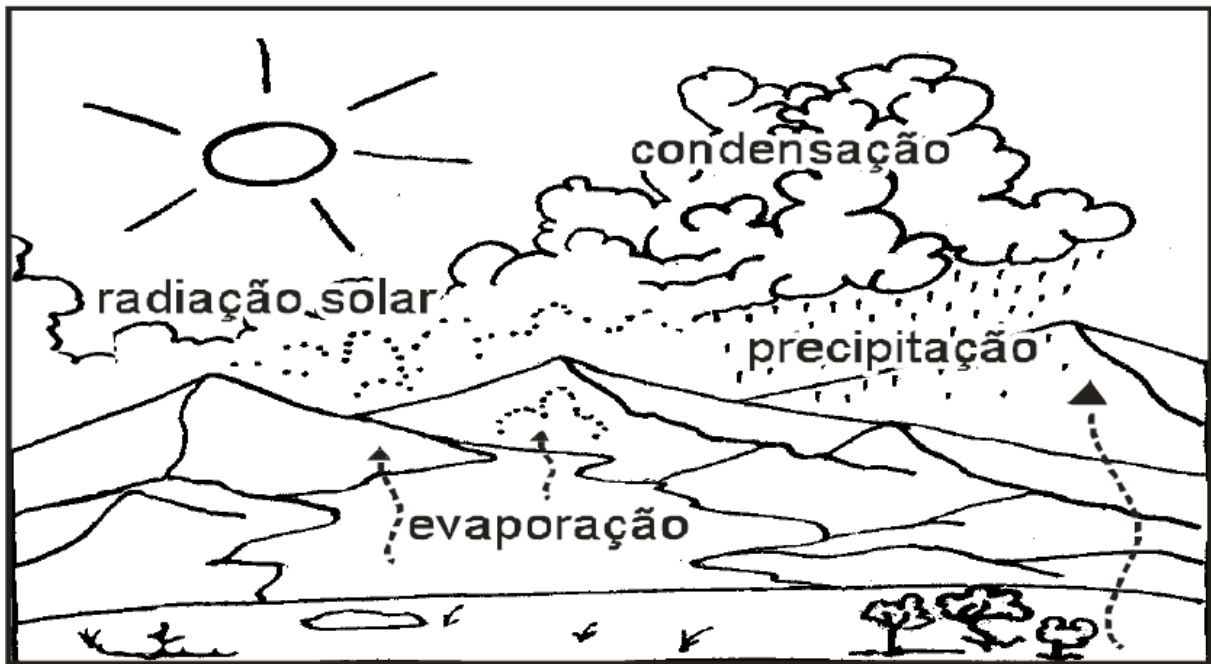
Existem diferentes tipos de chuvas e processos que provocam chuvas, variando de acordo com o local, formas de relevo e variáveis meteorológicas. De acordo com a forma como o ar se eleva na atmosfera, a precipitação pode ser dividida em três tipos principais (AYOADE, 1998).

#### a) Chuvas convectivas

Está diretamente associada à instabilidade convectiva, assim, o movimento vertical do ar é causado pelo processo de aquecimento (localizado) da superfície terrestre, que faz com que a coluna de ar suba (acima da troposfera), sature, condense e precipite. Esse processo leva à formação de nuvens *cumulunimbus*, que apresentam alto desenvolvimento vertical. Normalmente, essas chuvas são intensas e de curta duração, são mais frequentes no verão e no período da tarde (“conhecidas como chuvas de verão”).



Figura 5 - Esquema da formação da Chuva conectiva

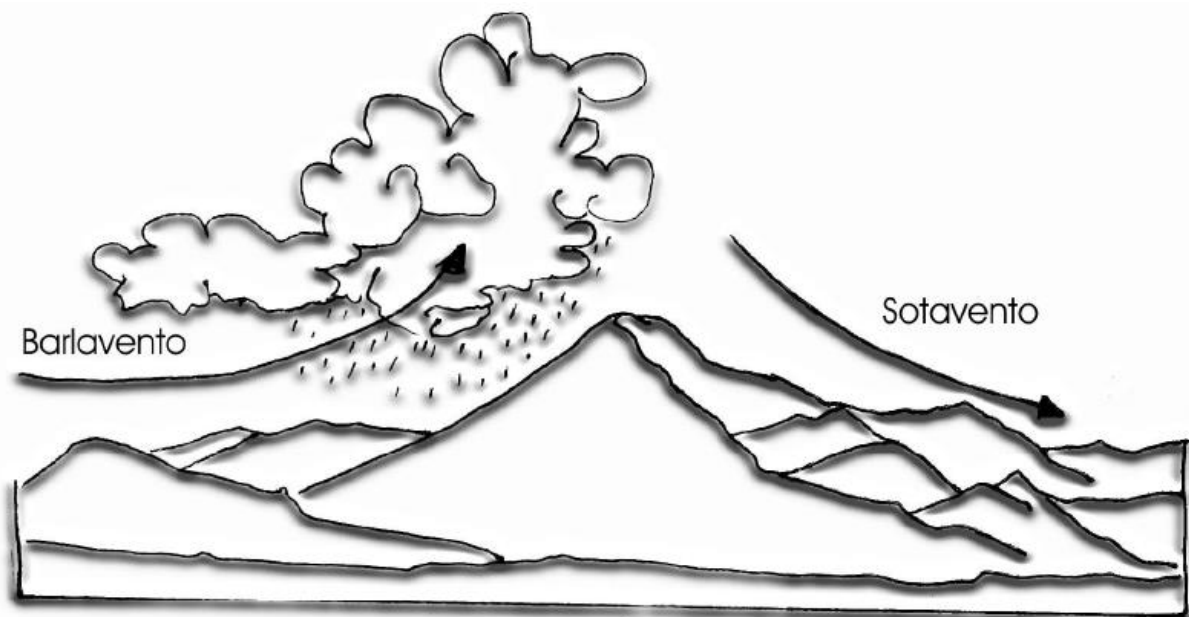


Fonte: Kobiyama, M. *et al.*, 2004.

#### b) Chuvas orográficas

Ocorre quando o ar quente (e úmido) é forçado a subir na atmosfera (devido à influência do relevo), quando essa massa de ar encontra uma barreira natural com elevada altitude. A elevação do ar úmido, ganhando altitude, dá início a um processo de convecção forçada. As massas de ar quando ganham altitude, acabam saturando, se expandindo, condensando, formando as nuvens e posteriormente - caso as gotas atinjam um tamanho suficiente para romper as correntes de ar ascendentes, precipitando. Geralmente essa precipitação ocorre do lado em que a massa de ar se “chocou” contra o relevo (a barlavento das montanhas).

Figura 6 – Esquema da formação da Chuva orográfica



Fonte: Kobiyama, M. *et al.*, 2004.

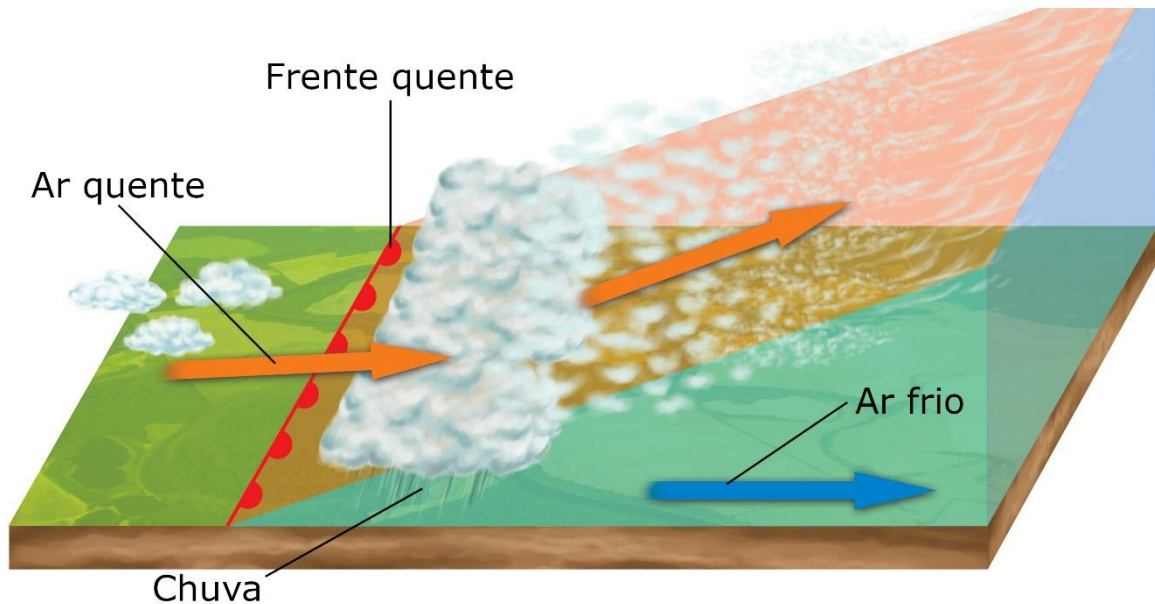
### c) Chuva frontal

São precipitações originadas a partir do encontro de massas de ar fria e seca e de massas de ar quente e úmida, resultantes da circulação associada aos sistemas frontais. As frentes frias podem causar chuvas intensas, podendo ser acompanhadas de granizos, vendavais e tornados. As frentes quentes causam chuva contínua e de menor intensidade.

Na frente fria formam-se as nuvens de chuva, geralmente as nuvens do tipo *Cumulonimbus* que costumam provocar fortes temporais. Quanto maior for a amplitude térmica entre as massas de ar, maior será o choque entre as massas de ar e mais forte tende ser a precipitação. Geralmente, a frente fria provoca chuva generalizada, de forte intensidade, com ventos, raios e possíveis quedas de granizo.

A frente quente ocorre quando uma massa de ar quente avança sobre a massa de ar fria. Assim como a frente fria, a frente quente também provoca chuva, a diferença está no tipo da nuvem que provoca chuva, tendo como principal nuvem a *Nimbostratus*, esse tipo de nuvem tem como grande característica chuva forte e intensa, porém sem raios ou granizo.

Figura 7 - Esquema da formação de chuvas frontais por uma frente quente



Fonte: Stihii / Shutterstock.com

#### 2.3.1.4 Fenômenos El Niño e La Niña

Mudanças que ocorrem na temperatura das águas do oceano (Pacífico Equatorial), associado ao enfraquecimento, ou fortalecimento de ventos próximo à superfície (ventos Alísios<sup>1</sup>) provocam maior ou menor deslocamento (horizontal) de fluxo ascendente e descendente de ar sobre diferentes áreas da região do pacífico equatorial central (célula de Walker) e, alternando assim os padrões de umidade e os regimes de chuva (em regiões tropicais e de latitudes médias). Geralmente, o que se observa são águas superficiais mais quentes (El Niño) ou mais frias (La Niña) na costa Oeste do Oceano Pacífico Equatorial (Leste da América do Sul), o contrário ocorrendo na costa Oeste do Oceano. O fenômeno ocorre de forma irregular, possuindo magnitude e consequências diferentes para as regiões que sofrem a sua influência.

No Brasil, tendem a ocorrer secas no Nordeste e vendavais e granizo no Sul e Sudeste, estes eventos podem estar associados ao fenômeno El Niño. O fenômeno La Niña, que representa resfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico e a intensificação dos ventos alísios. O fenômeno El Niño caracteriza-se pelo enfraquecimento dos ventos alísios e o aumento da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico Equatorial Leste, resultando

<sup>1</sup> São ventos úmidos, que sopram dos trópicos para o equador, provocando chuvas nesta região.

em águas mais quentes próximas à costa oeste da América do Sul. (VOITURIEZ e JACQUES, 2000).

Alguns impactos do La Niña, além do resfriamento das águas do oceano que são considerados grandes reguladores de clima, uma vez que no Rio Grande do Sul são esperados períodos de pouca precipitação e por consequência, a ocorrência de estiagem. E os impactos do El Niño para a região Sul do Brasil são chuvas intensas de maio a julho, além do aumento da temperatura média. O aumento de precipitação no Sul do Brasil está interligado com a intensificação das correntes de ar na atmosfera associada a uma situação de bloqueio na troposfera superior, estacionando os sistemas frontais na região sul do país. (VAREJÃO-SILVA, 2001).

#### 2.3.1.5 Granizo

Granizo é definido como precipitação de gelo, em forma esférica ou irregular, apresentando geralmente um diâmetro a partir de 5 mm. As condições que propiciam a formação de granizo acontecem em nuvens de grande desenvolvimento vertical (do tipo *Cumulonimbus*), que possuem temperaturas muito baixas em seu topo e geralmente estão associadas a raios, chuva intensa e ventos fortes. (GLICKMAN, 2000).

Em função do encontro e combinação de pequenas gotas congeladas, o granizo cresce rapidamente, as gotas congeladas movimentam-se com as correntes ascendentes chocando-se com gotas de água mais frias até alcançarem as dimensões de queda.

Uma vez que ocorra a união das gotas congeladas e essa ganhe peso suficiente, acabará precipitando em forma de pedras de gelo e atingirá o solo. No caso de plantações, que geralmente ocupam grandes áreas o dano é imenso, pois plantações inteiras são destruídas dependendo da quantidade e do tamanho das pedras de gelo. (KULICOV, RUDNEV, 1980; KNIGHT, KNIGHT, 2001). Muitas vezes a precipitação de granizo pode ser intensa e acompanhado por ventos fortes. Existem casos em que as pedras são muito grandes e podem danificar carros, casas ou até machucar pessoas. Deste modo, quando estiver precipitação de granizo, é importante permanecer em algum local seguro, protegido desse fenômeno, de preferência em algum lugar coberto. O quadro 3, apresenta algumas medidas a serem tomadas pela população para eventos de granizo.

Quadro 3 – Medidas a serem seguidas em casos de granizo

Antes	Conhecer os sinais de um temporal em que possa ocorrer a precipitação de granizo (nuvens negras e em forma de torre, alta incidência de relâmpagos e raios); certificar que os integrantes da família saibam o que fazer no momento da tempestade; estar atento às previsões de tempo para a sua localidade; proteger as pessoas e animais do impacto do granizo buscando um abrigo seguro; fechar todas as aberturas da sua casa (janelas e portas); os animais devem estar em local coberto; saber como agir em ocorrências de tornados e vendavais, pois são fenômenos que podem acompanhar a precipitação de granizo.
Durante	Permanecer em lugar com uma cobertura que suporte a precipitação de granizo; se não tiver um local seguro para ficar, deve esconder-se dentro de um automóvel; evitar ficar próximo de árvores ou objetos metálicos, pois o metal pode transmitir descargas elétricas; fechar as janelas e portas; não manusear nenhum equipamento elétrico ou telefones devido aos raios e relâmpagos; procurar algumas informações sobre a tempestade com uso de aparelhos a bateria (rádio).
Depois	Fazer a utilização de veículos somente se necessário, as estradas podem estar com muitos destroços que torna a direção perigosa; verificar se existem vítimas com ferimentos para prestar os primeiros socorros e chamar a emergência; estar atento para ajudar vizinhos que podem requerer assistência especial, como ajudar crianças e idosos com dificuldades.

Fonte: Adaptado de Kobiyama, M. *et al.*, 2004.

### 2.3.1.6 Vendaval

Pode ser caracterizado como um deslocamento intenso de ar na superfície terrestre devido às diferenças no gradiente de pressão atmosférica (variação de pressão do ar de um lugar para o outro), aos movimentos descendentes e ascendentes do ar e a rugosidade do terreno. (VIANELLO *et al.*, 1992). As mudanças de gradiente de pressão correspondem as diferenças entre sistemas de baixa pressão e alta pressão atmosférica. A passagem de sistemas frontais (frentes frias), formação de sistemas convectivos (tempestades de verão), ciclones extratropicais, entre outros, podem ocasionar vendavais.

A velocidade do vento está inversamente relacionada à pressão atmosférica em tais sistemas, de modo que, quanto menor a pressão atmosférica, maior é a velocidade do vento (e conseqüentemente a possibilidade de vendaval), para um evento ser classificado como vendaval, a velocidade do deslocamento de ar deve ser de no mínimo 62 km/h conforme escala anemométrica internacional de Beaufort (tabela 1). Portanto, as diferenças no gradiente de pressão correspondem às variações entre os sistemas de baixa pressão atmosférica (ciclone) e alta pressão atmosférica (anticiclone). Então, quanto maior for essa diferença, maior é o deslocamento de ar. Os movimentos ascendentes e descendentes de ar estão ligados ao deslocamento de ar dentro de nuvens *Cumulonimbus* (principalmente), que são as nuvens responsáveis por tempestades severas e que podem produzir intensas rajadas de ventos e granizo (VIANELLO *et al.*, 1992, VAREJÃO-SILVA, 2001).

Variações bruscas (com duração, de no mínimo, de dez segundos) na velocidade do vento são consideradas como rajadas de vento as quais, normalmente, são acompanhadas por mudanças bruscas na direção. (VAREJÃO-SILVA, 2001). Estas rajadas também podem variar consideravelmente em razão da rugosidade presente no terreno, seja ela natural ou construída como casas, prédios, entre outros. (BRYANT, 1991).

A maior variação da velocidade e direção do vento ocorre em função das estações do ano. Alguns sistemas atmosféricos são mais frequentes e intensos em determinadas épocas. É importante destacar que tal fenômeno não ocorre isoladamente. Junto com os vendavais, em uma condição de atmosfera extremamente instável, costumam ocorrer também outros tipos de eventos (extremos) como chuva intensa, granizo e, até tornado (MARCELINO, 2003).

Tabela 1 - Escala Anemométrica Internacional de Beaufort

(continua)

<b>Escala Beaufort</b>	<b>Categoria</b>	<b>Velocidade do vento (km/h)</b>	<b>Indicações visuais na superfície terrestre</b>
00	Calma	< 1	Folhas de árvores sem movimento. Fumaça sobe verticalmente.
01	Aragem	1 – 5	Desvio da fumaça. Cataventos não são deslocados.
02	Brisa leve	6 – 11	Ventos sentidos no rosto. Folhas de árvores farfalham. Catavento se move.

Fonte: Adaptado de BLESSMANN, 2005.

(conclusão)

<b>Escala Beaufort</b>	<b>Categoria</b>	<b>Velocidade do vento (km/h)</b>	<b>Indicações visuais na superfície terrestre</b>
03	Brisa fraca	12 – 19	Bandeiras levemente agitadas. Folhas e galhos de árvores em movimento.
04	Brisa moderada	20 – 28	Poeira e papéis soltos se elevam. Pequenos ramos são movimentados.
05	Brisa forte	29 – 38	Árvores pequenas e folhagem oscilam. Ondas com cristas em lagos.
06	Vento Fresco	39 – 49	Galhos grandes agitados. Assovio nos fios. Difícil usar guarda-chuvas.
07	Vento forte	50 – 61	Árvores inteiras em movimento. Difícil caminhar contra o vento.
08	Ventania	62 – 74	Galhos de árvores são quebrados. Impossível andar.
09	Ventania forte	75 – 88	Pequenos danos em edificações. Chaminés e telhas são arrancadas.
10	Tempestade	89 – 102	Raro. Árvores são derrubadas. Danos consideráveis em edificações.
11	Tempestade violenta	103 – 117	Raríssimos. Grandes devastações. Derrubada de edificações, placas de sinalização etc.
12-17	Furacão/Tornado	> 118	Estragos graves e generalizados em construções.

Fonte: Adaptado de BLESSMANN, 2005.

Medidas preventivas devem ser difundidas entre as entidades governamentais e não governamentais, assim como, entre as comunidades situadas nas áreas de risco, para que sejam minimizados ou mesmo evitados maiores danos e prejuízos pelos vendavais. O quadro 4 exemplifica algumas medidas a serem tomadas em eventos de vendavais.

Quadro 4 – Medidas a serem tomadas em casos de eventos de vendavais

Antes	Poda de grandes árvores que estejam próximas da sua residência, pois os principais danos e mortes causados pelos vendavais estão associadas a queda de árvores sobre as edificações; utilização de telhas de cerâmica em construções pois são bem mais
-------	--

	<p>resistentes aos ventos do que as telhas de cimento e amianto; verificar se existem materiais que podem se transformar em projéteis durante os vendavais como materiais metálicos (recipientes, telhas, antenas de televisão com má instalação), madeiras; fechar as portas e janelas, evitando assim a entrada de fortes correntes de ar no interior das edificações. Estas correntes de ar, dependendo da pressão exercida, poderão derrubar as paredes da casa ou lançar todo o telhado (efeito explosão); estar atento aos boletins meteorológicos e as notícias locais transmitidas nas emissoras de rádio e televisão; ter um kit em casa com lanterna, pilhas, roupas, medicamentos, comidas não perecíveis e água potável.</p>
Durante	<p>Ficar em cômodos com poucas ou nenhuma janelas e que possuam cobertura de laje de concreto, preferencialmente nos banheiros e corredores; sair somente quando o vento acalmar ou receber o comunicado dos órgãos de defesa civil que o perigo já passou; em lugares abertos manter o corpo junto ao solo, de preferência deitado em alguma depressão do terreno para não ser lançado pela força dos ventos ou atingido por projéteis; não dirigir durante o vendaval, pois você pode ser atingido por árvores, placas, projéteis e postes; se estiver dentro de um carro, pare o mesmo em local aberto e fique dentro até o vendaval passar.</p>
Depois	<p>Verificar se existem vítimas, se houver, deve ser chamado o Corpo de Bombeiros; evite deslocar-se em razão dos postes e linhas elétricas caídas, muito cuidado ao caminhar, pois pode se ferir seriamente em função da grande quantidade de entulhos e objetos pontiagudos no chão; tomar cuidado durante o processo de reconstrução, principalmente quando for arrumar o telhado. É neste momento que ocorre a maior quantidade de acidentes associados aos vendavais.</p>

Fonte: Adaptado de Kobiyama, M. *et al.*, 2004.



### 3 PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

Evitar que fenômenos naturais severos ocorram não está ao alcance da capacidade humana. Porém, através da prevenção, podem-se estabelecer medidas preventivas básicas, que minimizem futuros impactos causados pelos desastres.

No Brasil, também se verificou um aumento no número de ocorrência de desastres registrados e de mortes associadas a eventos de desastres, nas últimas duas décadas (Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 - 2012). Diante da necessidade de se reduzirem os desastres, foi criada a Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012 que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, englobando ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, voltadas à proteção e defesa civil (BRASIL, 2012).

Existem dois tipos de medidas preventivas básicas: as estruturais e as não-estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia. Entretanto, essas obras têm um alto valor agregado e são complexas. As medidas não-estruturais envolvem ações de planejamento e gerenciamento, como sistemas de alerta e zoneamento ambiental (KOBİYAMA *et al.*, 2004). A realização da infraestrutura necessária deve ser orientada por um zoneamento ambiental que leva em consideração a possibilidade de riscos ambientais.

Assim, os principais fatores causadores dos desastres (fatores naturais e/ou fatores antropogênicos) devem (e podem) ser monitorados continuamente e, seus dados devem alimentar modelos de previsão capaz de simular os fenômenos meteorológicos causadores dos eventos em menor espaço de tempo possível.

#### 3.1 ZONEAMENTO

Zoneamento é uma divisão territorial de acordo com as diversas ocupações e finalidades de uma determinada área, com o objetivo de potencializar o seu uso sem comprometer o meio ambiente, melhorando a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. Para a classificação e definição de setores ou zonas e seus respectivos usos, a organização das informações espaciais deve considerar fatores de ordem física, territorial e cultural.

Através da lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 foi instituído o decreto 4.297 de 10 de julho de 2002, onde foram estabelecidos os critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico, que é um instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002). Conforme o decreto, o Zoneamento Ecológico-Econômico, na distribuição espacial das atividades econômicas, levará em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais (BRASIL, 2002).

Assim, zoneamento não é somente uma ferramenta para a prevenção de desastres naturais, mas também para a correção de áreas já atingidas por eles, e, nestes casos, é fundamental conhecer a realidade de cada uma das comunidades atingidas.

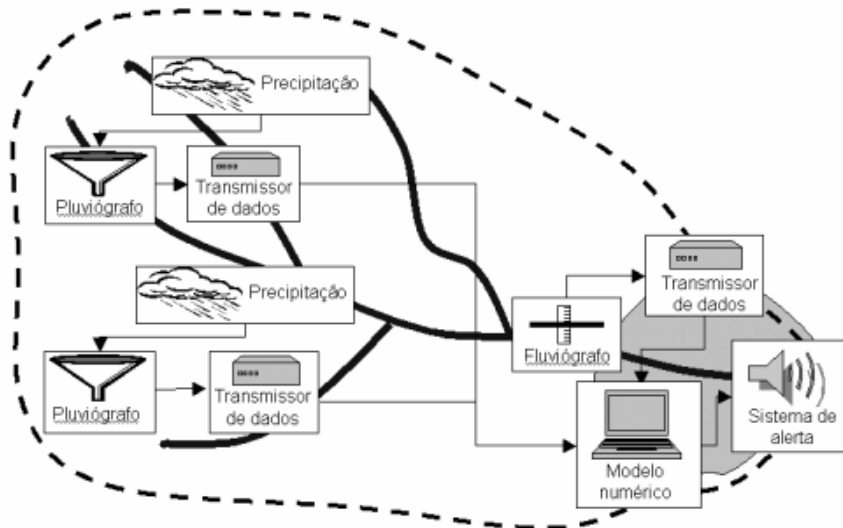
### 3.2 SISTEMA DE ALERTA

Os desastres súbitos são extremamente rápidos e costumam ser eventos que ocupam uma determinada área, sendo uma cidade ou um bairro, isto significa que um sistema de monitoramento em nível regional não terá um bom desempenho contra esse tipo de desastre. Por esta razão, o sistema de monitoramento para os fenômenos súbitos deve ser realizado em escala local (municipal), pois permite uma melhor avaliação dos possíveis danos e a emissão de um alerta para a população.

Os sistemas de alerta são ferramentas de grande importância, pois permitem que a comunidade/localidade seja informada da ocorrência de eventos extremos de tempo antes do evento ocorrer e assim possam minimizar possíveis danos (materiais e humanos). Um sistema de alerta consiste em seis principais componentes: monitoramento, transmissão dos dados, modelagem, simulação, orientação para as instituições responsáveis e alerta para a população localizada nas áreas de risco.

A Figura 8 mostra um esquema de implantação de um sistema de alerta, considerando apenas a quantidade de precipitação em uma área. (Kobiyama *et al.*, 2004).

Figura 8 - Esquemática de implantação de um sistema de alerta



Fonte: Kobiyama, M. *et al.* (2004).

A aquisição de dados em tempo real é cada vez mais importante para criação de um sistema de alerta. O uso de sistema de informação geográfica (SIG) e acesso à internet para obtenção da previsão de chuvas intensas, vendavais e granizo são muito importantes para alimentar o banco de dados (AL-SABHAN *et al.*, 2003). É necessário fazer a associação entre as informações meteorológicas, como chuvas, temperatura e vento, com os mapas representativos da ocorrência de desastres naturais, como vendavais, eventos de granizo, secas, estiagens, enchentes, inundações, entre outros, para estimar eventos futuros e assim minimizar os danos provocados.

O monitoramento de um evento é um processo contínuo de medição e aquisição de dados. Os desastres naturais, em grande parte, são complexos, impossibilitando a análise de todas as suas variáveis. Assim, uma alternativa utilizada para suprir essas necessidades é a modelagem numérica: um processo de geração de prognósticos, através de equações matemáticas. (CHRISTOFOLLETTI, 2002).

A partir da identificação de áreas mais suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, os dados do monitoramento vão alimentar então o modelo, o qual permitirá realizar a simulação de futuros episódios. Estas simulações, por sua vez, fornecem uma magnitude e dimensão e intensidade provável do fenômeno. (KOBİYAMA *et al.*, 2004).

No monitoramento de desastres naturais, essas modelagens permitem obter informações de onde e que tipo de fenômeno irá ocorrer, tornando-se uma ferramenta extremamente importante para o planejamento e emissão de alertas, que poderão avisar e deixar a população mais preparada para ocorrências futuras e mitigação de danos.

O gerenciamento de desastres naturais tem por objetivo prevenir ou minimizar o prejuízo dos desastres naturais (NETO, 2000). Há duas metas nesse processo: uma delas é entender os mecanismos dos fenômenos naturais e a outra é aumentar a resistência da sociedade frente a esses fenômenos. O entendimento dos mecanismos de desastres naturais é normalmente realizado por institutos de pesquisas e universidades, já o aumento de resistência por parte da sociedade é realizado por um conjunto de órgãos governamentais e não-governamentais.

A Política Nacional de Defesa Civil aponta quatro etapas cruciais de um desastre natural: prevenir, preparar, responder e reconstruir. A prevenção e remediação deve ser realizada, antes, durante e depois de algum evento. O conjunto destas etapas é conhecido como o Ciclo de Gerenciamento de Desastres Naturais. (CASTRO, 1999; NETO, 2000).

## 4 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foram utilizadas informações sobre ocorrência de eventos de granizos e vendavais ocorridos no período de 2009 a 2020 na região das Missões do estado do Rio Grande do Sul. Os dados foram obtidos junto à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do estado, a qual é frequentemente notificada pelos municípios atingidos através dos relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN), cuja intensidade pode fazê-los decretar Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP). Tais informações são públicas, de livre acesso e podem ser acessadas através da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul.

A seleção e organização dos dados foi realizada em tabelas, de acordo com o tipo de evento e data de ocorrência em cada município, com a finalidade de analisar a sua frequência e os períodos mais favoráveis à sua recorrência. Também foram verificados os municípios mais afetados durante o período estudado.

Para fins de organização e classificação das ocorrências de granizo e vendaval, o período de início e término de cada estação do ano se baseou nos seguintes meses: Verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro); Outono (Março, Abril e Maio); Inverno (Junho, Julho e Agosto) e Primavera (Setembro, Outubro e Novembro). E a ocorrência dos fenômenos ENOS<sup>2</sup>, segundo o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) foram de 2009 – 2010 e 2015 – 2016 para o El Niño e 2010 – 2011 e 2017 – 2018 para o fenômeno El Niña.

Com a verificação dos municípios com maior frequência de ocorrência de granizo e vendaval torna-se possível destinar uma maior atenção para períodos específicos do ano (épocas) a fim de minimizar os danos futuros causados pelos desastres e, da mesma forma a criação de um sistema de alerta para esses tipos de desastres naturais.

---

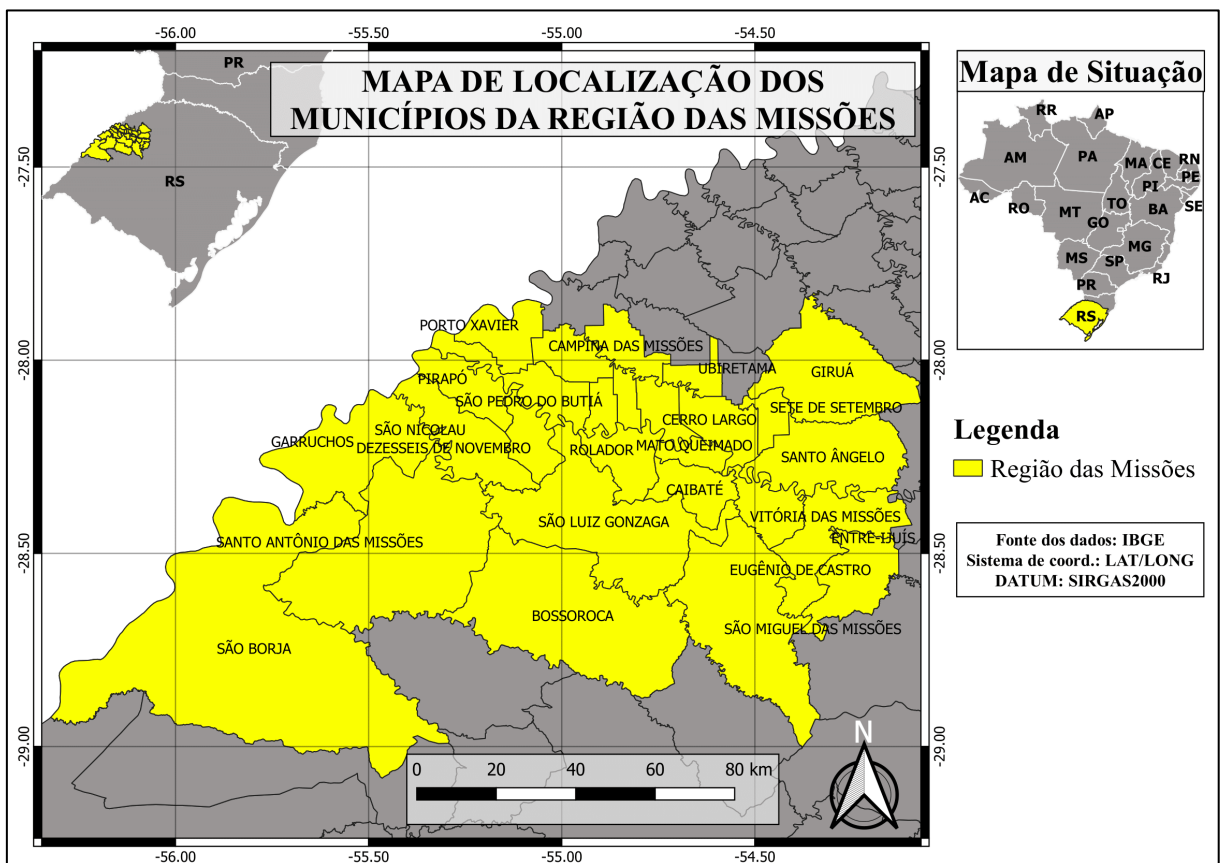
<sup>2</sup> Para o cálculo dos anos de ocorrência do fenômeno ENOS (El Niño – Oscilação Sul) foi utilizada a metodologia apresentada em Trenberth 1997 (The definition of El Niño. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 2771–2777). Para tal cálculo foi considerado o período entre agosto de um ano até julho do ano seguinte. Os dados de TSM são provenientes do conjunto de dados ERSST-v5 (Smith e Reynolds 2003: Extended reconstruction of global sea surface temperatures based on COADS data (1854–1997). Journal of Climate, 16, 1495–1510) As climatologias são obtidas a partir de uma média dos 30 anos anteriores para cada período de 10 anos, por exemplo, a primeira climatologia (1861-1890) é utilizada para o período de 1891 até 1900, enquanto a décima sétima e última climatologia (período de 1981-2010) é utilizada para o período atual (2011- presente). CPTEC.

#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região das Missões fica localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 9) e é composta por 26 municípios (Bossoroca, Caibaté, Cerro Largo, Dezesseis de Novembro, Entre-Ijuís, Eugênio de Castro, Garruchos, Giruá, Guarani das Missões, Mato Queimado, Pirapó, Porto Xavier, Rolador, Roque Gonzales, Salvador das Missões, Santo Ângelo, Santo Antônio das Missões, São Borja, São Luiz Gonzaga, São Miguel das Missões, São Nicolau, São Paulo das Missões, São Pedro do Butiá, Sete de Setembro, Ubiretama e Vitória das Missões) e tem uma população estimada de 295 mil pessoas. (IBGE, 2020).

O clima da região pode ser classificado (segundo Köppen, 1931) como clima quente e temperado úmido, do tipo Cfb, apresentando uma pluviosidade média anual de 1.913mm (Normal Climatológica da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga; INMET, 2021), com chuva em todos os meses do ano. Essa classificação apresenta o mês mais frio com temperaturas entre -3 e 15°C e o mês mais quente com a temperatura média acima de 22°C.

Figura 9 - Mapa de Localização dos Municípios da Região das Missões



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

## 4.2 MATERIAIS

Os materiais utilizados neste trabalho consistem na obtenção das informações na base de dados da Defesa Civil do estado. Os dados foram obtidos de forma online através dos seguintes domínios “<https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>; <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/> e <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>”. Os dados obtidos encontravam-se em planilhas, e, posteriormente, foram organizados e tratados, para identificar os municípios afetados e as épocas de ocorrência de desastres de granizo e vendaval, no período de 2009 a 2020.

A seguir estão apresentados os dados de Reconhecimentos de Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública de cada ano por parte dos municípios e a consequente aprovação por parte da Defesa Civil do Estado.

Tabela 2 - Reconhecimentos de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) realizados entre 01/01/2009 e 31/12/2020

(continua)				
<b>Município</b>	<b>Desastre</b>	<b>SE/ECP</b>	<b>Documento</b>	<b>Data do evento</b>
São Pedro do Butiá	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	10/01/2009
Salvador das Missões	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	10/01/2009
Cerro Largo	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Portaria	19/01/2009
Porto Xavier	Tempestade Local/Convectiva – Granizo	SE	Avadan	07/09/2009
Santo Antônio das Missões	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Decreto	08/10/2009
São Borja	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	22/11/2009
Garruchos	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	29/11/2009
Pirapó	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval	SE	Avadan	30/11/2009
Porto Xavier	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval	SE	Avadan	30/11/2009
Roque Gonzales	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval	SE	Avadan	30/11/2009
São Nicolau	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	30/11/2009
São Paulo das Missões	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	30/11/2009

Fonte: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

(continuação)

<b>Município</b>	<b>Desastre</b>	<b>SE/ECP</b>	<b>Documento</b>	<b>Data do evento</b>
São Luiz Gonzaga	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	01/12/2009
Pirapó	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	06/01/2010
Porto Xavier	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Decreto	06/01/2010
São Borja	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Decreto	13/01/2010
Garruchos	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	26/04/2010
Porto Xavier	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Portaria	17/03/2010
Porto Xavier	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	16/04/2010
Roque Gonzales	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	21/06/2010
São Borja	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	21/06/2010
São Luiz Gonzaga	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	21/06/2010
São Nicolau	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	26/04/2010
São Paulo das Missões	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	26/04/2010
São Paulo das Missões	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	30/11/2010
São Luiz Gonzaga	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	01/12/2010
Garruchos	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	04/12/2010
Cerro Largo	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	12/12/2010
Cerro Largo	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	10/01/2011
São Paulo das Missões	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	23/04/2011
Giruá	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Avadan	09/08/2011
Giruá	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Portaria	21/09/2012
Porto Xavier	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	21/09/2012
São Luiz Gonzaga	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Portaria	21/09/2012
Cerro Largo	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Fide	01/01/2014

Fonte: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil



(conclusão)

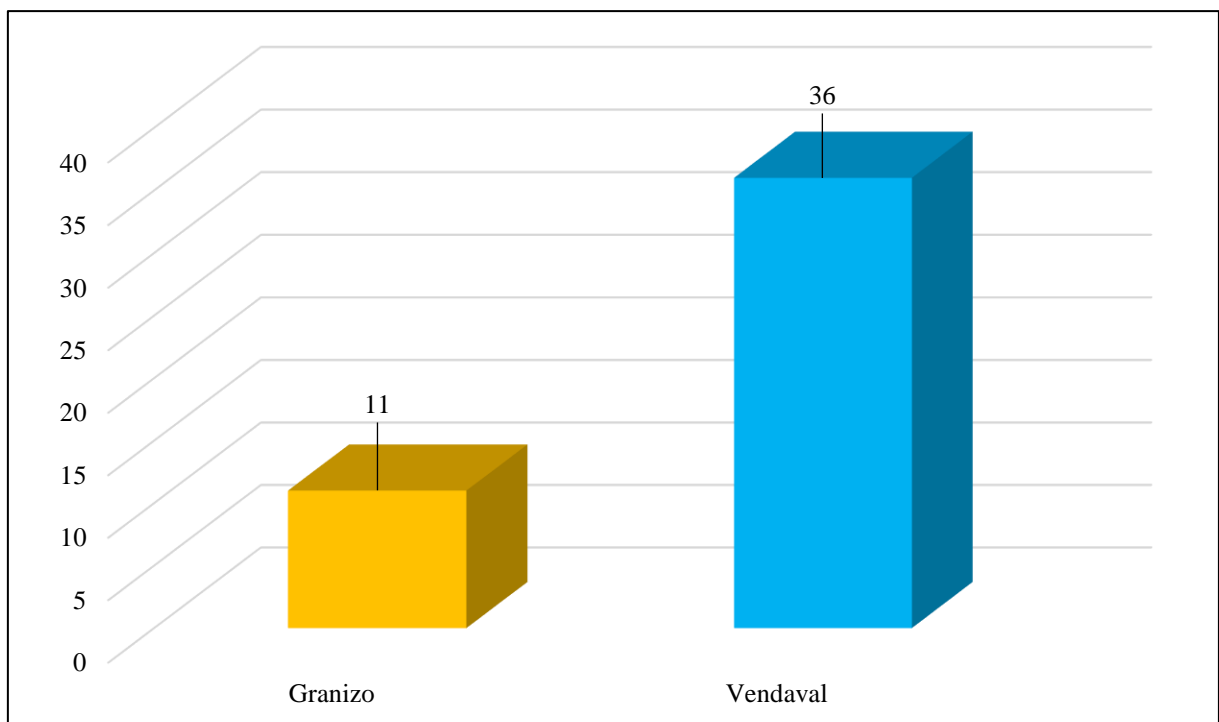
<b>Município</b>	<b>Desastre</b>	<b>SE/ECP</b>	<b>Documento</b>	<b>Data do evento</b>
Santo Ângelo	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Fide	17/10/2014
São Pedro do Butiá	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Fide	18/10/2014
Bossoroca	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Fide	19/10/2014
Cerro Largo	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Fide	01/01/2015
São Borja	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Fide	10/11/2015
São Borja	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Fide	12/11/2015
Roque Gonzales	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Fide	24/10/2016
Santo Ângelo	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Portaria	06/11/2017
São Borja	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	16/11/2017
Porto Xavier	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Portaria	06/07/2018
Giruá	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	SE	Portaria	06/07/2018
Entre-Ijuís	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	SE	Portaria	18/09/2020

Fonte: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentadas as ocorrências dos desastres naturais por granizo e vendaval, nos municípios da região das missões do Rio grande do Sul, entre os anos 2009 e 2020. A figura 10 apresenta a ocorrência total de eventos de granizo e vendaval, totalizaram-se no período, 36 eventos de vendaval e 11 de granizo distribuídos nos 26 municípios da região das missões.

Figura 10 - Número total de eventos de granizo e vendaval entre os anos 2009 a 2020

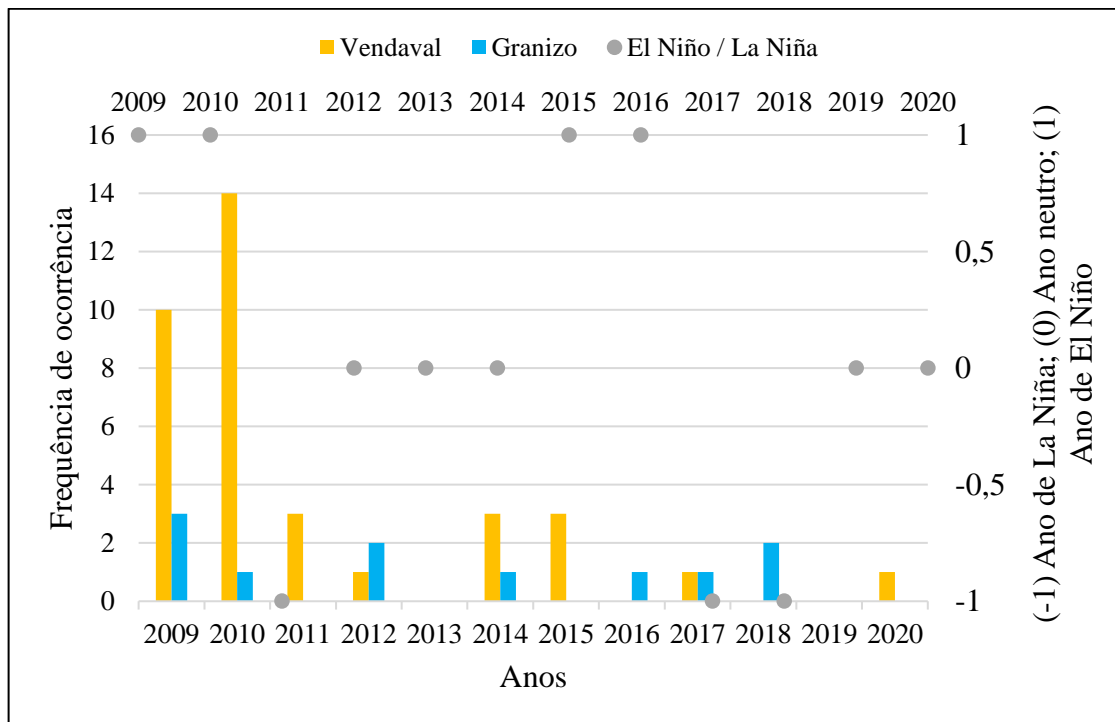


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

De acordo com a figura 11, percebe-se que existe uma elevada frequência de eventos de vendaval entre os anos 2009 e 2010, com 10 e 14 eventos, respectivamente e dois anos (2013 e 2019) onde não houve nenhum registro desses tipos de eventos. No caso dos eventos de granizo, os anos que tiveram mais ocorrências na região, foram os anos de 2009, 2012 e 2018, com 3, 2 e 2 ocorrências, respectivamente.

A respeito do fenômeno ENOS (El Niño – Oscilação Sul), é visto que nos dois anos de elevados eventos de vendaval (2009 e 2010), estava ocorrendo o fenômeno de El Niño, porém teve mais um período de El Niño (2015 e 2016) onde a ocorrência dos eventos de vendaval e granizo foi extremamente baixo.

Figura 11 - Frequência de ocorrência de Granizo e Vendaval nos anos 2009 a 2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

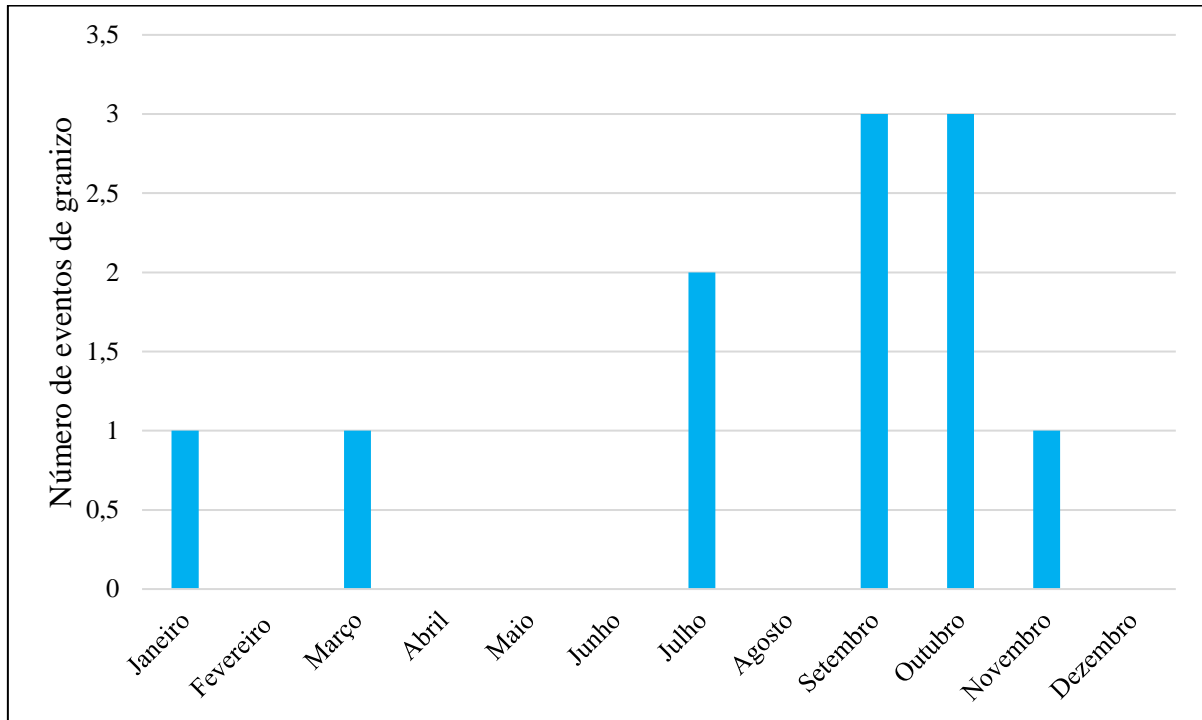
Dentre os eventos ocorridos, os vendavais foram os que ocasionaram (mais danos) o maior número de notificações por parte dos municípios. Segundo a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul (CODEC/RS), foram 36 decretos de situação de emergência por este tipo de desastre, afetando mais da metade de municípios da região (14, dentre os 26), enquanto os eventos de granizo atingiram um número menor de localidades, culminando em 11 notificações de situação de emergência, atingindo 7 municípios, de acordo com os registros da Defesa Civil do Rio Grande do Sul.

## 5.1 GRANIZO

A Figura 12 apresenta a distribuição espacial mensal da ocorrência de granizo, associada ao número de decretos de situação de emergência registrados pelos municípios do RS, durante os onze anos analisados (2009 a 2020). Nela observamos que houve registro de ocorrência de granizo na região das missões em seis meses do ano (janeiro, março, julho, setembro, outubro e novembro) e os dois meses do ano com maior ocorrência foram os meses de setembro e outubro, com um registro total de 6 eventos, 3 eventos em cada mês. Nos outros meses do ano,

fevereiro, abril, maio, junho, agosto e dezembro, não se tem registro de nenhum evento de granizo na região.

Figura 12 – Distribuição mensal das ocorrências de granizo ao longo dos anos



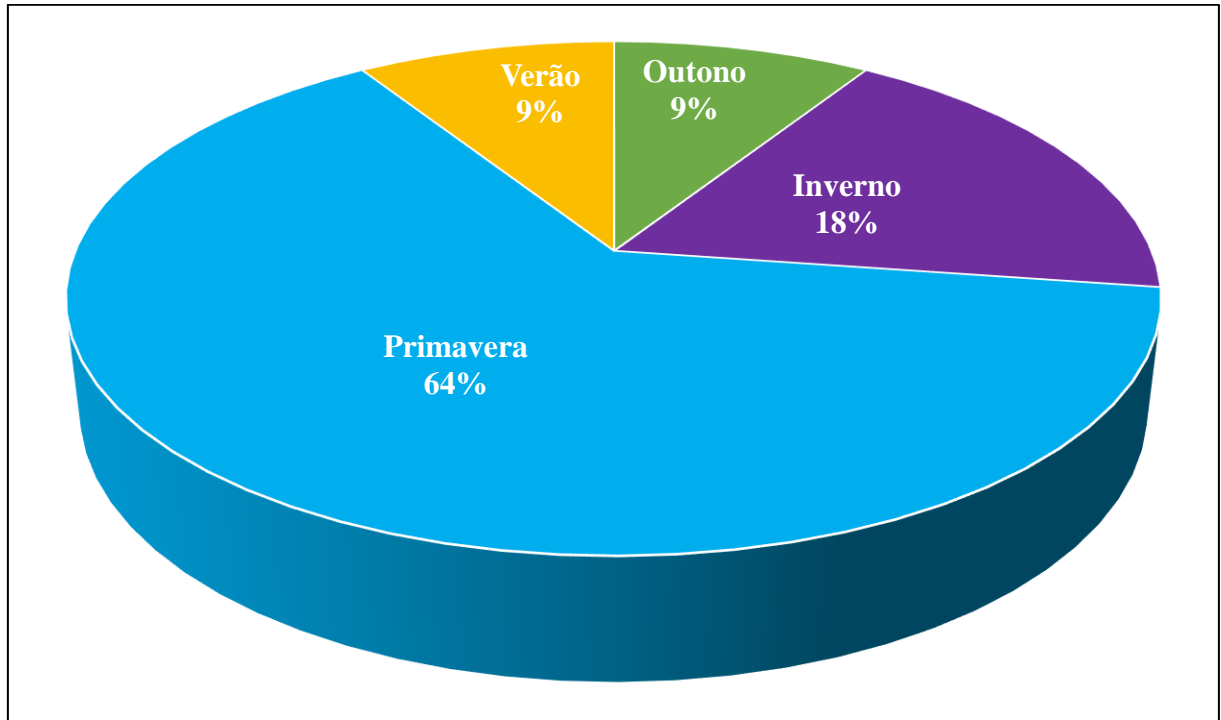
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Na figura 13, percebe-se que a estação com maior incidência de granizo no período de onze anos foi a primavera (64%, 7 registros), seguido do inverno (18%, 2 registros), outono e verão com 1 (9%) registro cada.

Os resultados aqui apresentados referentes a distribuição dos eventos entre as estações do ano com maior frequência de ocorrência no Rio Grande do Sul, comprovam aqueles resultados apresentados por Berlato *et al.* (2000) e Nedel *et al.* (2012), onde foi analisada a ocorrência de granizo no Rio Grande do Sul e mostrou a primavera como sendo a estação preferencial para ocorrência desses eventos.

Conforme Cunha *et al.* (2001) a maior incidência de granizo ocorre entre final do inverno e todo o período de primavera, isso ocorre devido, principalmente, a atuação dos sistemas frontais pelo Rio Grande do Sul e estes mesmos sistemas atuantes na região das missões, mais intensas neste período.

Figura 13 - Distribuição das ocorrências de granizo ao longo das estações do ano



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

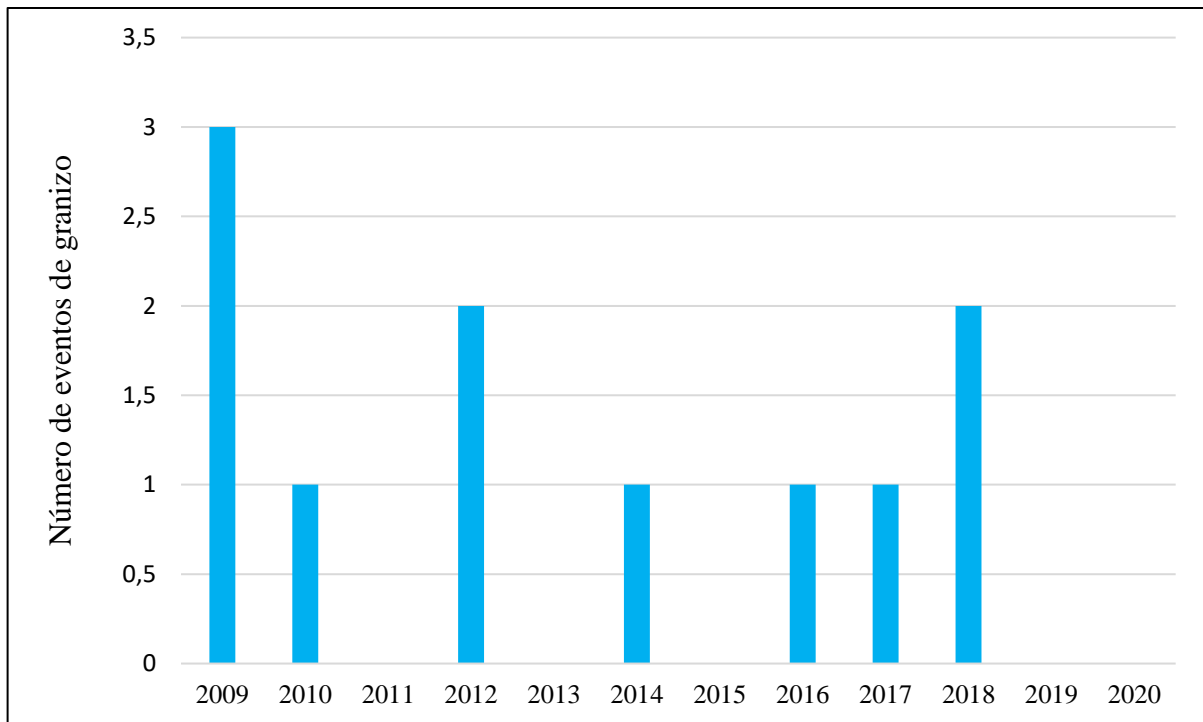
A Figura 14 apresenta a distribuição anual dos eventos de granizos entre 2009 e 2020. Observa-se que os episódios com maior ocorrência de granizo ocorreram no ano de 2009 com três eventos e afetou três municípios da região das missões (Cerro Largo, Porto Xavier e Santo Antônio das Missões). A segunda época de maior frequência destes episódios foram os anos 2012 e 2018, que apresentaram dois eventos cada. De acordo com o CPTEC, 2012 foi um ano neutro, sem a presença do fenômeno climatológico ENOS.

Em 2018 o RS se encontrava sob a influência do fenômeno La Niña. Em 2010, ano de El Niño de forte intensidade, o RS teve por característica apresentar eventos extremos de tempo (precipitações acima da média, episódios de granizo e vendaval intensos, principalmente durante o final do inverno e início da primavera. Nedel *et al.* (2012) comentam que não há uma evidência clara entre a maior ou menor frequência destes e a presença ou não de eventos El Niño ou La Niña ao longo do período observado (1989 a 2009). Ainda segundo Nedel *et al.* (2012), o que parece haver com os eventos de granizo são oscilações nas intensidades e ocorrências desses eventos, com eventos bastante intensos em determinados anos e outros com menor intensidade ou nenhum evento.

Os impactos causados pelos eventos El Niño e La Niña, no Rio Grande do Sul, são amplamente conhecidos e vêm sendo estudados por vários pesquisadores nos últimos anos. A

ocorrência de eventos extremos de precipitação na região Sul do Brasil está relacionada, preferencialmente, a episódios de El Niño, com certas condições particulares e aumenta ou diminui de acordo com as anomalias de circulação atmosférica associada a esses eventos climáticos. (GRIMM, TEDESCHI, 2006).

Figura 14 - Distribuição anual dos eventos de granizos



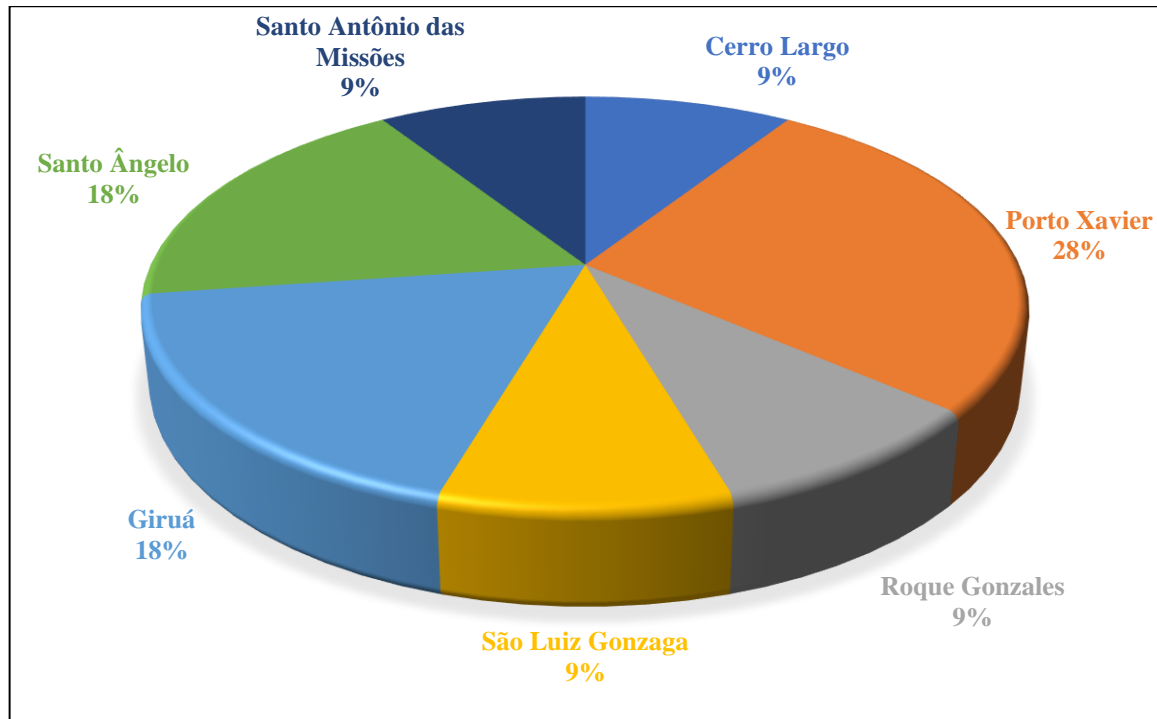
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Conforme comentado anteriormente, granizo é um fenômeno meteorológico que se desenvolve em nuvens de tempestades de grande desenvolvimento vertical do tipo *Cumulonimbus*, compostas por uma, ou por várias células convectivas geradoras de instabilidades. O desenvolvimento das pequenas pedras de gelo (quando as gotículas de água se congelam) ocorre nas partes mais elevadas das nuvens, que possuem temperaturas muito baixas em seu topo e geralmente estão associadas a raios, chuva intensa e ventos fortes. (GLICKMAN, 2000).

Verificando todos os eventos ocorridos entre 2009 e 2020 (Figura 14), pode-se constatar, baseados nos números de eventos de granizo registrados, que não existe uma tendência de aumento (de forma linear) desses eventos ao longo desse período. O que ocorre são eventos de granizo de forma aleatória, variando de intensidade e frequência com eventos que podem ser bastante intensos em determinado ano e, em outros, de menor intensidade.

A distribuição espacial dos eventos de granizo, de acordo com a figura 15, ficou da seguinte forma: Porto Xavier com 28% dos eventos registrados, Santo Ângelo e Giruá com 18% cada, Cerro Largo, Santo Antônio das Missões, São Luiz Gonzaga e Roque Gonzales com 9% cada um. Para as outras cidades não se têm registro oficial da ocorrência de granizo.

Figura 15 - Distribuição dos eventos de granizo nos municípios entre os anos 2009 e 2020



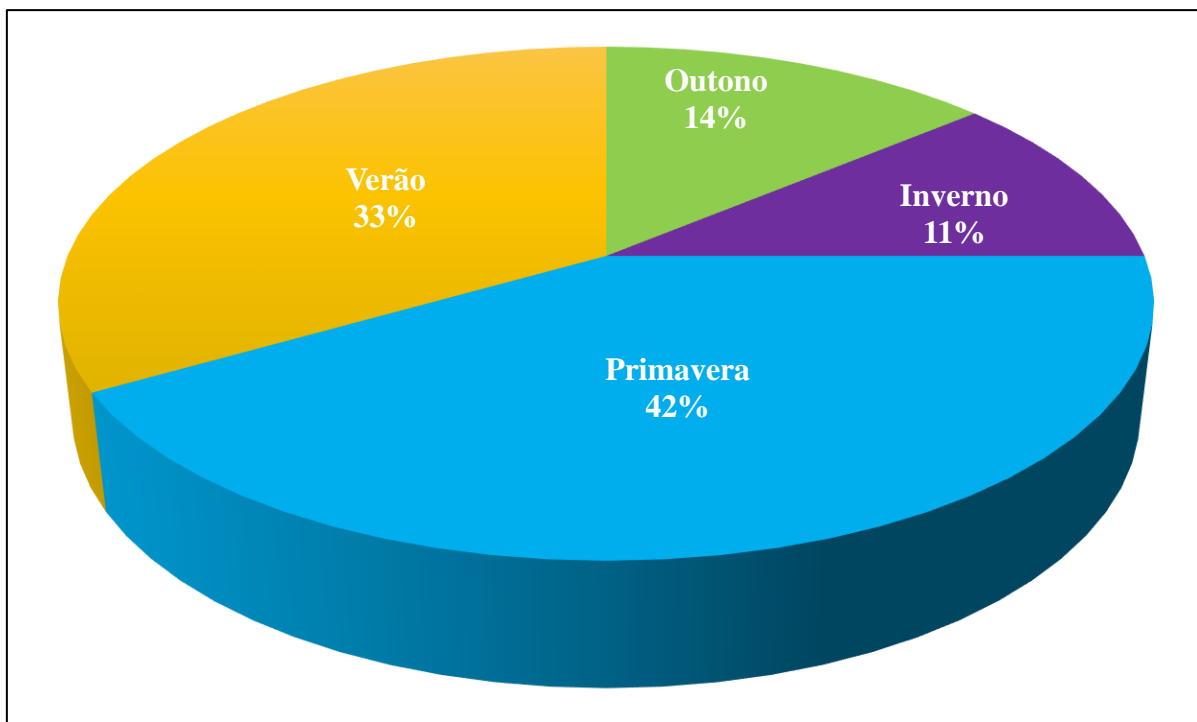
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

## 5.2 VENDAVAL

Observando a Figura 16 percebe-se que a estação preferencial para ocorrência de vendavais na região das missões foi a primavera (42%, 15 eventos), seguido das estações de verão (33%, 12 eventos), outono (14%, 5 eventos) e inverno (11%, 4 eventos). Nota-se que a ocorrência destes eventos durante a primavera é maior que o número total de eventos ocorridos nas estações de inverno e outono. Torna-se evidente o aumento destes eventos a partir dos meses de inverno, até a primavera, quando estes atingem seu pico de ocorrência, diminuindo nas estações seguintes (verão, outono e inverno).

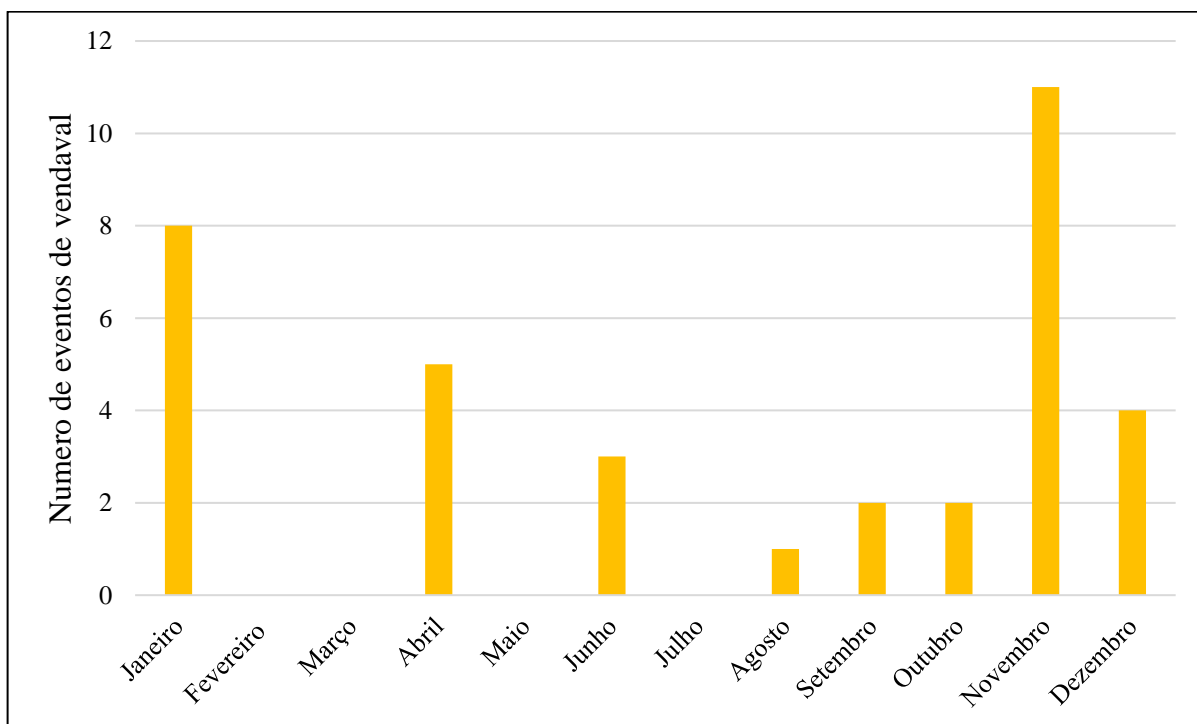
A Figura 17 mostra que os eventos de vendavais afetaram mais meses em comparação aos eventos de granizo, houve ocorrência de vendavais em oito meses do ano. Em novembro, o mês com maior incidência, teve 11 eventos, seguido de janeiro com 8 eventos. Meses de fevereiro, março, maio e julho não apresentaram nenhum evento.

Figura 16 - Distribuição das ocorrências de vendaval ao longo das estações do ano



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 17 - Distribuição mensal dos eventos de vendaval



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

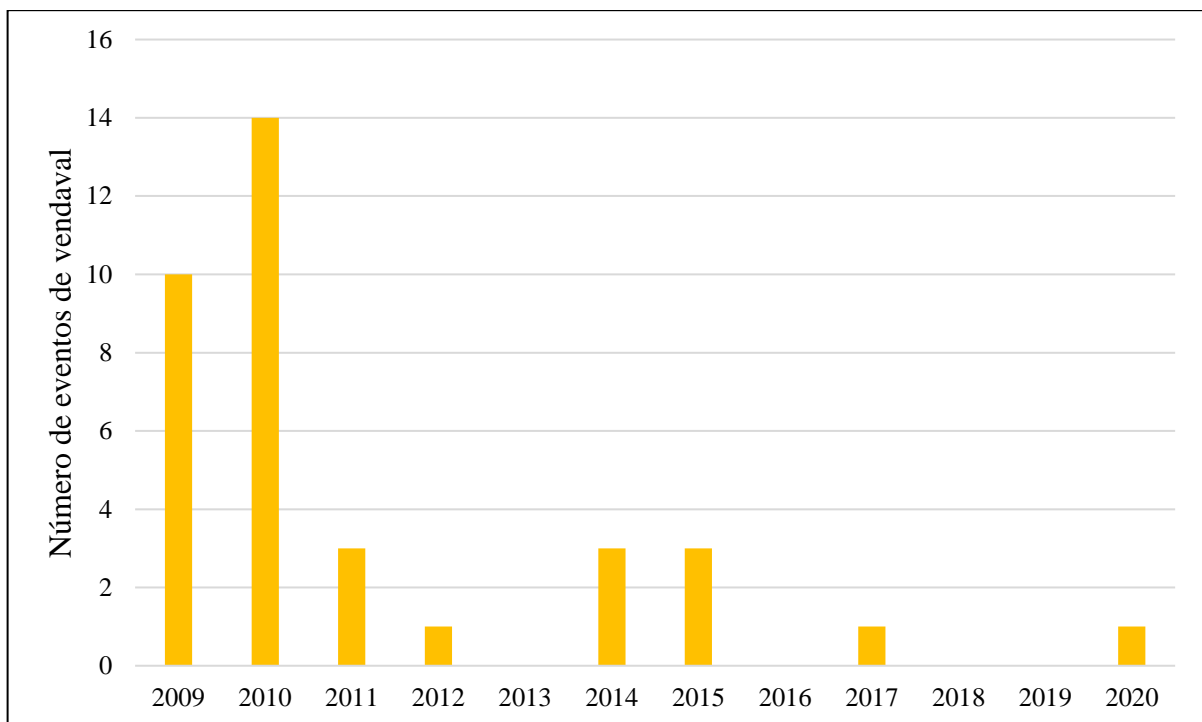
A Figura 18 apresenta os vendavais registrados pelos municípios da região das missões. Observa-se uma maior ocorrência de eventos nos anos de 2010 (14 eventos) e 2009 (10



eventos), que se somados representam 66,7% dos vendavais ocorridos ao longo de todo o período na região. O ano com episódios mais intensos foi 2010, a maioria dos decretos por situação de emergência foi registrada nos meses de novembro e janeiro, quando o estado do Rio Grande do Sul estava sob a influência do El Niño 2009-2010 (moderado).

Da mesma maneira que para os eventos de granizo, não há uma clara evidência de aumentos de suas ocorrências, ao longo dos últimos 11 anos. O que se observa são períodos em que ocorre aumento de vendavais seguido de períodos de diminuição de ocorrências e tudo varia, de acordo com a série temporal (número de anos) que se utilizar.

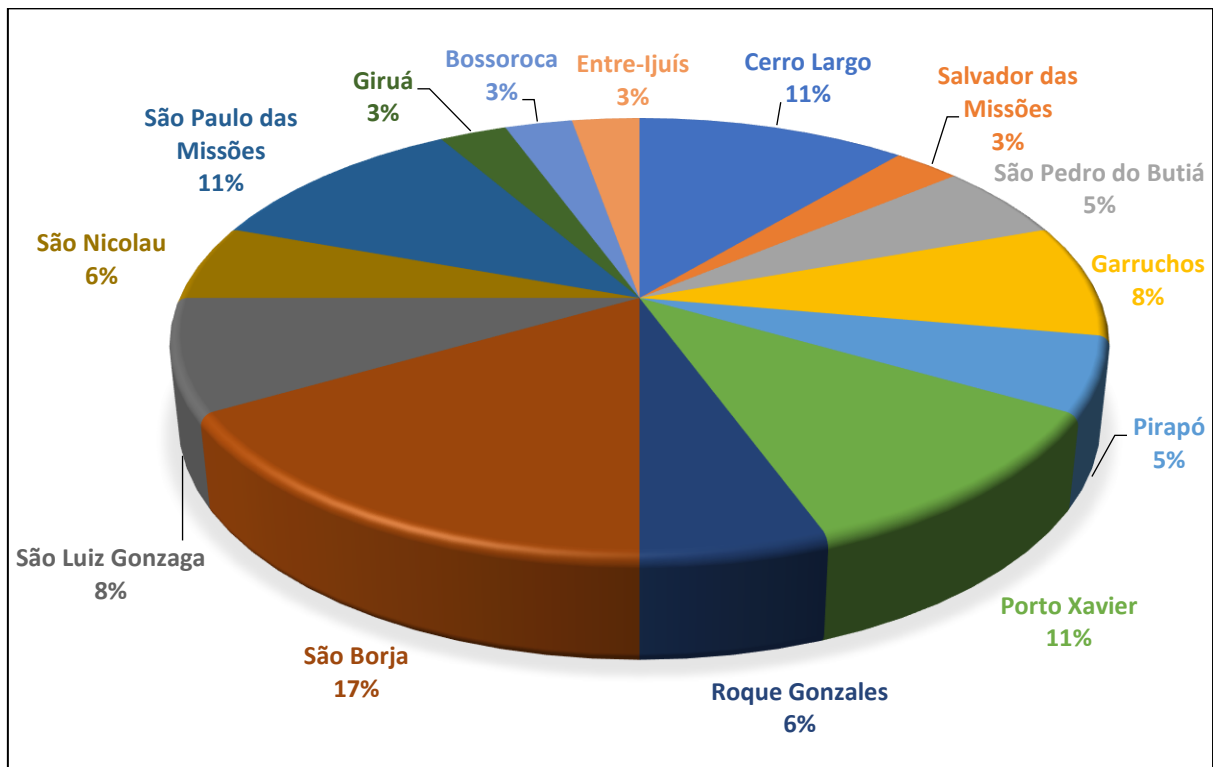
Figura 18 - Distribuição anual dos eventos de vendaval



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A figura 19 traz as informações referente as cidades atingidas por vendavais no período. São Borja teve um registro total de 6 eventos (17%), seguido de Cerro Largo, São Paulo das Missões e Porto Xavier com 4 eventos de vendaval cada um. São Pedro do Butiá, Garruchos, Salvador das Missões, Pirapó, Roque Gonzales, São Luiz Gonzaga, São Nicolau, Giruá, Bossoroca e Entre-Ijuís com 3 ou menos eventos. Para as outras cidades não se têm registro oficial da ocorrência de vendavais.

Figura 19 - Distribuição dos eventos de vendaval nos municípios entre os anos 2009 e 2020

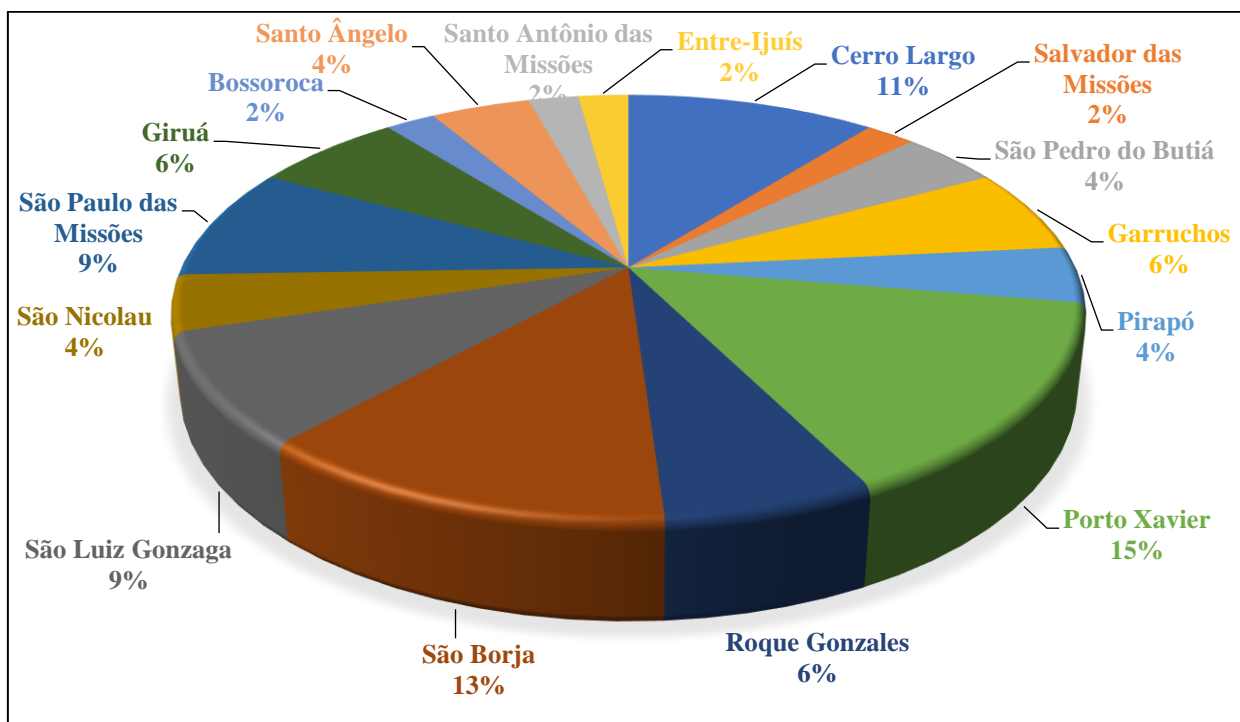


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

### 5.3 DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS

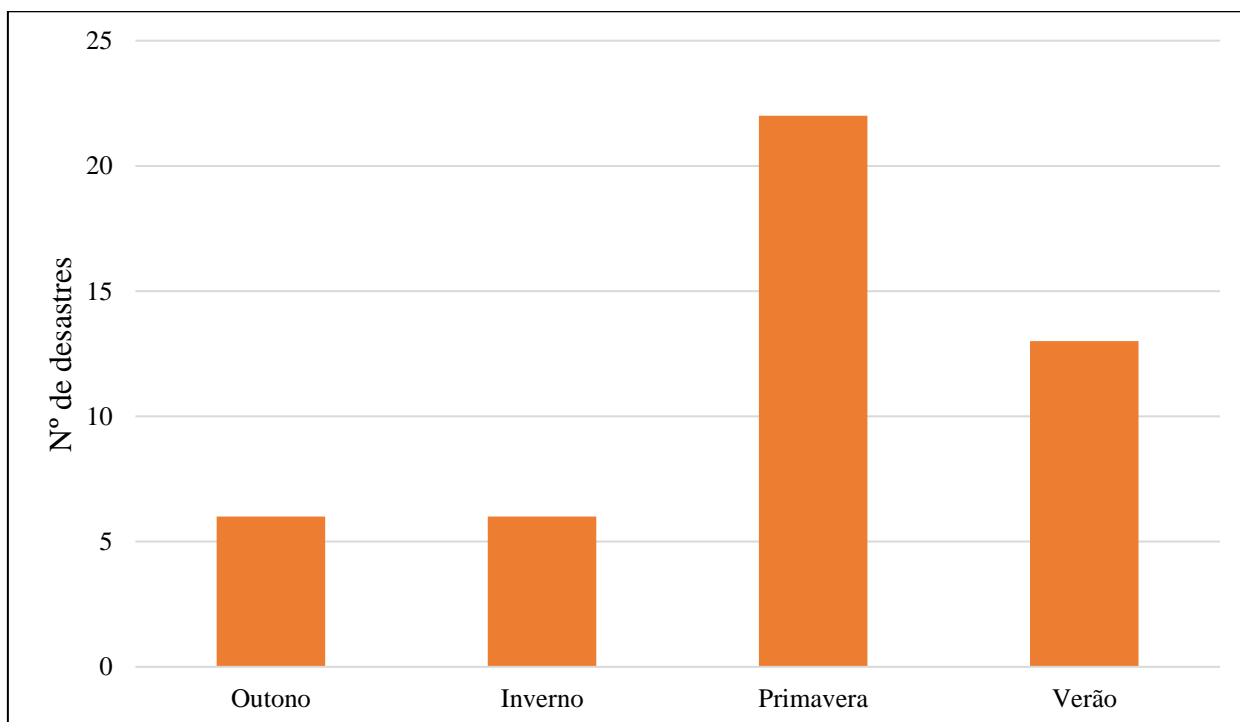
Analisando conjuntamente os eventos de granizo e vendaval (Figura 20), observam-se que os municípios com maiores incidências desses eventos foram Porto Xavier, São Borja e Cerro Largo, com um total de 7, 6 e 5 eventos, respectivamente. Porto Xavier com ocorrência nos seguintes períodos: 09/2009, 11/2009, 01/2010, 03/2010, 04/2010, 09/2012 e 07/2018. São Borja com ocorrência nos seguintes períodos: 11/2009, 01/2010, 06/2010, 11/2015 (2x) e 11/2017. Cerro Largo com ocorrência nos seguintes períodos: 01/2009, 12/2010, 01/2011, 01/2014, 01/2015. Em relação a frequência dos eventos por estação do ano (Figura 21), notou-se maior número de ocorrências na primavera, que vai de encontro aos estudos já publicados por Berlato *et al.* (2000) e Nedel *et al.* (2012), com um total de 22 eventos, seguido do verão, com 13 eventos. Os maiores registros de eventos, tanto de vendaval quanto de granizo, (Figura 22) foram o mês de novembro com 12 registros e janeiro com 9 registros. Importante salientar que os meses de fevereiro e maio não apresentaram nenhum dos eventos analisados.

Figura 20 - Distribuição dos eventos (granizo e vendaval) entre os anos 2009 e 2020



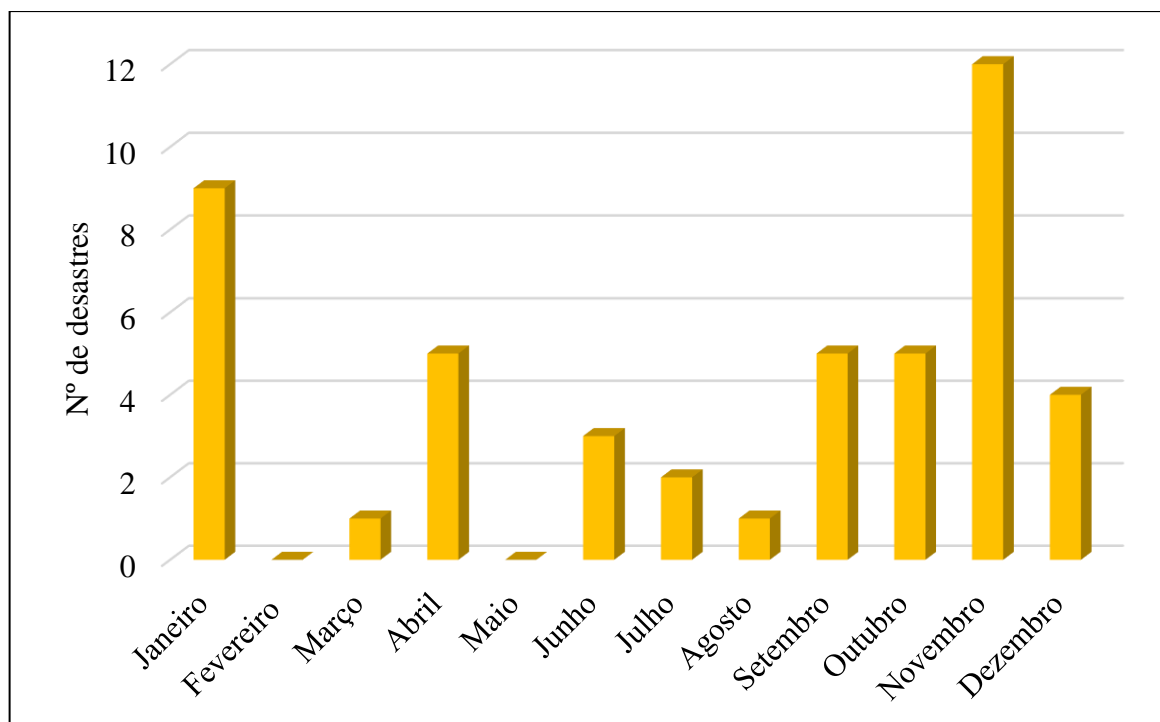
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 21 – Frequência sazonal de desastres naturais na região das missões (2019 - 2020)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

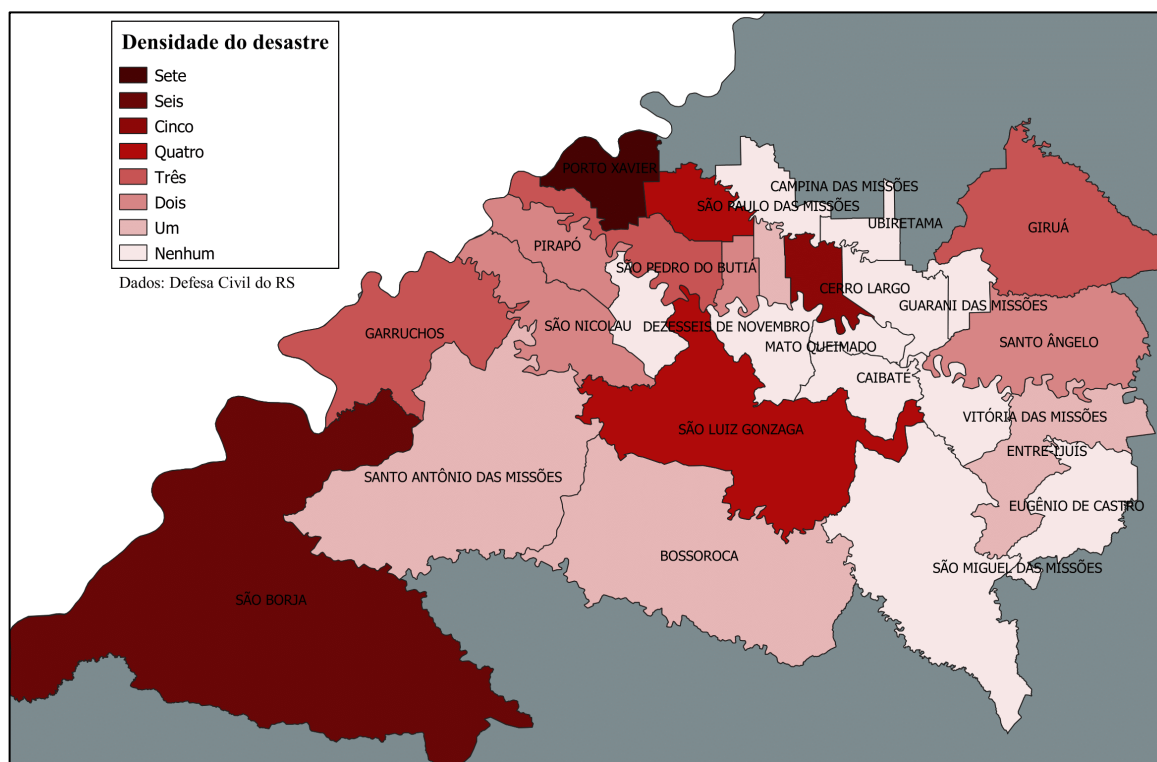
Figura 22 - Distribuição mensal dos eventos na região das missões (2009 - 2020)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A figura 23 nos traz um mapa coropleto de eventos de granizo e de vendaval na região e quanto mais intenso o tom de vermelho, maior a quantidade de desastres ocorridos.

Figura 23 - Mapa coropleto de desastres na região das Missões



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

## 6 CONCLUSÃO

Através do levantamento da frequência de ocorrência de desastres naturais ao longo dos últimos 11 anos, buscou-se observar o comportamento e a distribuição temporal e espacial de eventos como granizo e vendaval, bem como, os períodos de maior e menor frequência. Importante salientar que foram utilizados somente os registros oficiais, registrados na defesa civil do estado do Rio Grande do Sul.

Notou-se que não houve aumento nem diminuição dos desastres por granizo e vendaval de forma linear e sim, de forma aleatória. Foi constatado que nesse período analisado (2009 a 2020) não existe uma clara tendência de aumento ou diminuição desses eventos. O que acontece são períodos em que existe um aumento de adversidade e períodos em que é muito baixa ou acaba não existindo o evento, períodos totalmente aleatórios.

Para o evento de granizo, não se tem uma distribuição temporal linear, isso quer dizer que, não é possível identificar algum padrão para o acontecimento desse desastre. O que foi constatado é que o ano de 2009 teve a maior ocorrência, com três registros desse evento. Em relação ao mês de ocorrência neste período analisado, tem-se dois meses com iguais frequências, setembro e outubro, com 3 eventos registrados para a região das missões e a estação com maior frequência, que já foi verificado por outros autores, é a primavera (64% dos casos de granizo), com um total de 7 eventos (de 11 registrados). O município mais afetado foi Porto Xavier (3 registros) seguido de Giruá e Santo Ângelo com dois registros cada. Dos 26 municípios que fazem parte da região, apenas 7 (Cerro Largo, Porto Xavier, Roque Gonzales, São Luiz Gonzaga, Giruá, Santo Ângelo e Santo Antônio das Missões) tiveram registro desse evento. Meses de fevereiro, abril, maio, junho, agosto e dezembro não apresentaram registros de eventos de granizo.

Os desastres do tipo vendaval, apresentam mais ocorrências e assim como nos desastres provocados por granizo, também não se pode observar uma clara distribuição espacial e não foi possível verificar um padrão (linear) para a sua ocorrência. O ano com maior frequência desse tipo de evento foi 2010 com 14 eventos. Os eventos ocorridos entre os anos de 2009 e 2020 (36 episódios de vendaval no total), foram distribuídos nos seguintes municípios: Cerro Largo (4), Salvador das Missões (1), São Pedro do Butiá (2), Garruchos (3), Pirapó (2), Porto Xavier (4), Roque Gonzales (2), São Borja (6), São Luiz Gonzaga (3), São Nicolau (2), São Paulo das Missões (4), Giruá (1), Bossoroca (1) e Entre-Ijuís (1). O município mais afetado foi São Borja

com 6 eventos de vendaval, Cerro Largo, Porto Xavier e São Paulo das Missões contabilizaram 4 ocorrências cada. A estação do ano em que houve mais episódios também foi a primavera (42% dos casos de vendaval), com 15 eventos (de 36 registrados). O mês de maior incidência foi novembro, com 11 casos e os meses de fevereiro, março, maio e julho não apresentaram registros desse tipo de desastre.

Os vendavais, comparado a eventos de granizo (e considerando também todos os outros desastres – não mostrados aqui), foram os eventos meteorológicos mais frequentes e que ocasionaram maior número de notificações e afetaram maior quantidade de municípios. Os eventos de granizo atingiram um número menor de municípios, de acordo com os registros da defesa civil.

Considerando a ocorrência de granizo e vendaval em anos de ENOS (considerando os anos El Niño 2009 – 2010 e 2015 – 2016; La Niña 2010 – 2011 e 2017 – 2018), foi verificado que nos anos de 2009 e 2010 teve um maior número de desastres, 28 eventos (granizo mais vendaval) e estava em anos de El Niño, porém, entre 2015 e 2016 também ocorria o fenômeno de El Niño e os registros de desastres nesses anos foi extremamente baixo, 4 eventos no total. Nos anos com presença de fenômeno La Niña, o total de registros de desastres foi de 6 eventos. Sendo assim, não é possível afirmar com certeza se existe uma real influência dos ENOS sobre esses eventos, uma vez que eles ocorrem de forma aleatória, pois em anos neutros, sem influência dos fenômenos ENOS, também ocorreram desastres por granizo e vendaval.

A atuação integrada entre a comunidade acadêmica e a sociedade é fundamental para minimizar o impacto de tais desastres naturais. As informações sobre as ocorrências dos eventos, como épocas preferenciais, município mais afetado, frequência dos desastres, média de população atingida, entre outras informações devem ser repassadas à sociedade, que deve atuar de forma organizada para mitigar os danos causados à população.

Em um contexto local, recomenda-se a formação de um grupo comunitário capacitado para atuar antes, durante e após a ocorrência dos desastres, prestando auxílio a órgãos municipais, como por exemplo, a defesa civil. Por fim, sugere-se, devido à importância desse estudo, a continuidade desta análise, baseado em uma série histórica maior de dados, (período igual ou superior a 30 anos), a fim de confirmar os resultados aqui encontrados, da mesma forma, verificar se existe uma relação entre desastres e a presença de fenômenos El Niño e La Niña.

## REFERÊNCIAS

- ALCÁNTARA-AYALA, I. **Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries**. *Geomorphology*, v. 47, p.107-124, 2002.
- AL-SABHAN, W; MULLIGAN, M; BLACKBURN, G. A. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the Internet. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, p. 9-32, 2003.
- AL-SABHAN, W; MULLIGAN, M; BLACKBURN, G. A. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, p. 9-32, 2003.
- AL-SABHAN, W; MULLIGAN, M; BLACKBURN, G. A. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the Internet. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, p. 9-32, 2003.
- AMARAL R DO, GUTJAHR MR. **Desastres naturais. 3. ed. São Paulo: IG-SMA; 2015.**  
100 p. 363.7 30 Disponível em  
<[https://infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/233/2016/09/CEA\\_DE\\_SASTRES\\_3Ed\\_Rev.pdf](https://infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/233/2016/09/CEA_DE_SASTRES_3Ed_Rev.pdf)>
- Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991-2012.** Vol 2. Brasil. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CAD UFSC, 2012.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332 p.
- BBC BRASIL. **Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres**. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717\\_cruzvermla](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717_cruzvermla)> Acesso em: 30 de nov. de 2020.
- BLESSMANN, J. **Introdução às Ações Dinâmicas do Vento**. 2ª ed., Porto Alegre: Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2005.
- BRASIL.** Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá aos critérios mínimos estabelecidos neste Decreto.

**BRASIL.** Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

**BRASIL.** Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

**BRASIL.** Ministério da Integração Nacional - Secretaria Nacional de Defesa Civil.

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

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

CEDEC. **Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul**

**Ciclo hidrológico.** Disponível em: <<http://obshistoricogeo.blogspot.com/2016/02/ciclo-hidrologico-ou-da-agua-omovimento.html>>. Acesso em: 9 dez. 2020.

EM-DAT. **Produce a list of disasters and associated losses.** Disponível em: < <http://em-dat.net/disasters/list.php>> Acesso em: 30 nov. 2020.

FROEHLICH, W.; GIL, E.; KASZA, I.; STARKEL, L. Thresholds in the transformation of slopes and river channels in the Darjeeling Himalaya, India. **Mountain Research and Development**, v.10, p.301-312, 1990

GARES, P. A.; SHERMAN, D. J.; NORDSTROM, K. F. Geomorphology and natural hazards. **Geomorphology**, v.10, p.1-18, 1994.

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

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G.: Episódios El Niño e La Niña e a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil: análise no litoral da região sul. **XV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Florianópolis, SC, 2006.



- HOLTON, J. R. **An introduction to dynamic meteorology**. New York: Academic Press, 1992. Disponível em  
<[http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA\\_download/An%20Introduction%20to%20Dynamic%20Meteorology.pdf](http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA_download/An%20Introduction%20to%20Dynamic%20Meteorology.pdf)>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de dez de 2020.
- KNIGHT, C. A.; KNIGHT, N. C. Hailstorms. In: DOSWELL III, C. A. **Severe convective storms**. Boston: American Meteorological Society, 2001. (Meteorological Monographs, v. 28, n. 50, 2001. p. 223-249).
- KOBIYAMA, M. CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRÖDER, P.H.; GRANDO, A.; REGINATTO, G.M.P. **Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais**. In: I Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004, Florianópolis. Florianópolis: GEDN, Anais, 2004. p. 834-846
- KOBIYAMA, M; MANFROI, O.J. **Importância da modelagem e monitoramento em bacias hidrográficas**. In: CURSO DE EXTENSÃO: O MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SOB A PERSPECTIVA FLORESTAL. Apostila: Curso de Eng. Florestal - UFPR, 1999. p. 111-118
- KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: **Outline of climate science**. Berlin: Walter de Gruyter, P.388. 1931.
- KRON W.; STEUER M.; LÖW P.; WIRTZ A. **How to deal properly with a natural catastrophe database – analysis of flood losses**. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 12, 535–550, 2012.
- KULICOV, V. A.; RUDNEV, G. V. **Agrometeorologia tropical**. Havana: Científico Técnica, 1980.
- MARCELINO, E. V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. São José dos Campos. 218p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003

- MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina:** caracterização sinótica e mineração de dados. São José dos Campos. 214p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.
- NEDEL, A. S.; SAUSEN, T. M.; SAITO, S. **Regionalização da ocorrência dos desastres naturais no Rio Grande do Sul no período 2003 - 2009.** parte i: inundação brusca. ciência e natura, v. 0, p. 58-61, 2013.
- NEDEL, A. S.; SAUSEN, T. M.; SAITO, S. **Zoneamento dos desastres naturais ocorridos no estado do Rio Grande do Sul no período 1989 a 2009.** Granizo e Vendaval. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, p. 119-126, 2012.
- NETO, S.L.R. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações.** São Paulo: USP, 2000. 231p.
- PÉDELABORDE, P. Introduction à l'étude Scientifique du Climat. Paris: SEDES, 1970. 246p.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. **Updated World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification.** Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633-1644 p. 2007
- SCHUMM, S. A. Erroneous perceptions of fluvial hazards. **Geomorphology**, v.10, p.129-138, 1994.
- SIDLE, R. C.; TAYLOR, D.; LU, X. X.; ADGER, W. N.; LOWE, D. J.; LANGE, W. P.; NEWNHAM, R. M.; DODSON, J. R. Interactions of natural hazards and society in Austral-Asia: evidence in past and recent records. **Quaternary International**, n.118-119, p.181-203, 2004.
- TAKAHASHI, K. **Disaster sciences.** Tokyo: Nippon Hoso Shuppan Kyokai, 1975. 215p
- USGS. **Controlled Flooding of the Colorado River in Grand Canyon:** the Rationale and Data-Collection Planned. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/fs/FS-089-96/>> Acesso em: 07 de dez. de 2020.
- VANACKER, V.; VANDERSCHAEGHE, M.; GOVERS, G.; WILLEMS, E.; POESEN, J.; DECKERS, J.; BIEVRE, B. Linking hydrological, infinite slope stability and land-use change

models through GIS for assessing the impact of deforestation on slope stability in high Andean watersheds. **Geomorphology**, v. 52, p.299- 315, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2001.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 449 p

WORLD BANK (WB), UNITED NATIONS (UN). **Natural hazards, unnatural disasters: the economics of effective prevention**. Washington DC: WB/UN; 2010

XAVIER, D. R.; BARCELLOS, C.; FREITAS, C. M. DE. **Eventos climáticos extremos e consequências sobre a saúde: o desastre de 2008 em Santa Catarina segundo diferentes fontes de informação**. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 4, p. 273–294, dez. 2014.