



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ELAINE PIZZI

**ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO INTENSA E DESASTRES NATURAIS POR MEIO
DE SÉRIES CLIMATOLÓGICAS NO PERÍODO DE 1998 A 2009 NO VALE DO
ITAJAÍ E GRANDE FLORIANÓPOLIS EM SANTA CATARINA**

Palhoça

2020

ELAINE PIZZI

**ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO INTENSA E DESASTRES NATURAIS POR MEIO
DE SÉRIES CLIMATOLÓGICAS NO PERÍODO DE 1998 A 2009 NO VALE DO
ITAJAÍ E GRANDE FLORIANÓPOLIS EM SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade do
Sul de Santa Catarina como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheira
Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. José Gabriel da Silva, MSc.

Palhoça

2020

ELAINE PIZZI

**ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO INTENSA E DESASTRES NATURAIS POR
MEIO DE SÉRIES CLIMATOLÓGICAS NO PERÍODO DE 1998 A 2009 NO
VALE DO ITAJAÍ E GRANDE FLORIANÓPOLIS EM SANTA CATARINA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 25 de novembro de 2020.

Assinado de forma digital por JOSE
GABRIEL DA SILVA:82440808920
Dados: 2020.11.30 15:28:28 -03'00

Criado por: AC VALIO RFB v5 - e-CPF
Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB

**Professor e orientador José Gabriel da Silva, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina**

**Prof. Gabriel Cremona Parma, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina**



Associação
Brasileira de
Engenharia e
Ambiente
15-01-2002-0000

**Ricardo Moacyr Mafra, MSc.
RTE Engenharia e Ambiente**

À minha mãe, Helena Pizzi, que fez o possível e o impossível para que eu estudasse e sempre acreditou em mim e ao meu pai, Aléssio Pizzi (*in memoriam*), a pessoa mais sábia que conheci.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado determinação para superar todos os obstáculos durante o curso.

Ao meu pai, que de alguma forma me inspirou a fazer engenharia.

À minha mãe, pelo incentivo e ajuda durante todos os meus estudos. Por não me deixar desistir e sempre acreditar em mim.

Às minhas irmãs, que sempre me deram bons exemplos, pelo incentivo e apoio nos estudos.

Ao professor José Gabriel da Silva, por ter orientado a pesquisa, pelas sugestões e correções.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições e aos professores do curso pelos ensinamentos, por terem guiado o meu aprendizado.

À Defesa Civil de Santa Catarina pela disponibilização dos dados referentes aos desastres naturais, especialmente ao Sub Tenente BM Edemilson Irineu Corrêa.

Ao CIRAM / EPAGRI de Santa Catarina pela disponibilização dos dados de precipitação, especialmente a Vera Lúcia da Silva Ranghetti, Elaine Canônica, Sérgio Zampieri e Maria Laura Guimarães Rodrigues.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

As catástrofes relacionadas às condições climáticas resultam em muitos transtornos e até perdas de vidas. Nessa pesquisa analisou-se chuva intensa (soma diária acima de 50 mm) e desastres naturais (inundação, enxurrada, deslizamento e alagamento), por meio de séries climatológicas. O estudo foi realizado para o período de 1998 a 2009, para as Mesorregiões da Grande Florianópolis e Vale do Itajaí, em Santa Catarina. O objetivo foi relacionar eventos de precipitação intensa com a ocorrência de desastres naturais, e verificar a relação entre os eventos de chuva intensa e o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Utilizou-se registros diários de chuvas de quatro estações meteorológicas, obtidos no CIRAM / EPAGRI de Santa Catarina. Em relação aos desastres, foram utilizados relatórios anuais da Defesa Civil. Constatou-se grande conexão entre chuva intensa e desastres naturais, destacando-se novembro de 2008, quando ocorreram muitas catástrofes. O mês com mais dias de chuva intensa e desastres foi janeiro e com menos, junho. As ocorrências foram maiores nos meses do verão e primavera e menores, nos do outono e inverno. Notou-se que a quantidade de eventos aumentou na segunda metade da série em comparação à primeira. Quanto ao tipo de desastre, o maior número de registros foi de enxurrada. Em relação ao fenômeno ENOS, constatou-se que a média de dias com chuva acima de 50 mm nos anos de El Niño foi menor que a dos anos neutros. Já nos anos de La Niña a média foi maior.

Palavras-chave: Chuva Intensa. Desastres Naturais. Fenômeno ENOS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa das Mesorregiões de Santa Catarina	18
Figura 2 – Desastre como resultado de evento adverso mais cenário vulnerável.....	25
Figura 3 – Vulnerabilidade e suas interações.....	25
Figura 4 – Relação entre risco, elementos vulneráveis e áreas com ameaças.....	26
Figura 5 – Classificação dos desastres quanto a sua evolução e origem	30
Figura 6 – Atividades de gerenciamento de riscos e respostas a desastres	36
Figura 7 – Campos de pressão ao nível do mar, com intervalo de 3 hPa e vento a 10 metros de altura (23/11/2008 as 12Z) – Dados de Reanálises do NCEP/NCAR (EUA)	83
Figura 8 – Linhas de corrente (circulação dos ventos) no nível isobárico de 500 hPa (aproximadamente a 500 m de altura) e temperatura (°C, escala de cores) correspondente ao mesmo horário.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Falecimentos registrados pelos municípios de SC entre 1991 e 2012, causados por desastres naturais.....	34
Tabela 2 – Danos humanos relacionados aos eventos mais severos de 1991 a 2012	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)	28
Quadro 2 – Anos de El Niño, La Niña e neutros.....	48
Quadro 3 – Anos de El Niño e La Niña, com intensidade	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual dos desastres naturais mais recorrentes em Santa Catarina, no período de 1991 a 2012	32
Gráfico 2 – Chuva acima de 50 mm anual	39
Gráfico 3 – Chuva acima de 50 mm em janeiro	39
Gráfico 4 – Chuva acima de 50 mm em fevereiro	40
Gráfico 5 – Chuva acima de 50 mm em março	41
Gráfico 6 – Chuva acima de 50 mm em abril	41
Gráfico 7 – Chuva acima de 50 mm em maio	42
Gráfico 8 – Chuva acima de 50 mm em junho	43
Gráfico 9 – Chuva acima de 50 mm em julho.....	43
Gráfico 10 – Chuva acima de 50 mm em agosto	44
Gráfico 11 – Chuva acima de 50 mm em setembro	45
Gráfico 12 – Chuva acima de 50 mm em outubro	45
Gráfico 13 – Chuva acima de 50 mm em novembro	46
Gráfico 14 – Chuva acima de 50 mm em dezembro	47
Gráfico 15 – Chuva acima de 50 mm por estações meteorológicas (1998 a 2009) ..	50
Gráfico 16 – Dias com chuva acima de 100 mm de 1998 a 2009	51
Gráfico 17 – Chuva acima de 100 mm por estações meteorológicas (1998 a 2009)	53
Gráfico 18 – Total e tipos de desastres naturais anual	54
Gráfico 19 – Desastres naturais em janeiro	56
Gráfico 20 – Desastres naturais em fevereiro	56
Gráfico 21 – Desastres naturais em março	57
Gráfico 22 – Desastres naturais em abril	58
Gráfico 23 – Desastres naturais em maio	58
Gráfico 24 – Desastres naturais em junho	59
Gráfico 25 – Desastres naturais em julho	59
Gráfico 26 – Desastres naturais em agosto	60
Gráfico 27 – Desastres naturais em setembro	60
Gráfico 28 – Desastres naturais em outubro	61
Gráfico 29 – Desastres naturais em novembro	62
Gráfico 30 – Desastres naturais em dezembro	62
Gráfico 31 – Desastres naturais por município (1998 a 2009)	64
Gráfico 32 – Desastres naturais por mesorregiões (1998 a 2009)	66

Gráfico 33 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais anual	67
Gráfico 34 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em janeiro	68
Gráfico 35 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em fevereiro	69
Gráfico 36 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em março	70
Gráfico 37 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em abril	71
Gráfico 38 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em maio	72
Gráfico 39 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em junho	73
Gráfico 40 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em julho	74
Gráfico 41 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em agosto	75
Gráfico 42 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em setembro	76
Gráfico 43 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em outubro	77
Gráfico 44 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em novembro	78
Gráfico 45 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em dezembro	79
Gráfico 46 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais por mês (1998 a 2009) ..	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
1.4	MATERIAIS E MÉTODOS	15
2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1	PRECIPITAÇÃO INTENSA	19
3.1.1	Conceitos relacionados à precipitação	19
3.1.2	Pluviometria	20
3.1.3	Fatores relacionados à precipitação intensa no leste de Santa Catarina	21
3.1.4	Fenômeno ENOS - El Niño e La Niña	23
3.2	DESASTRES NATURAIS	24
3.2.1	Conceitos relacionados aos desastres	24
3.2.1.1	Conceitos de desastres relacionados a chuvas intensas	26
3.2.2	Classificação de desastres	28
3.2.3	Desastres naturais no Brasil	30
3.2.3.1	Panorama em Santa Catarina	31
3.3	SOCIEDADE DE RISCOS	35
4	ANÁLISE DE CHUVA INTENSA E DESASTRES NATURAIS NO PERÍODO DE 1998 A 2009, NO VALE DO ITAJAÍ E GRANDE FLORIANÓPOLIS	38
4.1	DIAS DE CHUVA ACIMA DE 50 MM	38
4.1.1	Registro anual e mensal de dias de chuva acima de 50 mm	38
4.1.1.1	Relação entre o fenômeno ENOS e as chuvas intensas	47
4.1.2	Registro de dias de chuva acima de 50 mm por estações meteorológicas	49
4.2	DIAS DE CHUVA ACIMA DE 100 MM	50
4.2.1	Registro diário de dias de chuva acima de 100 mm	50
4.2.2	Registro de dias de chuva acima de 100 mm por estações meteorológicas	52
4.3	DESASTRES NATURAIS ASSOCIADOS A CHUVAS INTENSAS	53
4.3.1	Registro anual e mensal de decretos municipais de desastres	53
4.3.2	Registro de decretos municipais de desastres por município	63

4.3.3 Registro de decretos municipais de desastres por mesorregião	65
4.4 DIAS DE CHUVA ACIMA DE 50 MM E DIAS COM DESASTRES NATURAIS .	66
4.4.1 Registro anual e mensal de chuva acima de 50 mm e desastres naturais	
66	
4.4.2 Registro de dias de chuva acima de 50 mm e dias com desastres por mês de 1998 a 2009	79
4.5 CHUVAS DE NOVEMBRO DE 2008	82
5 CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS.....	88

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo a sociedade foi desenvolvendo as suas atividades sem gerir os espaços de forma adequada. Foram criados espaços artificiais, que acabaram se sobrepondo aos naturais, de forma muito desordenada. Como resultado dessa negligência com o meio ambiente temos o desequilíbrio de muitos sistemas naturais.

Foram ocupados locais que deveriam ter sido preservados, principalmente nas grandes cidades. Isso deixou a população muito mais suscetível aos desastres naturais, que têm sido registrados com mais frequência e intensidade.

Nessa pesquisa analisou-se eventos de precipitação intensa que podem resultar na ocorrência de desastres naturais. Estudou-se a ocorrência dessas catástrofes no período de 1998 a 2009, nas Mesorregiões da Grande Florianópolis e Vale do Itajaí, em Santa Catarina.

A região em análise é frequentemente afetada por desastres, principalmente associados às condições climáticas. É muito comum a ocorrência de inundações, enxurradas, alagamentos e deslizamentos, que causam muitos danos para a população que reside nesses locais.

Estes desastres estão associados a muitos fatores, mas podemos destacar duas questões principais: Uma delas é que a área em estudo é naturalmente propensa a instabilidades atmosféricas, com a ocorrência de precipitação intensa. Esse é um fator natural, que não pode ser mudado. A outra é a falta de planejamento adequado ao uso e ocupação do solo. Na região analisada existem muitas cidades, com elevado adensamento populacional, além de assentamentos em encostas de morros íngremes e grandes áreas com superfícies impermeabilizadas. A ocupação de locais de risco natural é histórica e tende a aumentar proporcionalmente ao aumento da população e / ou ineficácia da aplicação dos planos diretores, tanto em encostas como em várzeas de inundação. Deixando assim, a população mais vulnerável as catástrofes. Já isso é algo que podemos e devemos mudar.

Essa pesquisa tem como propósito aprofundar os estudos sobre esse assunto. Com isso, se espera auxiliar a prevenir estes desastres, minimizando os danos causados.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a precipitação intensa e os desastres naturais por meio de séries climatológicas, no período de 1998 a 2009 em Santa Catarina, nas Mesorregiões da Grande Florianópolis e Vale do Itajaí.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar padrões de ocorrência, ciclos e variações sazonais de precipitação intensa e desastres naturais para o período de 1998 a 2009, nas Mesorregiões da Grande Florianópolis e Vale do Itajaí.
- Relacionar eventos de precipitação intensa com a ocorrência de desastres naturais no período de 1998 a 2009 nas Mesorregiões da Grande Florianópolis e Vale do Itajaí.
- Verificar se existe relação entre os eventos extremos de precipitação estudados com episódios de El Niño e La Niña.

1.3 JUSTIFICATIVA

Ao longo do tempo se observa um incremento no número de registros de desastres naturais, que resultam em grandes prejuízos para toda a sociedade.

Nesta pesquisa foram abordados os desastres associados a eventos de precipitação intensa. Os desastres relacionados a fatores climatológicos são os que mais ocorrem no Brasil. A região em análise (Grande Florianópolis e Vale do Itajaí), por estar em uma área de transição climática, é afetada por eventos atmosféricos extremos.

Com recentes indícios de mudança climática, a previsão é de aumento na frequência e intensidade de tempestades severas e inundações.

A falta de estrutura e planejamento para lidar com esses eventos coloca a população em situação de vulnerabilidade. Isso fica evidente quando presenciamos, repetidamente, o mesmo tipo de catástrofe.

Ao longo do tempo, por inúmeras vezes, a região em estudo foi afetada por inundações, enxurradas, alagamentos e deslizamentos. Os danos que esse tipo de desastre causa são muitos: pessoas desabrigadas e feridas, transtornos nos transportes, diminuição da qualidade da água, prejuízos econômicos, disseminação de doenças e até perdas de vidas.

Na maioria dos municípios brasileiros é habitual que se atue somente nas emergências e não na prevenção. Além de serem adotadas poucas medidas de prevenção, muitas vezes, são ineficazes.

Este estudo justifica-se pela necessidade de aprofundar o conhecimento a respeito dos desastres naturais. É importante que se entenda como os desastres ocorrem ao longo do tempo, quais as suas causas e quais variáveis estão relacionadas. Essas informações são úteis para que se promova medidas de prevenção. Também fornecem maiores subsídios na tomada de decisões e contribuem para que se promova uma gestão apropriada dos espaços. Para que se adote medidas, estruturais e não estruturais, de forma a reduzir a ocorrência de novas catástrofes.

Quanto mais conhecimento se tem sobre o assunto mais se percebe a importância de se ampliar e aprimorar os sistemas de alertas de desastres.

1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a identificação de eventos de chuva intensa foram obtidos dados diários de precipitação no Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina / Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CIRAM / EPAGRI), para o período de 1/1/1998 a 31/12/2009. Foram obtidas tabelas contendo dados de pluviômetros (24 horas) de estações meteorológicas, com o registro da soma diária da precipitação, em milímetros.

Em algumas estações meteorológicas localizadas na Mesorregião da Grande Florianópolis e na do Vale do Itajaí, em Santa Catarina, houve grandes lacunas no registro de dados para o período em análise. Por esse motivo optou-se em utilizar somente as informações daquelas que não continham tantas falhas nos registros. Realizou-se a pesquisa tendo como base dados de quatro estações que estavam com os registros mais completos.

As estações utilizadas, com a sua localização aproximada em coordenadas geográficas, são: Itajaí (26°57'01''S; 48°45'41''W), Blumenau (26°54'S; 49°04'W), Ituporanga (27°25'07''S; 49°38'46''W) e Florianópolis - São José (27°36'07''S; 48°37'11''W). Como essas quatro estações meteorológicas apresentam uma boa cobertura espacial da região estudada o trabalho não ficou prejudicado. As estações de Itajaí, Ituporanga e Florianópolis - São José do CIRAM / EPAGRI coincidem com as estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e a estação de Blumenau está bem próxima a de Indaial. Desta forma, os dados obtidos pelas estações do CIRAM / EPAGRI estão em conformidade com as estações do INMET.

Para identificar os eventos de precipitação intensa foram selecionados os dias em que a soma diária de precipitação foi maior que 50 milímetros. Optou-se em utilizar esse valor como referência para selecionar os eventos porque em trabalhos semelhantes já se utilizou esse mesmo método.

Quanto aos desastres naturais, foram obtidos relatórios anuais na Defesa Civil de Santa Catarina de todos os desastres que ocorreram no período de 1998 a 2009 no estado, para os quais foram decretadas Situação de Emergência (SE) ou de Estado de Calamidade Pública (ECP). Para os anos em que não existe registro da data do desastre, utilizou-se como base as datas dos decretos municipais de SE e de ECP. De acordo com a Defesa Civil de Santa Catarina, a data do decreto municipal ultrapassa em, no máximo, cinco dias da ocorrência do desastre.

Dentre todos os desastres naturais ocorridos no período de 1998 a 2009, foram selecionados somente aqueles que poderiam estar relacionados com precipitação intensa. Identificou-se os desastres classificados pela Defesa Civil / SC como inundação gradual (inundação), inundação brusca (enxurrada), escorregamento, deslizamento, chuva, forte chuva e alagamento. Em seguida, para relacionar as duas variáveis em estudo, comparou-se a data dos decretos municipais ou a data dos eventos de desastres naturais com as datas de ocorrência de chuva acima de 50 mm. Foram selecionados os desastres em que a datas dos decretos coincidem com as datas dos eventos de chuva intensa. Também foram selecionados os que as datas dos decretos ultrapassam em até cinco dias a ocorrência de chuva intensa.

Posteriormente, foram selecionados somente os desastres que ocorreram nos municípios pertencentes a Grande Florianópolis e Vale do Itajaí.

Para os eventos de chuva intensa (soma diária acima de 50 mm) e desastres naturais associados foram elaborados gráficos com o software Microsoft Excel.

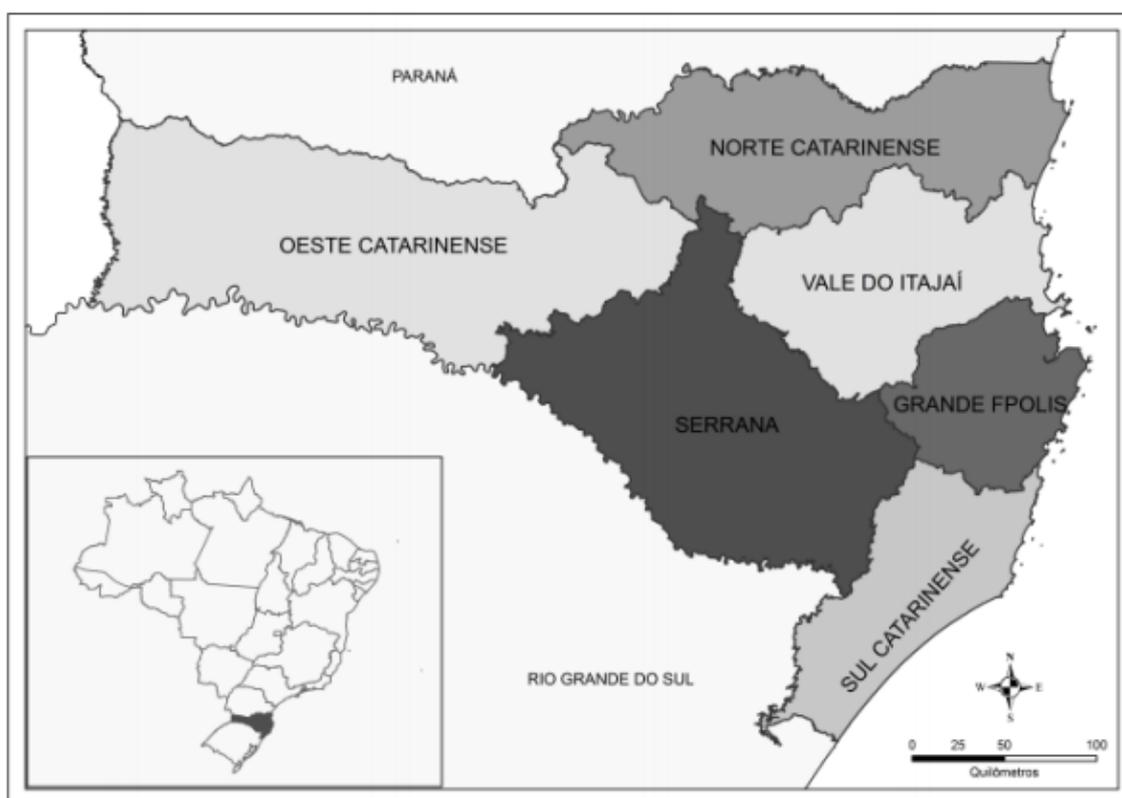
Analisou-se a oscilação das ocorrências de chuva intensa e de desastres ao longo do período em estudo. Analisou-se também a relação entre os eventos de chuva intensa e o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado de Santa Catarina está dividido em seis mesorregiões: Oeste Catarinense, Norte Catarinense, Vale do Itajaí, Grande Florianópolis, Serrana e Sul Catarinense, conforme mostra a Figura 1.

Nesta pesquisa foram analisadas a Mesorregião da Grande Florianópolis e a do Vale do Itajaí, localizadas na porção leste do estado.

Figura 1 – Mapa das Mesorregiões de Santa Catarina



Fonte: Ferreira *et al* (2017, p. 934).

De acordo com Santa Catarina (2002, *apud* UFSC / CEPED, 2013, p. 23), a Mesorregião do Vale do Itajaí engloba 54 municípios, que estão agrupados nas microrregiões Blumenau, Itajaí, Ituporanga e Rio do Sul. Os seus principais municípios são Blumenau, Gaspar, Pomerode, Indaial, Brusque, Rio do Sul e Itajaí. Já a Mesorregião da Grande Florianópolis é formada por 21 municípios, divididos nas microrregiões Florianópolis, Tabuleiro e Tijucas. Os principais municípios desta Mesorregião são Florianópolis e São José.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse estudo analisou-se eventos de precipitação intensa que resultaram na ocorrência de desastres naturais. A seguir são apresentados alguns conceitos básicos e informações úteis para o entendimento destes eventos. Isso é realizado com base em pesquisas que tratam do assunto.

3.1 PRECIPITAÇÃO INTENSA

3.1.1 Conceitos relacionados à precipitação

De acordo com Soares e Batista (2004 *apud* TORRES; MACHADO, 2008) a precipitação resulta de um estado avançado de condensação, ocorrendo quando a força gravitacional supera a força que mantém a umidade suspensa. A precipitação pode ser líquida ou sólida. Quando líquida pode ocorrer na forma de chuva ou chuvisco / garoa. E quando sólida, na forma de granizo, saraiva ou neve. Chuva é a precipitação de partículas de água líquida, na forma de gotas. As gotas de chuva possuem diâmetro mínimo de 0,5 milímetros (mm) e velocidade de queda de 3 metros / segundo⁻¹ (m/s⁻¹).

“Chuvas intensas, também chamadas de chuvas extremas, são aquelas que apresentam grandes lâminas precipitadas em pequenos intervalos de tempo.” (ARAÚJO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2003 *apud* CAMPOS *et al.*, 2014, p. 489).

Nessa pesquisa foi estudada somente a precipitação na forma de chuvas. No decorrer do trabalho será utilizado o termo precipitação como sinônimo de chuva.

Segundo Torres e Machado (2008) as chuvas podem ser classificadas, de acordo com a sua gênese, em:

- Chuvas convectivas ou de convecção: São originadas pela ascensão de uma massa de ar úmida em regiões quentes, formando nuvens de convecção (grandes cúmulos ou cumulonimbos). Devido ao aumento da concentração de vapor d'água ou ao resfriamento da massa de ar (que pode ser em função da altitude ou pela presença de ventos mais frios), ocorre a saturação do ar. As chuvas convectivas são pesadas e intensas e de curta duração, sendo comuns em regiões quentes e úmidas e mais frequentes nos meses do verão. Depois de ser atingida a temperatura máxima do dia, ocorre o seu decréscimo no final da tarde ou início da noite, despencando um forte

aguaceiro. Geralmente as chuvas são de curta duração e acompanhadas de raios, relâmpagos e trovões.

- Chuvas frontais ou ciclônicas: O encontro de duas massas de ar de características térmicas diferentes (uma de ar quente e outra de ar frio) gera instabilidades. O lento resfriamento do ar provoca a saturação e a condensação do vapor d'água, ocasionando as chuvas frontais. São chuvas moderadamente intensas e contínuas, atingindo áreas bastante extensas. São comuns nas médias latitudes, principalmente no inverno.
- Chuvas orográficas, orogênicas ou de relevo: Quando ventos úmidos encontram um obstáculo de relevo, são forçados a ascender para transpor esse obstáculo. Com a altitude o ar se resfria, podendo ocasionar a saturação, condensação do vapor d'água e precipitação. A chuva ocorre mais nas vertentes do obstáculo voltadas para o vento. Já do outro lado, o ar descendente é seco e geralmente frio, tendo as suas características iniciais modificadas.

3.1.2 Pluviometria

Pluviometria é o termo usado para a quantificação de precipitações. Normalmente se expressa a quantidade de precipitação em termos da espessura da camada d'água que se formaria sobre uma superfície horizontal, plana e impermeável, com uma área de 1 metro quadrado (m^2). Utiliza-se como unidade o milímetro, que é equivalente à queda de um litro de água por metro quadrado da projeção da superfície terrestre. Ou seja, $1 \text{ mm} = 1 \text{ litro} / m^2$ (uma precipitação de 60 mm é igual à queda de 60 litros de água por metro quadrado de projeção). (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Considera-se duração da precipitação a diferença de tempo entre os instantes de início e de término. A intensidade da chuva é definida pela quantidade de água caída por unidade de tempo, sendo normalmente expressa em milímetros por hora (mm / h). (VAREJÃO-SILVA, 2006). A precipitação é intensa / extrema (também chamada de aguaceiros) quando grande quantidade de água cai em pouco tempo.

Para quantificar a precipitação são utilizados instrumentos. Os pluviômetros ou udômetros são instrumentos de leitura direta. Já os registradores têm a vantagem de possibilitar também a determinação da intensidade e da duração da chuva. Os registradores são chamados de pluviógrafos ou udógrafos. (VAREJÃO-SILVA, 2006).

3.1.3 Fatores relacionados à precipitação intensa no leste de Santa Catarina

Eventos de precipitação intensa são comuns nas Mesorregiões da Grande Florianópolis e Vale do Itajaí. São muitos os fatores que contribuem para a ocorrência desses eventos. Podemos citar a localização geográfica, o tipo climático, os sistemas atmosféricos atuantes, o relevo e a forte influência do oceano.

Pela classificação climática de Köppen (1918 *apud* PANDOLFO *et al*, 2002) Santa Catarina apresenta clima mesotérmico úmido (sem estação seca definida), incluindo os subtipos climáticos Cfa (subtropical com verão quente e tendência de concentração de chuvas no verão) e Cfb (temperado propriamente dito com verão fresco).

As massas de ar que mais atuam no estado são a Massa Tropical Atlântica e a Massa Polar Atlântica. O encontro dessas duas massas de ar forma as frentes frias (que provocam as chuvas frontais), muito comuns em Santa Catarina no inverno. Já no verão predominam as chuvas convectivas. Em algumas cidades também ocorrem as chuvas orográficas. (UFSC / CEPED, 2013).

A localização geográfica da área de estudo, em latitudes médias, propicia uma maior quantidade de chuvas.

A precipitação é mais elevada nas regiões de ascendência das massas de ar. Nas zonas de convergência de fluxos de ar horizontais na região equatorial, nas zonas de perturbações atmosféricas nas latitudes médias e a barlavento das montanhas. (AYOADE, 2003).

No estado de Santa Catarina temos a atuação de sistemas atmosféricos bem variados. Muitos desses sistemas são responsáveis por gerar instabilidades e precipitação.

De acordo com Monteiro (2001, p. 70), “os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no estado são as frentes frias, os vórtices ciclônicos, os cavados de níveis médios, a convecção tropical, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a circulação marítima”.

A configuração do relevo em Santa Catarina tem grande contribuição na distribuição de chuvas no estado. Temos a planície litorânea a leste, seguida pelas serras, e o planalto na região central e oeste. A região em análise é fortemente influenciada pelo relevo e a umidade proveniente do oceano. Os ventos que se

deslocam do oceano em direção ao continente carregam umidade para a planície litorânea (circulação marítima).

Pissi (2010) estudou eventos de precipitação intensa no litoral de Santa Catarina e Vale do Itajaí ocasionados pela circulação marítima. A maioria dos episódios analisados esteve fortemente associada a anticiclones posicionados sobre o Oceano Atlântico Sul. Atuaram anticiclones migratórios e / ou a Alta Subtropical do Atlântico Sul. Também estavam posicionados sobre a Região Sul do Brasil sistemas de baixas pressões. As baixas pressões no continente, associadas aos sistemas de alta pressão sobre o oceano provocaram a circulação de ventos do quadrante leste. Os ventos de leste, carregados de umidade, persistiram por mais de um dia. Em todos os eventos a precipitação também foi persistente por mais de um dia, em alguns casos, por várias semanas.

De acordo com Monteiro e Mendonça (2007, p. 5):

[...] em Santa Catarina, os ventos de sudeste a nordeste, provenientes dos anticiclones sobre o Atlântico Sul, transportam muita umidade do oceano para o litoral. A umidade condensa formando muitas nuvens baixas do tipo stratus e stratocumulus, resultando em chuva fraca que se torna mais persistente no período noturno, quando a umidade aumenta.

As Serras do Leste Catarinense, a Serra Geral e a Serra do Mar formam uma barreira, que dificulta a passagem das massas de ar em direção ao oeste do estado. Dessa forma, elas forçam a ascensão do ar, que se resfria, o que provoca a formação de nuvens e precipitação. É o que se chama de efeito da orografia que, conforme Hill (1993 *apud* HAAS, 2002, p. 29),

[...] intensifica a precipitação pelo levantamento de parcelas de ar potencialmente instável, ou ela ajuda na formação de novas tempestades através das zonas de convergência quase estacionárias em baixo nível, que fornecem a umidade para o desenvolvimento de novas convecções.

Assim, boa parte da umidade proveniente do oceano fica retida no litoral, provocando, muitas vezes, precipitação intensa.

As serras atuam como divisores de água, formando duas vertentes em Santa Catarina. A rede hidrográfica no estado é formada pela vertente do interior e a vertente atlântica.

De acordo com Santa Catarina (1986 *apud* UFSC / CEPED, 2013, p. 24) a vertente dirigida diretamente para o atlântico, a leste do Estado, forma um conjunto de bacias isoladas. Esta vertente abrange 37 % do território, destacando-se a Bacia do Rio Itajaí. A vertente do interior drena para oeste por um sistema integrado do interior, abrangendo 63 % do território. Tem como principal bacia a dos rios Paraná – Uruguai, e está inserida na região de planaltos. A Serra Geral é o grande divisor das águas dessas duas vertentes. No norte de Santa Catarina o divisor de águas é a Serra do Mar, que divide a Bacia do Iguaçu e as bacias da vertente atlântica, que drenam para o litoral norte.

3.1.4 Fenômeno ENOS - El Niño e La Niña

Por se tratar de um fenômeno de escala global, há necessidade de um entendimento a respeito dos eventos El Niño e La Niña.

O ENOS é um fenômeno de interação atmosfera-oceano, relacionado a alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios no oceano pacífico. O El Niño está associado ao aquecimento anormal da TSM e o La Niña, ao resfriamento). (OLIVEIRA, 2001 *apud* TORRES; MACHADO, 2008).

De acordo com Torres e Machado (2008, p. 195):

[...] tanto o El Niño quanto o seu oposto, a La Niña, são resultados de alterações no comportamento normal da chamada “célula de Walker”, circuito de circulação de ventos de sentido oeste/leste e que ocorre normalmente entre o Pacífico Leste (costa Peruana) e Oeste (Indonésia/Austrália), ao sul do Equador. As causas das modificações nessa “gangorra barométrica” é que ainda não são claras, embora saiba-se que estejam envolvidos no processo de aumento e/ou diminuição da temperatura das águas do Pacífico Austral, modificações no comportamento dos ventos Alísios de Sudeste, nas correntes marítimas e nas ressurgências da corrente fria de Humboldt na costa oeste da América do Sul (Equador e Peru).

Os eventos de El Niño e La Niña tendem a se alternar cada 3 a 7 anos. O ápice do fenômeno ocorre no final de dezembro. (TORRES; MACHADO, 2008).

O fenômeno ENOS pode causar eventos extremos de temperatura e precipitação em várias partes do globo.

Na região sul do Brasil os efeitos do El Niño são precipitação abundante, principalmente na primavera e inverno, e aumento da temperatura média. Já em relação à La Niña, os efeitos são secas severas. (OLIVEIRA, 2001 *apud* TORRES; MACHADO, 2008).

Nos eventos de El Niño, os episódios chuvosos são originados de frentes frias semi-estacionárias provenientes do sul, que ficam por vários dias sobre a região sul do Brasil. Nos episódios de La Niña as frentes frias costumam passar com frequência pela região, ocorrendo redução da precipitação no intervalo entre junho a fevereiro. Em alguns eventos de La Niña ocorrem muitas chuvas no período janeiro-fevereiro, porém isso não é característico de todas as ocorrências. As temperaturas ficam próximo às médias ou com leve decréscimo no inverno e verão. (VALENTE, 2015).

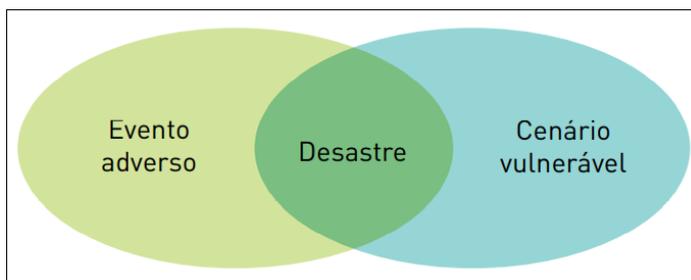
De acordo com Aguiar e Mendonça (2004, p. 769) o El Niño (fenômeno ENOS em sua fase positiva) intensifica o jato subtropical em altos níveis, e este intensifica e bloqueia os sistemas frontais sobre a Região Sul. Este fenômeno causa aumento significativo da precipitação em Santa Catarina. Já nos anos de La Niña (fase negativa) as chuvas ficam abaixo da média. O fenômeno ENOS influencia também na variação térmica, pois atua no ritmo de deslocamento das frentes. Os anos de El Niño tendem a ser mais quentes do que os de La Niña.

3.2 DESASTRES NATURAIS

3.2.1 Conceitos relacionados aos desastres

Os desastres resultam da ocorrência de grandes eventos adversos (naturais ou provocados pelo homem) sobre um cenário vulnerável, conforme a Figura 2 abaixo. Eles provocam grandes danos humanos, materiais, ambientais ou econômicos. (BRASIL, 2012 *apud* UFRGS / CEPED, 2016, p. 26). Os desastres naturais são originados por fenômenos naturais. Estes fenômenos são acontecimentos naturais, que ocorrem sem a interferência humana, como tempestade, tornado, seca, terremoto, vulcão, epidemia, infestações / pragas.

Figura 2 – Desastre como resultado de evento adverso mais cenário vulnerável

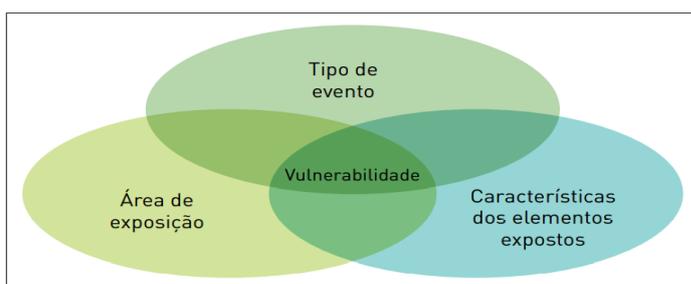


Fonte: UFRGS / CEPED (2016, p. 26).

Eventos adversos são fenômenos da natureza ou causados pela ação antrópica, que causam danos e prejuízos às pessoas ou ao ambiente. Os efeitos dos eventos adversos podem ou não causar acidentes ou desastres. Vulnerabilidade está relacionada às condições preexistentes dos elementos sob ameaça ou em perigo. Os elementos (indivíduos, comunidades ou cenários expostos) podem estar mais ou menos propensos a serem afetados por um processo perigoso, a depender das condições preexistentes. A vulnerabilidade pode ser avaliada através do grau esperado de danos e prejuízos, caso aconteça o evento. (UFRGS / CEPED, 2016).

Na Figura 3 se percebe que a vulnerabilidade está relacionada com as características dos elementos expostos, o tipo de evento e a área de exposição.

Figura 3 – Vulnerabilidade e suas interações



Fonte: UFRGS / CEPED (2016, p. 33).

A ameaça está relacionada à suscetibilidade (grau de predisposição de ocorrência de um tipo de processo em uma área específica, sem que sejam considerados os possíveis danos e seu período de recorrência). A ameaça possibilita a ocorrência de eventos adversos, podendo causar danos e prejuízos. As ameaças podem se transformar em desastres dependendo do grau de exposição de uma população e dos recursos físicos e econômicos que ela possui. Na avaliação da ameaça não se inclui a probabilidade temporal de ocorrência dos eventos. Já no

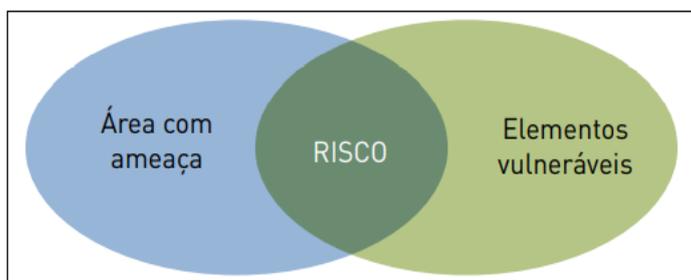
perigo também é avaliada a probabilidade quantitativa ou qualitativa de que os eventos adversos ocorram. Pode-se realizar estimativas dos intervalos de tempo de ocorrência (frequência). Assim, cada ameaça terá a sua probabilidade avaliada. (UFRGS / CEPED, 2016).

Em relação ao risco a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil utiliza o mesmo conceito da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD), que define como:

O risco é a probabilidade de que ocorram consequências prejudiciais e/ou danos (como, por exemplo, mortes, lesões, prejuízos econômicos, interrupção de serviços, entre outros), resultado da interação entre as ameaças e a vulnerabilidade. Convencionalmente, o risco é expresso pela equação: $RISCO = Ameaça \times Vulnerabilidade$. (EIRD *apud* UFRGS / CEPED, 2016, p. 38).

O risco existe quando elementos vulneráveis estão em uma área com ameaça, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Relação entre risco, elementos vulneráveis e áreas com ameaças



Fonte: UFRGS / CEPED (2016, p. 38).

3.2.1.1 Conceitos de desastres relacionados a chuvas intensas

Brasil (2016) – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) classifica, codifica e caracteriza os desastres. Aqueles que são analisados nessa pesquisa são caracterizados como:

Chuvas intensas: São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).

Inundações: Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.

Enxurradas: Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.

Alagamentos: Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

Deslizamentos de solo e / ou rocha: São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.

Subsidências e colapsos: Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso. (grifo nosso).

Já as corridas de massa são classificadas por Brasil (2016) como corridas de massa de solo / lama e corridas de massa de rocha / detrito:

Solo / Lama: Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.

Rocha / Detrito: Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo. (grifo nosso).

As chuvas intensas também podem ocasionar quedas, tombamentos e rolamentos de blocos, lascas, matacões e lajes. Além disso, provocam erosões, que são classificadas por Brasil (2016) em: erosão costeira / marinha, erosão de margem fluvial e erosão continental (laminar, ravinas, boçorocas).

3.2.2 Classificação de desastres

No Brasil, os desastres são classificados pela Instrução Normativa (IN) nº 2 de 2016, emitida pelo Ministério da Integração Nacional. No anexo V da IN consta a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), que os divide em duas categorias: naturais e tecnológicos.

Os desastres naturais (objeto de estudo desta pesquisa) são classificados conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
1. NATURAL	1. GEOLÓGICO	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
		3. Movimento de massa	1. Quedas, Tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
				2. Lascas	1.1.3.1.2
				3. Matacões	1.1.3.1.3
				4. Lajes	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1
			3. Corridas de Massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
			2. Rocha/Detrimento	1.1.3.3.2	
		4. Subsídências e colapsos	0	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão Costeira/Marinha	0	1.1.4.1.0
			2. Erosão de Margem Fluvial	0	1.1.4.2.0
	3. Erosão Continental		1. Laminar	1.1.4.3.1	
			2. Ravinas	1.1.4.3.2	
			3. Boçorocas	1.1.4.3.3	
	2. HIDROLÓGICO	1. Inundações	0	1.2.1.0.0	
		2. Enxurradas	0	1.2.2.0.0	
		3. Alagamentos	0	1.2.3.0.0	
	3. METEOROLÓGICO	1. Sistemas de Grande Escala/Escala Regional	1. Ciclones	1. Ventos Costeiros (Mobilidade de Dunas)	1.3.1.1.1
				2. Marés de Tempestade (Ressacas)	1.3.1.1.2
			2. Frentes Frias/Zonas de Convergência	0	1.3.1.2.0
		2. Tempestades	1. Tempestade Local/Convectiva	1. Tornados	1.3.2.1.1
				2. Tempestade de Raios	1.3.2.1.2
				3. Granizo	1.3.2.1.3
				4. Chuvas Intensas	1.3.2.1.4
				5. Vendaval	1.3.2.1.5
		3. Temperaturas Extremas	1. Onda de Calor	0	1.3.3.1.0
			2. Onda de Frio	1. Friagem	1.3.3.2.1
		2. Geadas	1.3.3.2.2		
	4. CLIMATOLÓGICO	1. Seca	1. Estiagem	0	1.4.1.1.0
			2. Seca	0	1.4.1.2.0
			3. Incêndio Florestal	1. Incêndios em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais	1.4.1.3.1
2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar				1.4.1.3.2	
4. Baixa Humidade do Ar			0	1.4.1.4.0	

5. BIOLÓGICO	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0	1.5.1.1.0
		2. Doenças infecciosas bacterianas	0	1.5.1.2.0
		3. Doenças infecciosas parasíticas	0	1.5.1.3.0
		4. Doenças infecciosas fúngicas	0	1.5.1.4.0
	2. Infestações/Pragas	1. Infestações de animais	0	1.5.2.1.0
		2. Infestações de algas	1. Marés vermelhas	1.5.2.2.1
			2. Ciano bactérias em reservatórios	1.5.2.2.2
		3. Outras Infestações	0	1.5.2.3.0

Fonte: Adaptado de Brasil (2016, anexo V).

Os desastres analisados nesta pesquisa, que são associados a precipitação intensa, são classificados por Brasil (2016) - Cobrade como desastres naturais. As chuvas intensas são identificadas como desastres naturais meteorológicos, do tipo tempestades, tempestade local / convectiva. Já as inundações, enxurradas e alagamentos são classificados como desastres naturais hidrológicos. Os movimentos de massa (quedas, tombamentos e rolamentos, deslizamentos, corridas de massa e subsidências e colapsos) são do tipo desastres naturais geológicos.

Quanto à intensidade, os desastres são classificados pela Instrução Normativa nº 2 / 2016 - Brasil (2016) em:

- Nível I - pequena intensidade: existem somente danos humanos consideráveis e os recursos de governos locais ou complementados por estaduais e federais são capazes de restabelecer a situação de normalidade.
- Nível II - média intensidade: os danos e prejuízos são suportáveis e superáveis com o aporte de recursos de governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais ou complementados por estaduais e federais.
- Nível III - grande intensidade: os danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis por governos locais e para o restabelecimento da situação de normalidade é necessário a mobilização e ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e, às vezes, de ajuda internacional.

De acordo com a mesma IN, é decretada situação de emergência nos desastres de nível I e II, e estado de calamidade pública nos desastres de nível III.

A intensidade de um desastre decorre da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade dos elementos expostos, sendo que normalmente o fator preponderante é o grau de vulnerabilidade. (CASTRO, 2003 *apud* UFRGS / CEPED, 2016).

Os desastres também são classificados em função da sua evolução, em súbitos ou de evolução aguda e graduais ou de evolução crônica; e origem, em naturais e tecnológicos, conforme descrito na Figura 5.

Figura 5 – Classificação dos desastres quanto a sua evolução e origem

EVOLUÇÃO	Súbitos ou de evolução aguda: se caracterizam pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos, podendo ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais
	Graduais ou de evolução crônica: se caracterizam por evoluírem em etapas de agravamento progressivo
ORIGEM	Naturais: causados por processos ou fenômenos naturais
	Tecnológicos: originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas

Fonte: Adaptado de Brasil (2012 apud UFRGS / CEPED, 2016, p. 27).

3.2.3 Desastres naturais no Brasil

O tipo de precipitação que mais ocorre no Brasil é a chuva, sendo o elemento climático que deflagra os principais desastres naturais no país (inundações e escorregamentos). A chuva tem sido também o elemento do clima que transforma mais rapidamente a paisagem no meio tropical e subtropical. Os episódios de chuvas concentradas (chuvas intensas ou aguaceiros) ocorrem anualmente, principalmente no verão. Muitas vezes ocasionam tragédias, sobretudo nas grandes cidades e na zona costeira. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

No país, as enxurradas e inundações são os desastres que mais causam prejuízos econômicos. Santa Catarina e Rio Grande do Sul são os estados com o maior número de registros de enxurradas, principalmente nos meses de janeiro. (UFRGS / CEPED, 2016).

No Brasil os desastres naturais têm estreita ligação com a ocupação do solo. Com a industrialização, que ocorreu de forma mais acentuada nas décadas de 30, 40 e 50 do século XX, houve um forte processo de êxodo rural. A população que até então era predominantemente rural, passou a ocupar de forma intensa as áreas urbanas. As cidades expandiram sem a infraestrutura adequada.

Nos locais altamente urbanizados, grandes áreas da superfície estão impermeabilizadas, aumentando o escoamento superficial. Além disso, muitos córregos e rios foram retificados, murados ou tubulados, com a implantação de sistemas de drenagem artificiais, muitas vezes, ineficientes.

Nos grandes centros urbanos existe um elevado adensamento populacional, com a ocupação de áreas de risco. Inúmeras construções irregulares ocupam as Áreas de Preservação Permanente dos rios e as encostas de morros.

Essa situação expõe a população aos riscos e os desastres são frequentes.

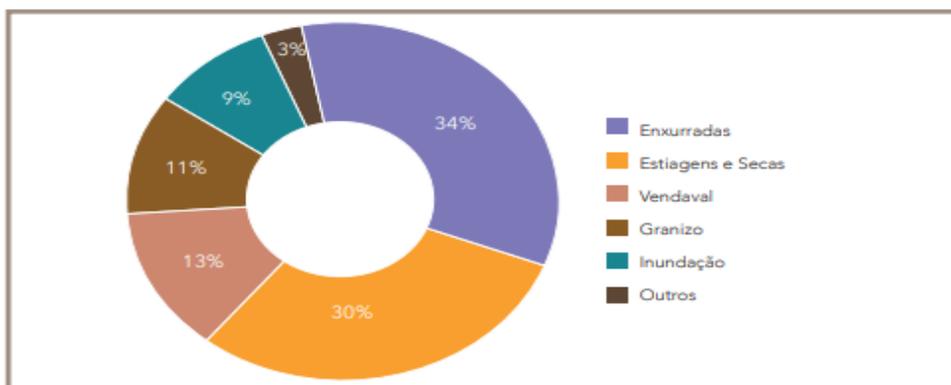
Apesar de, em teoria, toda a sociedade estar ameaçada de forma igualitária pelos perigos naturais, na prática, proporcionalmente, os mais desfavorecidos são os mais atingidos. Isso porque existe um número muito maior de população de baixa renda que vive em moradias precárias, em áreas densamente povoadas e de maior suscetibilidade aos perigos. Mais de noventa por cento da população em risco está nos países em desenvolvimento, sendo que o crescimento anual dessa população está em torno de setenta a oitenta milhões de pessoas. A estratégia para redução dos desastres deve ser construída com políticas de desenvolvimento sustentável, levando em conta os perigos existentes e os planos para redução dos riscos. (ALCANTARA-AYALA, 2002; UN-ISDR, 2004 *apud* TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

3.2.3.1 Panorama em Santa Catarina

Entre os anos de 1980 a 2003, de acordo com dados de Relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN), ocorreram em Santa Catarina 1.299 eventos de inundações graduais, 555 de inundações bruscas e 140 de escorregamentos. Além destes, foram registradas 492 ocorrências de estiagens, 342 de granizo, 502 de vendaval e 43 de tornados. Também foram registrados, a partir de 1998, 26 eventos de marés de tempestades. (HERRMANN, 2007).

O Gráfico 1 mostra que em Santa Catarina, entre os anos de 1991 a 2012, as enxurradas foram os desastres mais comuns.

Gráfico 1 - Percentual dos desastres naturais mais recorrentes em Santa Catarina, no período de 1991 a 2012



Fonte: Brasil (2013 *apud* UFSC / CEPED, 2013, p. 163).

Entre os anos de 1991 e 2012 foram registrados em Santa Catarina 1.696 eventos de enxurradas severas caracterizadas como desastres. A Mesorregião do Vale do Itajaí foi afetada por 27 % das mais de 1,5 mil enxurradas registradas, sendo a mais atingida. Os municípios mais afetados no período foram Camboriú e Florianópolis (21 registros em cada município), Blumenau, São José e Timbé do Sul (16 registros) e Araranguá, Biguaçu e Palhoça (15 registros). (UFSC / CEPED, 2013).

Em relação as inundações excepcionais caracterizadas como desastres, foram registrados em Santa Catarina, entre 1991 e 2012, 449 eventos. Nesse caso a Mesorregião do Vale do Itajaí também foi a mais afetada, com 104 registros. Os municípios mais atingidos foram Joinville e Rio Rufino, com 8 ocorrências cada; Blumenau, Porto União e Rio do Sul, com 7 ocorrências em cada município. (UFSC / CEPED, 2013).

Em Santa Catarina, entre 1991 e 2012, foram registrados 36 desastres relacionados a movimentos de massa (33 de deslizamentos de solo e / ou rocha e 3 de corridas de solo / lama). As mesorregiões mais atingidas foram Vale do Itajaí (12 eventos), Grande Florianópolis (8 eventos) e Norte Catarinense (6 eventos). Os municípios mais afetados foram Florianópolis e Gaspar, com 2 registros cada. (UFSC / CEPED, 2013).

Na Mesorregião Vale do Itajaí foram registrados, no período de 1980 a 2003, 674 desastres naturais. O maior número de ocorrências foi de inundações (449 eventos), correspondendo a 66,6 %. Dessas, foram registradas 284 inundações graduais (42,1 %) e 165 inundações bruscas (24,5 %). Todos os municípios foram atingidos pelas inundações durante o período de 1980 a 2004. Os que tiveram maior

número de registros foram Blumenau (32), Rio do Sul (18), Ituporanga (17), Benedito Novo, Salete e Itajaí (15 registros em cada). Os escorregamentos responderam por 7,4 % dos desastres registrados no período. (HERRMANN, 2007).

Na Mesorregião Grande Florianópolis, entre 1980 e 2003, foram computados 288 desastres naturais. Ocorreram 204 eventos de inundações (70,8%), sendo 132 inundações graduais (45,8 %) e 72 inundações bruscas (25 %). Os municípios com maior número de registro de inundações foram Florianópolis (21), Palhoça (17), Biguaçu (16), Antônio Carlos e Anitápolis (14 registros cada), São José, Angelina e Alfredo Wagner (13 registros cada). Foram registrados no período 26 escorregamentos, sendo que destes, foram 9 episódios em Florianópolis. (HERRMANN, 2007).

As inundações foram o tipo de desastre natural que mais resultou em número de desabrigados e mortos em Santa Catarina entre os anos de 1980 a 2004. Nesse período, os anos de 1983 e 1984 foram os que tiveram o maior número de municípios atingidos. Em julho de 1983 foram 90 municípios atingidos, com 197.790 desabrigados e 49 mortos. Os municípios com maior número de vítimas foram Blumenau, com 50.000 desabrigados e 8 mortos (29,3 % da população); Itajaí, com 40.000 desabrigados e 5 mortos (42,3 % da população) e Rio do Sul, com 25.000 desabrigados e 5 mortos (64,7 % da população). Em agosto de 1984 todo o estado foi afetado pelas inundações, totalizando 155.200 desabrigados e 2 mortos. Destacou-se Blumenau, com 70.000 desabrigados (39,9 % da população). Em relação aos escorregamentos, os anos de 1983 e 1994 (18 ocorrências em cada ano) e 2001 (47 ocorrências) tiveram os maiores registros. Em magnitude destacou-se dezembro de 1995, com 7 registros. (HERRMANN, 2007).

Entre os anos de 1991 a 2012, a Mesorregião do Vale do Itajaí foi a que mais registrou falecimentos devido aos desastres naturais, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Falecimentos registrados pelos municípios de SC entre 1991 e 2012, causados por desastres naturais

Município	Mesorregião	Mortos
Blumenau	Vale do Itajaí	92
Ilhota	Vale do Itajaí	26
Gaspar	Vale do Itajaí	16
Jaraguá do Sul	Norte Catarinense	14
Luiz Alves	Vale do Itajaí	10
Timbé do Sul	Sul Catarinense	10
São José	Grande Florianópolis	10

Fonte: Brasil (2013 *apud* UFSC / CEPED, 2013, p. 165).

O ano de 2008 foi marcado pela grande quantidade de desastres naturais em Santa Catarina, desencadeados principalmente por chuvas intensas.

De acordo com dados da Defesa Civil de SC, em novembro de 2008 foram registrados no estado 82 decretos de SE ou ECP, todos classificados como inundações bruscas. Foram registrados 6 decretos de inundação brusca no dia 21, 10 no dia 22, 11 no dia 23 e 27 decretos somente no dia 24 de novembro. Ao todo, foram 54 registros entre os dias 21 e 24 de novembro. (PISSI, 2010).

Os desastres de 2008 afetaram grande quantidade de pessoas, resultando em muitos desabrigados, desalojados e mortos.

Conforme a Tabela 2 abaixo, as Mesorregiões do Vale do Itajaí e Grande Florianópolis (analisadas nesta pesquisa) figuram entre as que apresentaram maior quantidade de pessoas afetadas, com destaque para o ano de 2008.

Tabela 2 – Danos humanos relacionados aos eventos mais severos de 1991 a 2012

Ano	Município	Mesorregião	Desabrigados	Desalojados	Afetados
2008	Joinville	Norte Catarinense	510	6.200	492.101
2011	Joinville	Norte Catarinense	130	7.200	210.000
2011	Florianópolis	Grande Florianópolis	50	150	200.000
2011	Criciúma	Sul Catarinense	108	2.320	192.236
2010	Criciúma	Sul Catarinense	68	1.161	188.233
2008	Itajaí	Vale Do Itajaí	17.926	1.929	163.219
2010	São José	Grande Florianópolis	257	1.303	157.240
2010	Florianópolis	Grande Florianópolis	64	526	138.573
2011	São José	Grande Florianópolis	0	492	131.453
2010	São José	Grande Florianópolis	110	615	130.000

Fonte: Brasil (2013 *apud* UFSC / CEPED, 2013, p. 50).

Na região do Vale do Itajaí, entre os dias 21 e 23 de novembro de 2008, choveu aproximadamente 600 mm. Ocorreu o registro de 135 mortes e 2 pessoas desaparecidas. Milhares de pessoas ficaram desabrigadas e desalojadas, além de elevados prejuízos econômicos. (DEDC / SC, 2009 *apud* TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

3.3 SOCIEDADE DE RISCOS

O avanço tecnológico possibilitou progresso em muitas áreas, trazendo grandes benefícios e melhorando a qualidade de vida das pessoas. Por outro lado, a sociedade foi desenvolvendo as suas atividades sem levar em conta as consequências.

Os riscos sempre existiram, mas esse desenvolvimento impensado fez com que aumentassem muito com o passar do tempo. O mais intrigante é que criamos riscos a nós mesmos. Utilizamos substâncias tóxicas, degradamos os ecossistemas, criamos produtos perigosos, contaminamos a água e os alimentos que consumimos, o ar que respiramos.

Somos uma sociedade de risco que é:

[...] uma sociedade que convive com a possibilidade de danos e prejuízos decorrentes das suas atividades. Nesse sentido, determinadas situações, que deveriam ser consideradas exceções, ameaçam converter-se em normalidade em função das atividades exercidas pela população, gerando, desta forma, um processo de risco contínuo. (UFRGS / CEPED, 2016, p. 49).

Em uma sociedade exposta a tantos riscos, os desastres passam a ser algo corriqueiro. Nesse contexto, o gerenciamento de desastres naturais se torna extremamente importante, com a atuação em três momentos do desastre: antes (prevenção, mitigação, preparação e alerta), durante (resposta) e depois (reabilitação e reconstrução), conforme explicitado na Figura 6.

Figura 6 – Atividades de gerenciamento de riscos e respostas a desastres

Antes do desastre	Durante o desastre	Depois do desastre
Prevenção: objetiva evitar que ocorra o evento.	Atividades de resposta ao desastre: são aquelas que se desenvolvem no período de emergência ou imediatamente após de ocorrido o evento. Podem envolver ações de evacuação, busca e resgate, de assistência e alívio à população afetada e ações que se realizam durante o período em que a comunidade se encontra desorganizada e os serviços básicos de infraestrutura não funcionam.	Reabilitação: período de transição que se inicia ao final da emergência e no qual se restabelecem os serviços vitais indispensáveis e os sistemas de abastecimento da comunidade afetada.
Mitigação: pretende minimizar o impacto do mesmo, reconhecendo que muitas vezes não é possível evitar sua ocorrência.		Reconstrução: caracteriza-se pelos esforços para reparar a infraestrutura danificada e restaurar o sistema de produção, revitalizar a economia, buscando alcançar ou superar o nível de desenvolvimento prévio ao desastre.
Preparação: estrutura a resposta		
Alerta: corresponde à notificação formal de um perigo iminente.		

Fonte: Cardona (1996 *apud* TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015, p. 163).

Qualquer cidade pode ser atingida por desastres, mas as suas intensidades dependem de como as autoridades lidam com as vulnerabilidades. As cidades resilientes realizam os investimentos necessários para reduzir os riscos, sendo capazes de se organizar antes de um desastre, durante e depois. Assim, elas terão melhores condições para conviver com os riscos de desastres, superá-los e se reconstruírem de forma mais rápida e eficiente. A resiliência engloba a capacidade de se antecipar, se preparar e lidar com os riscos, bem como se recuperar dos desastres, aprendendo com eles. (UFRGS / CEPED, 2016).

Para prevenir, mitigar e reduzir os riscos podem ser adotadas medidas estruturais e não estruturais. As estruturais são as obras, como reservatórios (bacias de retenção e de detenção), criação de espaços verdes, canalizações, restauração de calhas naturais, obras de contenção de encostas. Já dentre as não estruturais estão as normas, regulamentos, programas, fiscalização, campanhas educativas, sistemas de monitoramento, alerta e alarme, controle do uso e ocupação do solo.

Um exemplo de sistema de alerta é o Sistema de Alerta do Vale do Itajaí, em Santa Catarina.

Este foi o primeiro sistema de alerta a ser implantado no Brasil. Foi criado em 1984 com a intenção de prever as enchentes em todos os municípios de maior porte banhados pelo Rio Itajaí-Açu. Devido a algumas dificuldades a previsão ficou restrita ao município de Blumenau. O Sistema engloba monitoramentos do tempo e dos níveis das águas do Rio Itajaí-Açu. Além da confecção de modelos de previsão hidrológica e cartas de risco a inundação. Através de redes telemétricas é realizado o

monitoramento de chuvas e do nível das águas. (FRANK, 2003 *apud* TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015).

4 ANÁLISE DE CHUVA INTENSA E DESASTRES NATURAIS NO PERÍODO DE 1998 A 2009, NO VALE DO ITAJAÍ E GRANDE FLORIANÓPOLIS

A seguir são apresentados os gráficos que foram elaborados para as duas variáveis em estudo, com a análise de cada um deles.

As variáveis analisadas foram chuva intensa (soma diária acima de 50 mm) e desastres naturais. Os desastres estudados foram os classificados pela Defesa Civil de SC como inundação gradual (inundação), inundação brusca (enxurrada), escorregamento, deslizamento, chuva, forte chuva e alagamento.

Em um primeiro momento são apresentados os gráficos e análises para cada variável separadamente. Em seguida, é analisada a relação entre elas.

Verificou-se também a relação entre os eventos de chuva acima de 50 mm e o fenômeno ENOS.

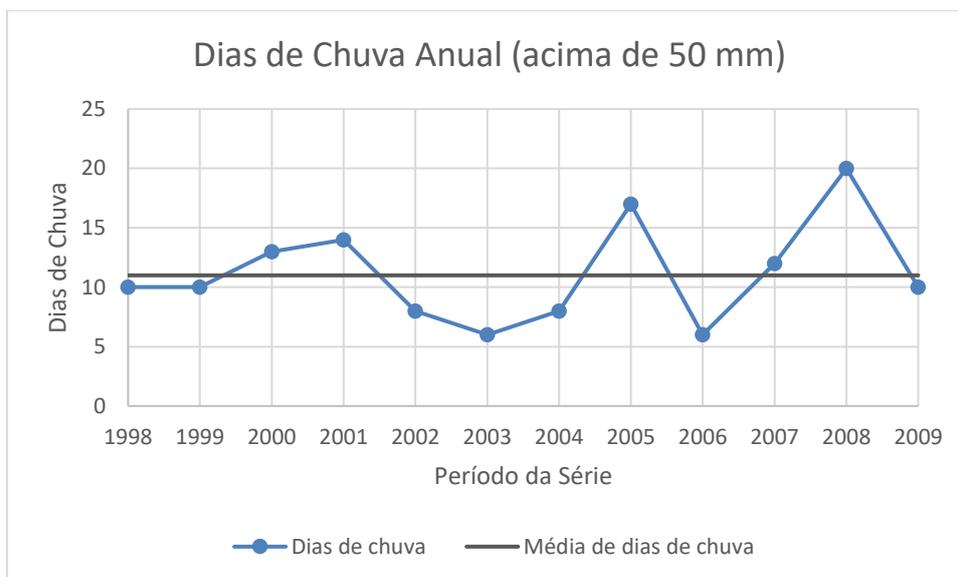
Foi realizada análise específica para dias com chuva maior que 100 mm, visto que na série (1998 a 2009) ocorreram volumes diários de chuva acima desse valor, inclusive alguns dias acima de 200 mm.

4.1 DIAS DE CHUVA ACIMA DE 50 MM

4.1.1 Registro anual e mensal de dias de chuva acima de 50 mm

Nos próximos 13 gráficos será analisada a oscilação da quantidade de dias de chuva acima de 50 mm, no período de 1998 a 2009. No primeiro gráfico consta a quantidade total de dias de chuva intensa em cada ano. Já os outros doze gráficos (um para cada mês, de janeiro a dezembro) trazem as quantidades mensais para cada ano da série.

Gráfico 2 – Chuva acima de 50 mm anual

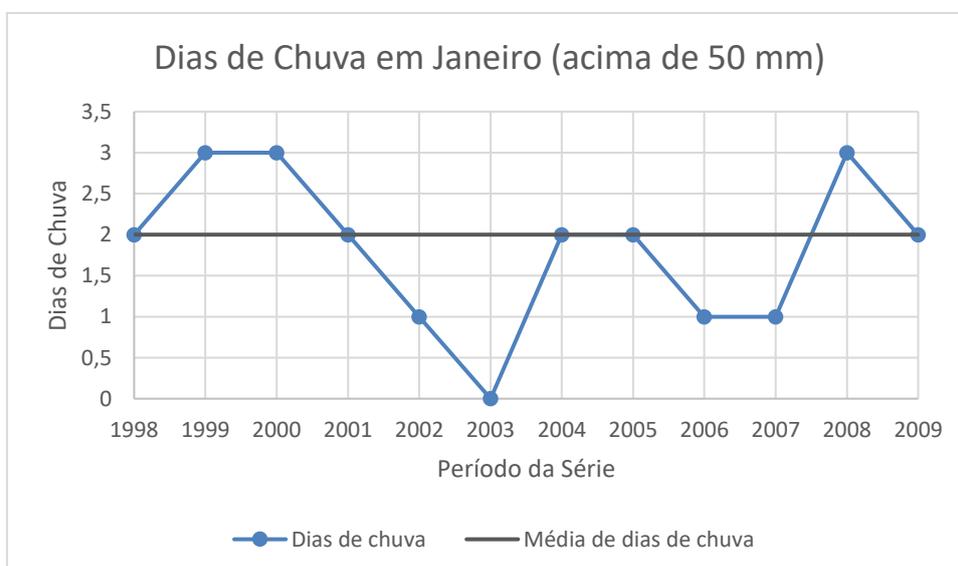


Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Durante o período de 1998 a 2009 foram registrados, no total, 134 dias com chuva acima de 50 mm.

Destacam-se os anos de 2008, com 20 dias de chuva, e de 2005, com 17 dias. Os anos que apresentaram a menor quantidade foram os anos de 2003 e 2006, com 6 dias de chuva. A média de dias de chuva anual para o período ficou em 11 dias. Nota-se que nos últimos anos da série a variação foi maior, com picos para mais e para menos.

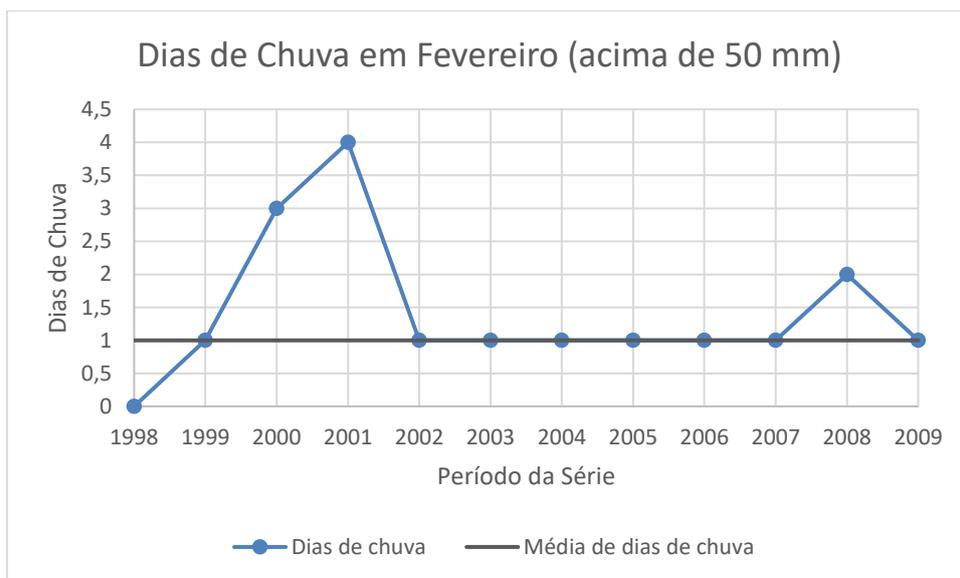
Gráfico 3 – Chuva acima de 50 mm em janeiro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No período de 1998 a 2009 somente o ano de 2003 não apresentou chuva acima de 50 mm no mês de janeiro. A média foi de 2 dias de chuva intensa em janeiro, sendo que esse mês apresentou bastante oscilação no período analisado. Os anos com valores maiores foram 1999, 2000 e 2008, com 3 dias.

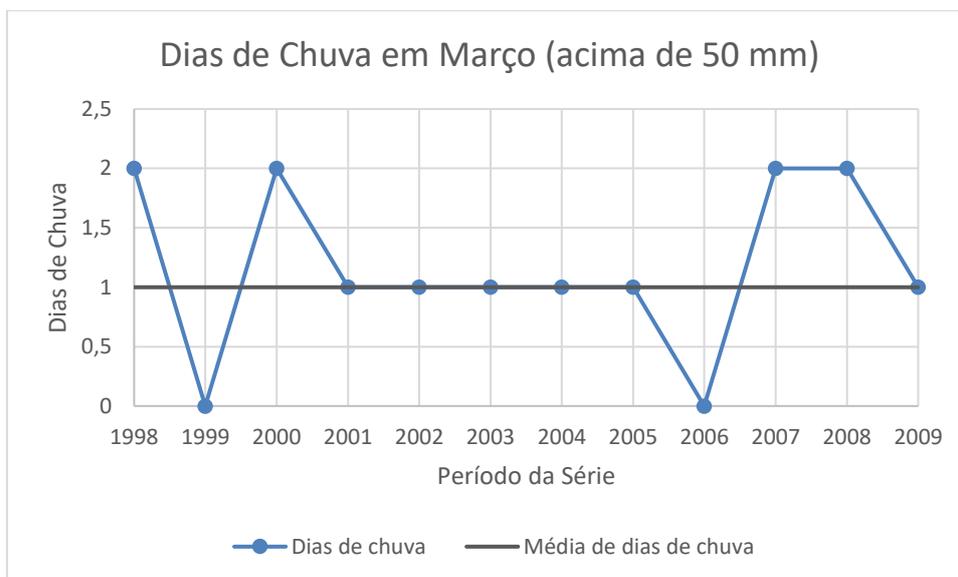
Gráfico 4 – Chuva acima de 50 mm em fevereiro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No mês de fevereiro, no período de 1998 a 2009, não houve muita oscilação na quantidade de dias de chuva intensa. A média de dias de chuva acima de 50 mm no mês foi de 1 dia. Dos doze anos da série analisada, oito apresentaram 1 dia de chuva intensa em fevereiro. O ano de 1998 não apresentou nenhum dia. Já os anos de 2000, 2001 e 2008 apresentaram valores superior à média, sendo 3, 4 e 2 dias, respectivamente.

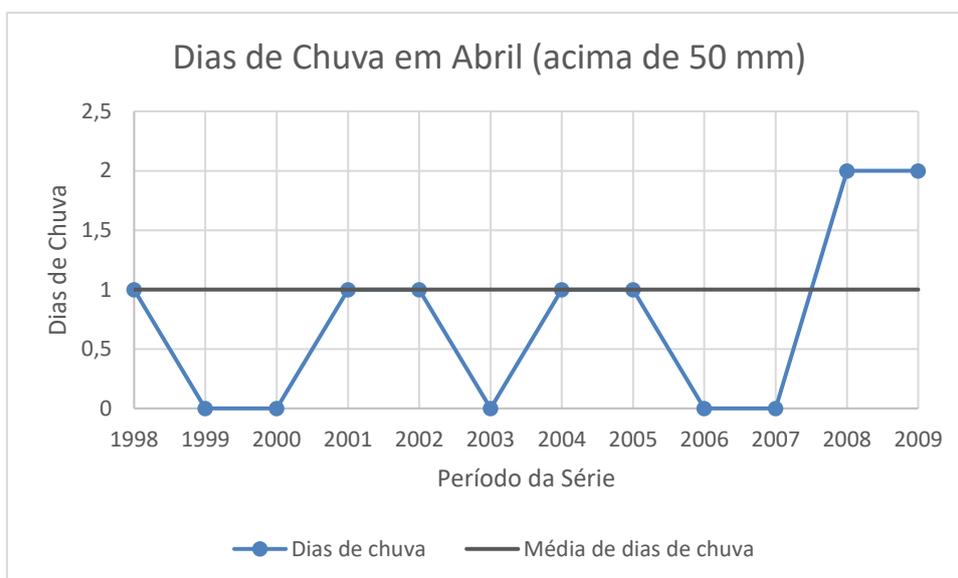
Gráfico 5 – Chuva acima de 50 mm em março



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em março de 1999 e 2006, em nenhum dia ocorreu chuva acima de 50 mm. Já nos outros anos da série os valores variaram entre 1 e 2 dias de chuva intensa no mês. A média foi de 1 dia.

Gráfico 6 – Chuva acima de 50 mm em abril

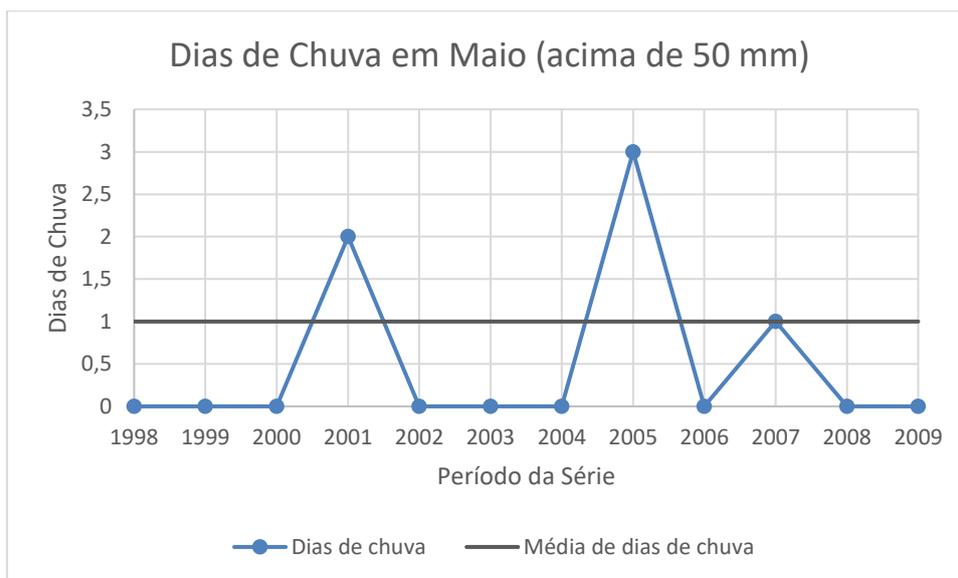


Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Para o período de 1998 a 2009, nota-se um padrão na ocorrência de dias de chuva intensa no mês de abril. No decorrer do tempo a quantidade de dias de chuva

acima de 50 mm vai oscilando entre 0 e 1 dia, em sua maioria. No período analisado, 5 anos apresentaram 1 dia de chuva intensa em abril e 5 anos, nenhum dia. Ocorreu aumento somente no final do período, quando em abril de 2008 e 2009 ocorreram 2 dias de chuva intensa. A média para a série foi de 1 dia.

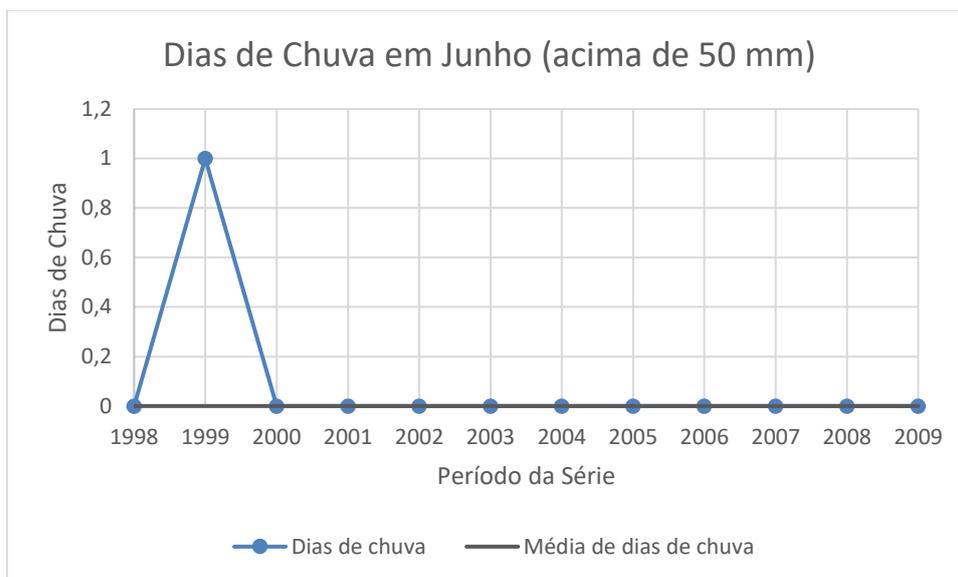
Gráfico 7 – Chuva acima de 50 mm em maio



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Dos 12 anos da série, somente 3 tiveram ocorrência de chuva acima de 50 mm em maio. O ano de 2005 foi o que teve maior quantidade de dias com chuva intensa no mês de maio, sendo 3 dias. No ano de 2001 foram 2 dias, e em 2007, 1 dia. A média para o mês de maio foi de 1 dia.

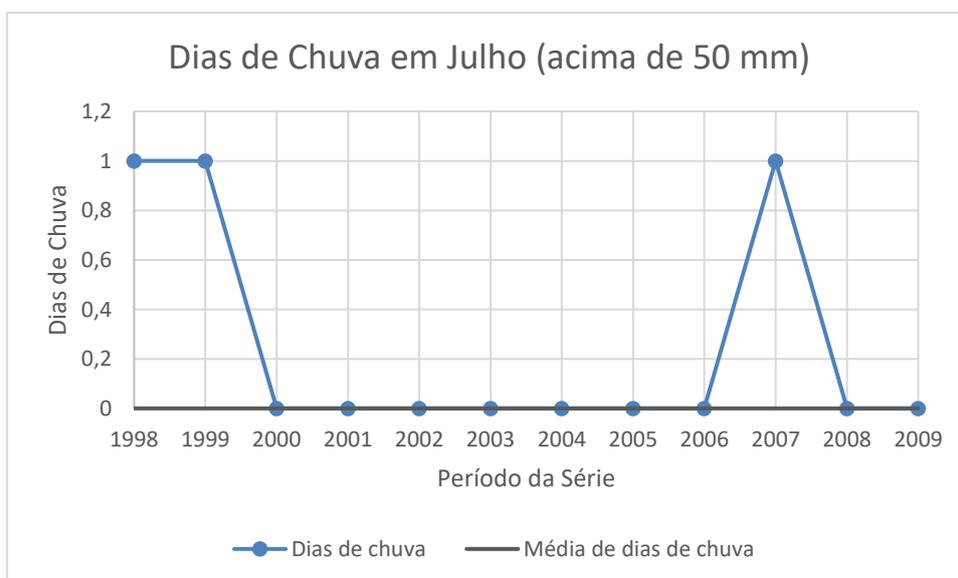
Gráfico 8 – Chuva acima de 50 mm em junho



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

A quantidade de dias de chuva intensa em junho se manteve constante, com nenhum registro de chuva acima de 50 mm. A exceção foi o ano de 1999, que teve 1 dia de chuva intensa.

Gráfico 9 – Chuva acima de 50 mm em julho

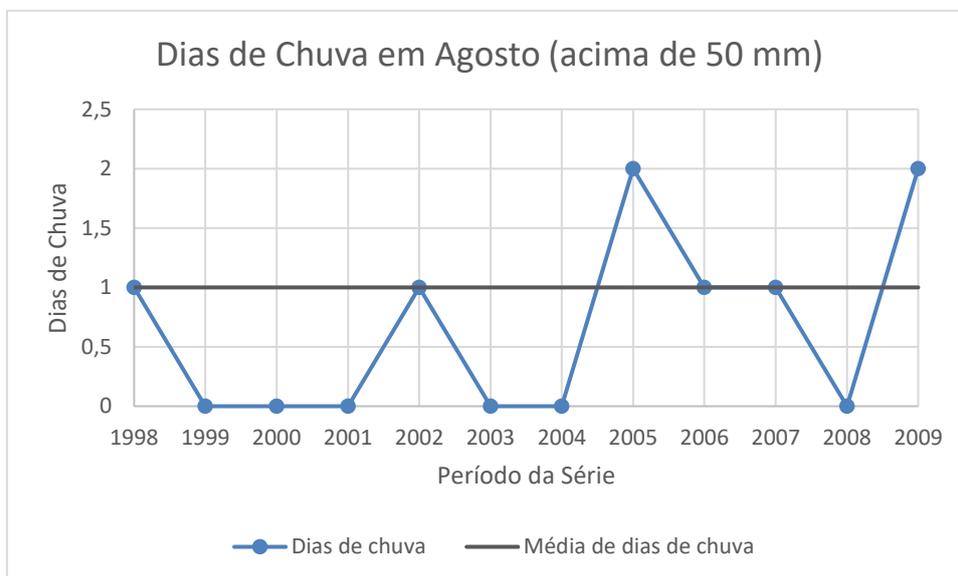


Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em julho não houve muita oscilação na quantidade de dias com chuva intensa. Somente os anos de 1998, 1999 e 2007 registraram 1 dia de chuva acima de 50 mm

no mês. Nos outros anos não ocorreu chuva intensa. A média para o período analisado foi de nenhum dia de chuva intensa em julho.

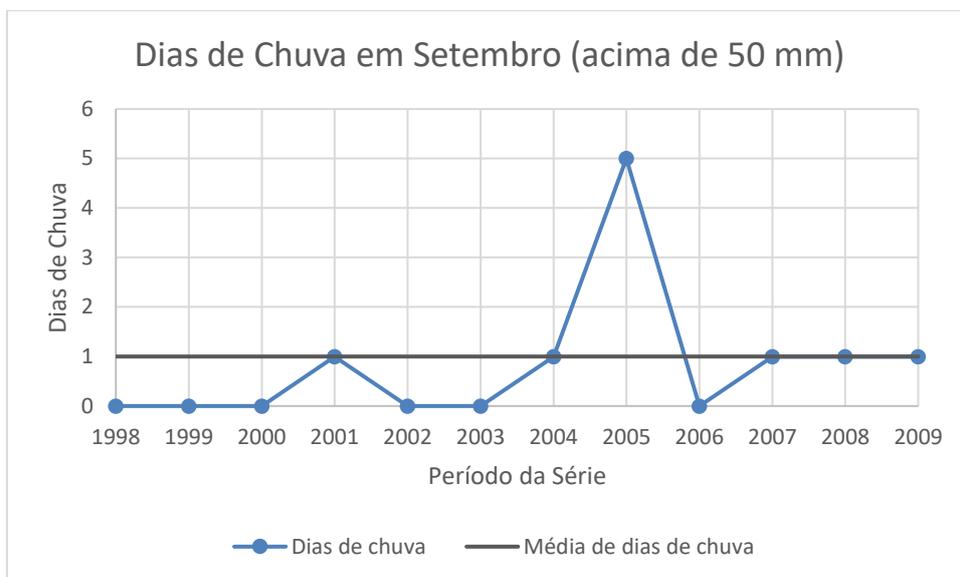
Gráfico 10 – Chuva acima de 50 mm em agosto



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

O mês de agosto apresentou bastante oscilação na quantidade de dias de chuva acima de 50 mm. Os anos com maiores quantidades foram 2005 e 2009, com 2 dias. Já os anos de 1999, 2000, 2001, 2003, 2004 e 2008 não tiveram nenhum registro de chuva acima de 50 mm. A média para agosto foi de 1 dia de chuva intensa. Até 2004 os valores variaram entre 0 e 1 dia, apresentando leve aumento a partir desse ano.

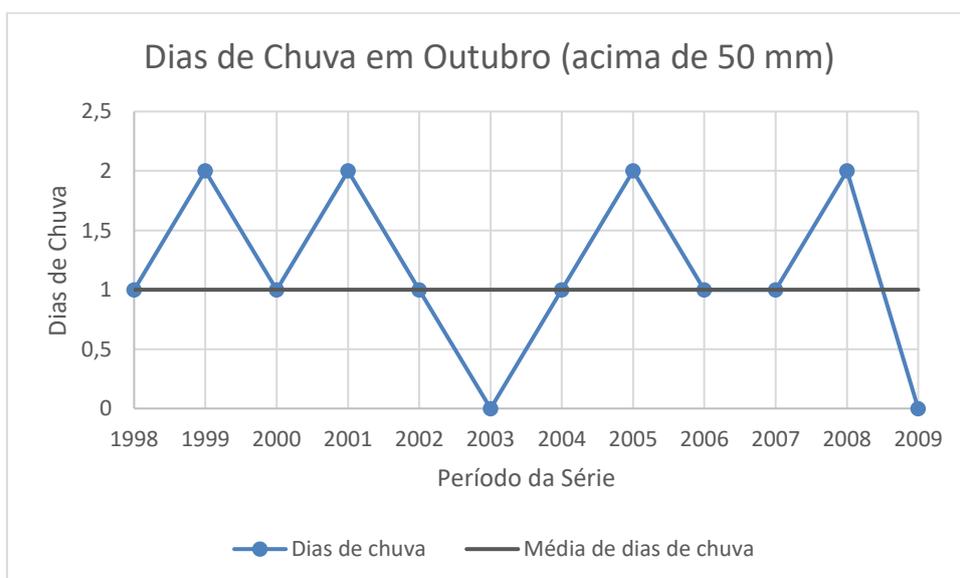
Gráfico 11 – Chuva acima de 50 mm em setembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

O mês de setembro não apresentou muita variabilidade na quantidade de dias de chuva acima de 50 mm. Os valores oscilaram entre 0 e 1 dia, exceção do ano de 2005, que teve 5 dias de chuva intensa em setembro. A média de dias de chuva intensa no mês foi de 1 dia. Na segunda metade do período analisado nota-se um aumento nos valores.

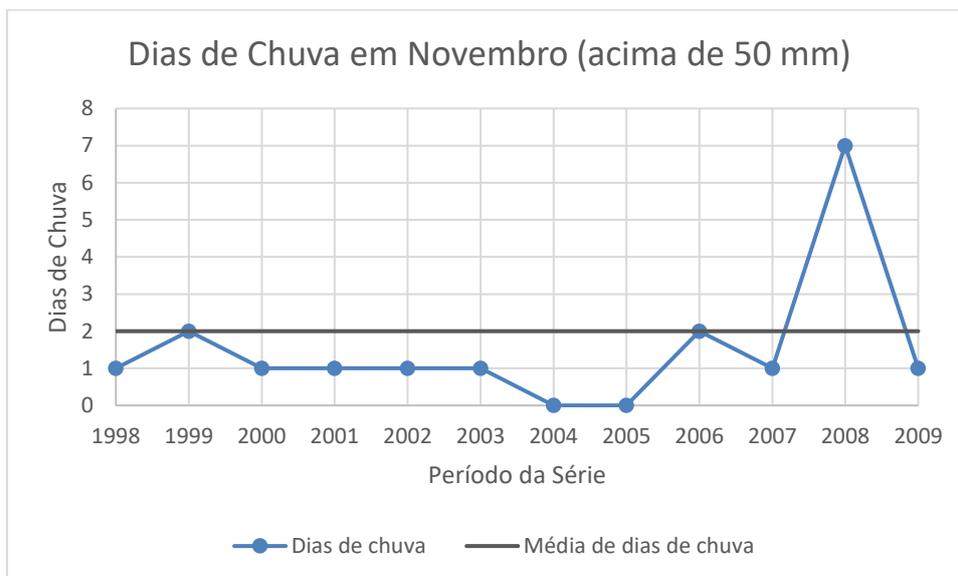
Gráfico 12 – Chuva acima de 50 mm em outubro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No mês de outubro percebe-se um padrão no número de dias de chuva acima de 50 mm, sem muita variabilidade nos valores. A quantidade varia entre 1 e 2 dias, com exceção dos anos de 2003 e 2009, nos quais não houve nenhum registro de chuva intensa em outubro. A média no mês foi de 1 dia com chuva acima de 50 mm. Os anos com maiores quantidades foram 1999, 2001, 2005 e 2008, com 2 dias.

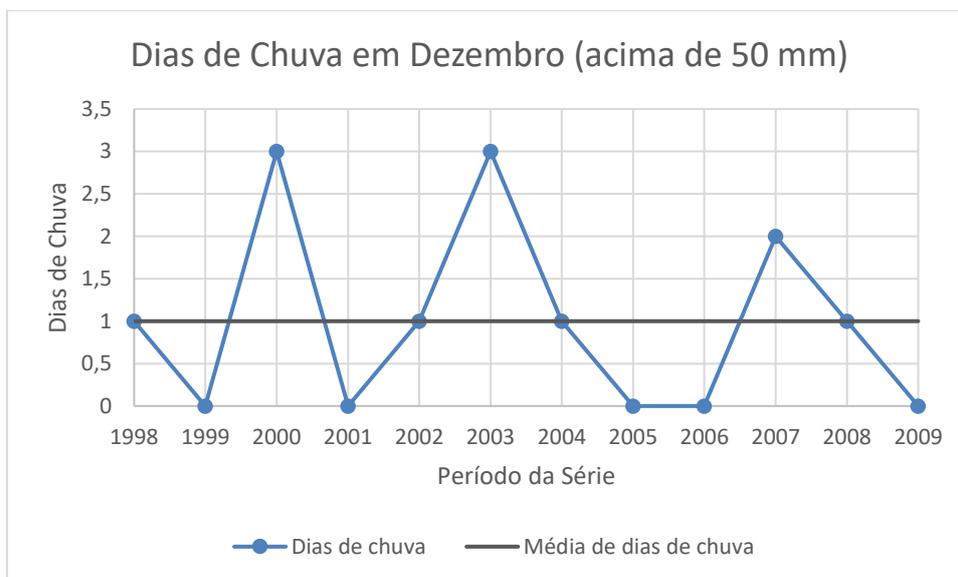
Gráfico 13 – Chuva acima de 50 mm em novembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Dos 12 anos da série, 7 tiveram 1 dia de chuva acima de 50 mm em novembro. No período analisado os valores oscilaram entre 0, 1 e 2 dias. A exceção foi o mês de novembro de 2008, que teve 7 dias com chuva intensa. Nos anos de 2004 e 2005 não houve nenhuma ocorrência de chuva acima de 50 mm em novembro. A média para o mês foi de 2 dias.

Gráfico 14 – Chuva acima de 50 mm em dezembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em dezembro a média de dias de chuva acima de 50 mm foi de 1 dia. Os anos com maiores quantidades foram 2000 e 2003, com 3 dias e em seguida 2007, com 2 dias. Nos outros anos os valores oscilaram entre 0 e 1 dia de chuva intensa em dezembro. Em 1999, 2001, 2005, 2006 e 2009 não houve nenhuma ocorrência de chuva acima de 50 mm. No período analisado nota-se grande variabilidade nos valores, seguindo um padrão de ocorrência ao longo do tempo.

Em relação à média de dias de chuva acima de 50 mm por mês, janeiro e novembro apresentaram os maiores valores (2 dias). A média em junho e julho foi de nenhum dia. Para todos os outros meses a média foi de 1 dia de chuva acima de 50 mm.

4.1.1.1 Relação entre o fenômeno ENOS e as chuvas intensas

Durante o período analisado (1998 a 2009), houve ocorrências de El Niño e La Niña, assim como alguns anos neutros.

No Quadro 2 pode-se observar os anos com atuação do fenômeno ENOS. Para determinar os anos de ocorrência foram utilizados os valores de dezembro-janeiro-fevereiro.

Quadro 2 – Anos de El Niño, La Niña e neutros

EL NIÑO	NEUTRO	LA NIÑA
1998	2001-2002	1999
2003	2004-2006	2000
2007	2009	2008

Fonte: Adaptado de NOAA (2020).

O Quadro 3 mostra os anos de ocorrência de El Niño e La Niña, com as intensidades desses eventos (fraca, moderada ou forte). Para o cálculo dos anos de ocorrência foi considerado o período entre agosto de um ano até julho do ano seguinte.

Quadro 3 – Anos de El Niño e La Niña, com intensidade

EL NIÑO	INTENSIDADE	LA NIÑA	INTENSIDADE
1997-1998	Forte	1998-1999	Fraca
2002-2003	Moderada	1999-2000	Moderada
2006-2007	Moderada	2007-2008	Moderada
2009-2010	Moderada		

Fonte: Adaptado de CPTEC / INPE (2020).

Na região sul do Brasil, onde está inserida a área de estudo, um dos efeitos do El Niño é precipitação abundante, principalmente nos meses da primavera e inverno. Já o La Niña está associado a estiagem.

Durante o período de 1998 a 2009, os anos com maior quantidade de dias com chuva acima de 50 mm (mais de 10 dias), foram 2000, 2001, 2005, 2007 e 2008. Nesses anos ocorreu La Niña de intensidade moderada ou foram anos neutros. Em 2007 também houve evento de El Niño (moderado).

O ano com maior quantidade de dias de chuva acima de 50 mm foi 2008 (20 dias). Em 2008 atuou o evento La Niña, com intensidade moderada. O La Niña normalmente provoca estiagens no sul do Brasil. No entanto, em alguns eventos, está associado a ocorrência de muita chuva em janeiro-fevereiro. Como as chuvas intensas de 2008 ocorreram mais em novembro, não se pode associá-las diretamente com o fenômeno La Niña.

Em seguida aparece o ano de 2005, com 17 dias de chuva intensa. Nesse ano não ocorreram eventos de El Niño nem de La Niña.

Os anos com a menor quantidade (menos de 10 dias de chuva intensa no ano) foram 2002, 2003, 2004 e 2006. Nesses anos ocorreu El Niño de intensidade moderada ou foram anos neutros.

Os anos com a menor quantidade de dias de chuva intensa foram 2003 e 2006 (6 dias). O mês com mais dias de chuva em 2003 foi dezembro, e em 2006 foi o mês de novembro. Nesses dois anos ocorreu o evento El Niño, de intensidade moderada.

Em 1998, 1999 e 2009 ocorreram 10 dias com chuva acima de 50 mm em cada ano. Em 1998 houve El Niño de intensidade forte e em 1999, La Niña de fraca intensidade. Nos dados consultados existe divergência em relação ao ano de 2009, aparecendo como ano neutro em uma fonte e com ocorrência de El Niño de intensidade moderada na outra.

De 1998 a 2009, nos anos neutros (incluindo 2009) ocorreram em média 11 dias com chuva acima de 50 mm em cada ano. Nos anos de El Niño (excluindo 2009) a média foi de 9 dias e nos de La Niña, 14. Considerando a ocorrência de El Niño no ano de 2009, as médias não se alteram praticamente.

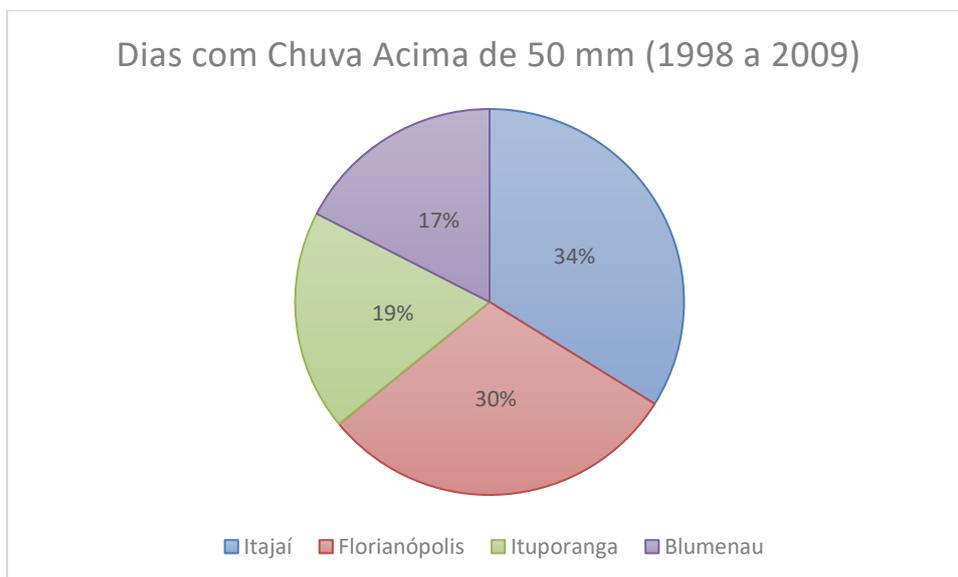
Comparando os eventos de ENOS com a ocorrência de chuvas acima de 50 mm, no período de 1998 a 2009, ocorreu o inverso do esperado. Observou-se que a média de dias com chuva intensa nos anos de El Niño ficou abaixo da média dos anos sem a ocorrência do ENOS. Nos anos de La Niña, a média ficou acima.

No entanto, é incorreto afirmar que o El Niño não teve influência na ocorrência de chuvas nesse período. Sabe-se que eventos de El Niño propiciam o aumento de chuvas na região sul do Brasil. Porém, elas não são necessariamente intensas, podem ocorrer chuvas fracas persistentes, com baixos volumes diários. Nessa pesquisa analisou-se somente dias com volume de chuva acima de 50 mm. Dessa forma, não é possível realizar afirmações a respeito da interferência dos eventos de ENOS no volume total de chuvas para os anos da série. Outra questão a ser levada em conta é que foi analisado um curto período, somente 12 anos.

4.1.2 Registro de dias de chuva acima de 50 mm por estações meteorológicas

No gráfico abaixo é realizada comparação entre a quantidade de dias com chuva acima de 50 mm registrada nas estações meteorológicas em análise. Foram analisados dados de quatro estações (Itajaí, Florianópolis - São José, Ituporanga e Blumenau), no período de 1998 a 2009.

Gráfico 15 – Chuva acima de 50 mm por estações meteorológicas (1998 a 2009)



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No período de 1998 a 2009 foram registradas 195 ocorrências de chuva acima de 50 mm. Destas, 66 ocorreram na estação meteorológica de Itajaí, 59 na de Florianópolis – São José, 36 na de Ituporanga e 34 na de Blumenau.

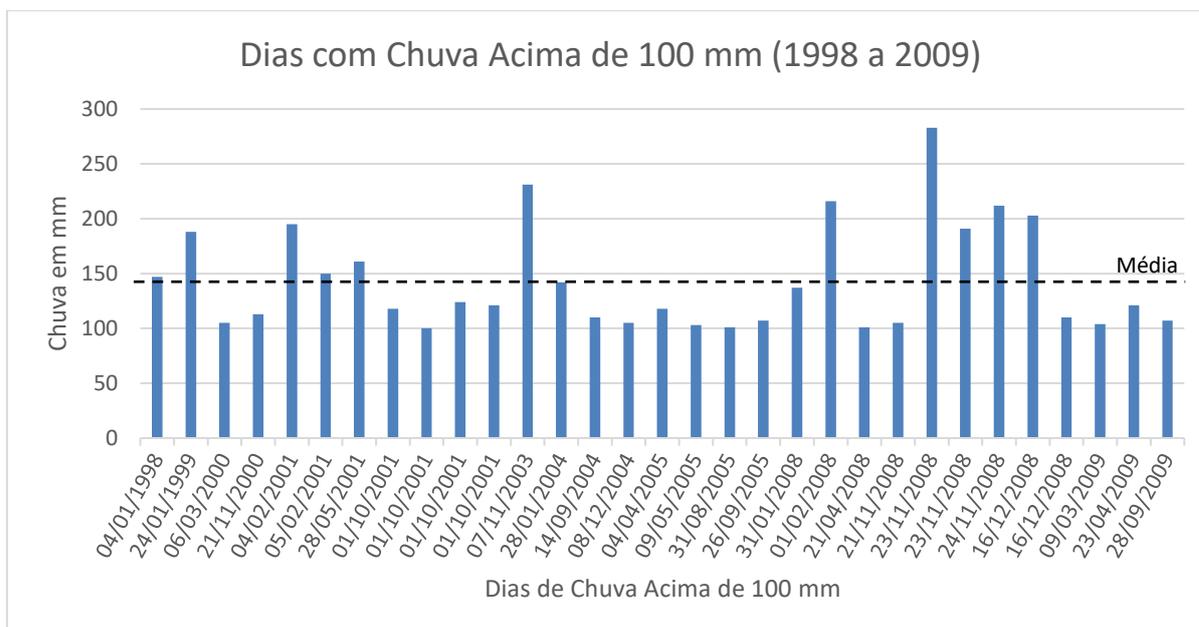
A estação com maior quantidade de dias com chuva intensa foi a de Itajaí, com 34 % do total. Já a estação de Blumenau teve a menor quantidade, 17 %. As estações de Florianópolis – São José e Ituporanga tiveram 30 % e 19 %, respectivamente.

4.2 DIAS DE CHUVA ACIMA DE 100 MM

4.2.1 Registro diário de dias de chuva acima de 100 mm

No período de 1998 a 2009 ocorreram chuvas extremas, acima de 100 mm em um único dia (soma diária). Foram registradas 31 ocorrências de chuva acima de 100 mm nas estações meteorológicas em análise, conforme mostra o gráfico abaixo.

Gráfico 16 – Dias com chuva acima de 100 mm de 1998 a 2009



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em alguns dias mais de uma estação registrou chuvas intensas. Em 01 de outubro de 2001 as quatro estações analisadas registraram chuva acima de 100 mm: na estação de Florianópolis (118 mm), na de Blumenau (100 mm), na de Itajaí (124 mm) e na de Ituporanga (121 mm). Em 23 de novembro de 2008 ocorreu registro em duas estações: Blumenau (283 mm) e Itajaí (191 mm). Em 16 de dezembro de 2008 também duas estações registraram chuvas acima de 100 mm: Florianópolis (203 mm) e Itajaí (110 mm).

O ano que mais teve registro de chuva acima de 100 mm foi 2008, com 7 dias de chuva extrema: 31 de janeiro, 01 de fevereiro, 21 de abril, 21 de novembro, 23 de novembro (2 registros), 24 de novembro e 16 de dezembro (2 registros).

Nos anos de 2002, 2006 e 2007 não houve nenhum dia com chuva acima de 100 mm. Nos anos de 1998, 1999 e 2003 houve 1 dia de chuva acima de 100 mm. Em 2000 foram 2 dias, em 2004 e 2009 foram 3 dias, e em 2001 e 2005, 4 dias de chuva intensa. No ano de 2001 ocorreram 7 registros nos 4 dias com chuva acima de 100 mm.

O dia com maior volume de chuva registrado nas estações analisadas, entre 1998 e 2009, foi 23 de novembro de 2008. Nesse dia ocorreu registro de 283 mm na estação de Blumenau. Também houve registro de chuva acima de 200 mm em outros quatro dias: 07 de novembro de 2003 (231 mm na estação de Itajaí), 01 de fevereiro

de 2008 (216 mm em Florianópolis), 24 de novembro de 2008 (212 mm em Blumenau) e 16 de dezembro de 2008 (203 mm em Florianópolis).

A média de volume de chuva acima de 100 mm (soma diária) para o período foi de 143 mm.

Na segunda metade do período analisado, percebe-se um aumento na ocorrência de chuva acima de 100 mm. De 1998 a 2003 foram 12 ocorrências, já de 2004 a 2009, foram 19.

Em relação ao volume de chuvas registrado nas estações também houve aumento. De 1998 a 2003 o acumulado de chuvas acima de 100 mm foi de 1.753 mm. Já na segunda metade da série, de 2004 a 2009, o acumulado foi de 2.676 mm. Ou seja, um aumento de 923 mm em relação a primeira parcela da série.

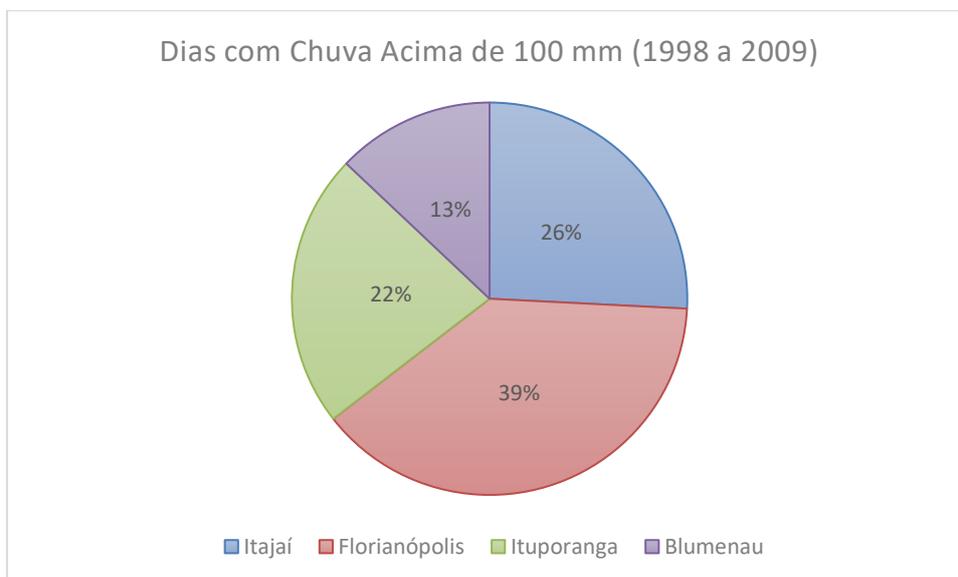
No período de 1998 a 2009, a ocorrência de dias de chuva acima de 100 mm em cada mês foi de: 5 dias em novembro, 4 em janeiro, 3 em fevereiro, abril e setembro, 2 em março, maio e dezembro, 1 em agosto e outubro e nenhum dia em junho e julho.

Os meses com maior quantidade foram novembro e janeiro e com menor, junho e julho.

4.2.2 Registro de dias de chuva acima de 100 mm por estações meteorológicas

No gráfico abaixo é realizada comparação entre a quantidade de dias com chuva acima de 100 mm registrada nas estações meteorológicas em análise. Foram analisados dados de quatro estações (Itajaí, Florianópolis - São José, Ituporanga e Blumenau), no período de 1998 a 2009.

Gráfico 17 – Chuva acima de 100 mm por estações meteorológicas (1998 a 2009)



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No período de 1998 a 2009 foram registradas 31 ocorrências de chuva acima de 100 mm. Destas, 8 ocorreram na estação meteorológica de Itajaí, 12 na de Florianópolis – São José, 7 na de Ituporanga e 4 na de Blumenau.

A estação com maior quantidade de dias com chuva intensa foi a de Florianópolis – São José, com 39 % do total. Já a estação de Blumenau teve a menor quantidade, 13 %. As estações de Itajaí e Ituporanga tiveram 26 % e 22 %, respectivamente.

4.3 DESASTRES NATURAIS ASSOCIADOS A CHUVAS INTENSAS

4.3.1 Registro anual e mensal de decretos municipais de desastres

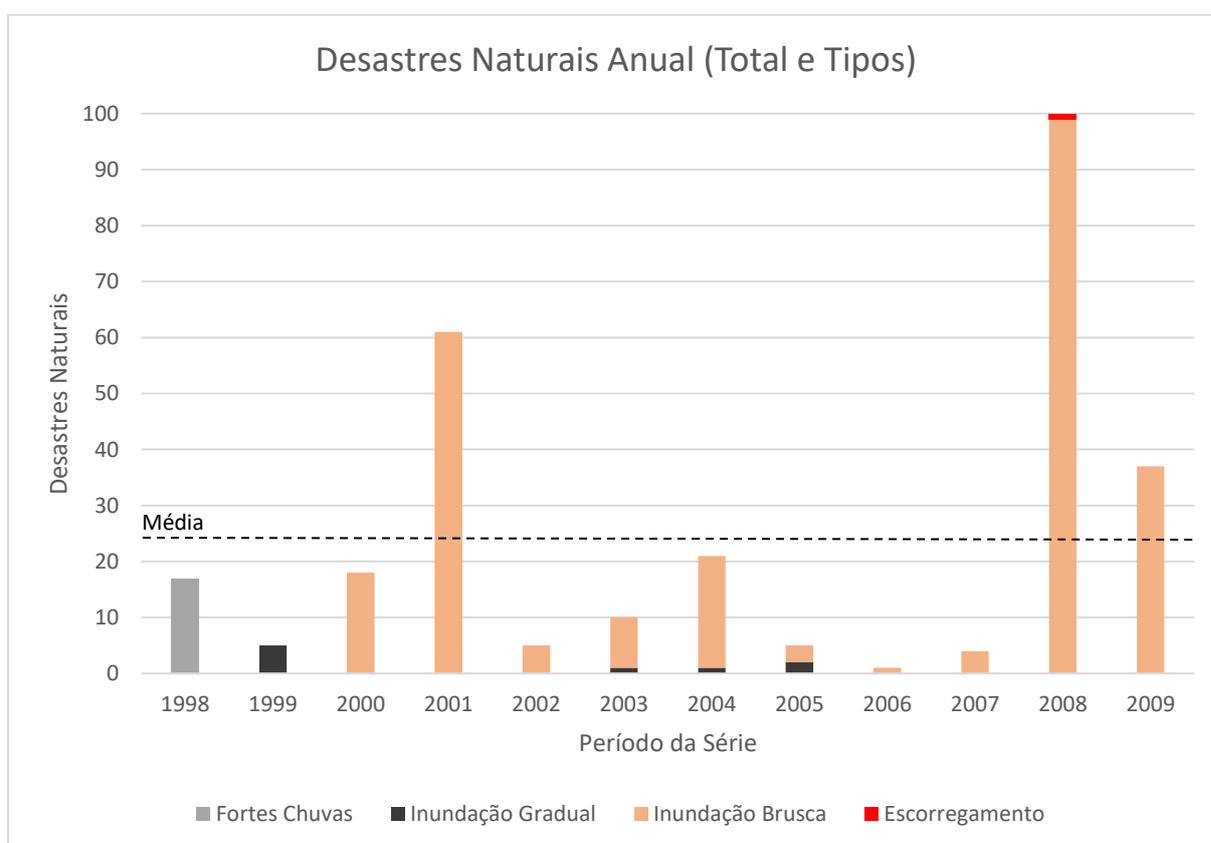
Nos próximos 13 gráficos será analisada a oscilação na quantidade de desastres relacionados a chuva intensa, no período de 1998 a 2009. A quantidade de desastres foi calculada com base na quantidade de decretos municipais de Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública.

Antes da confecção dos gráficos, para relacionar as duas variáveis em estudo, comparou-se a data dos decretos municipais ou a data dos eventos de desastres naturais com as datas de ocorrência de chuva acima de 50 mm. Foram selecionados os desastres em que a datas dos decretos coincidem com as datas dos eventos de

chuva intensa. Também foram selecionados os que as datas dos decretos ultrapassam em até cinco dias a ocorrência de chuva intensa.

No primeiro gráfico consta a quantidade total de desastres em cada ano, bem como a separação por tipos, conforme a classificação da Defesa Civil / SC, em inundação gradual, inundação brusca, escorregamento e fortes chuvas. Já os outros doze gráficos (um para cada mês, de janeiro a dezembro) apresentam as quantidades mensais para cada ano da série.

Gráfico 18 – Total e tipos de desastres naturais anual



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Durante o período de 1998 a 2009 foram registrados, no total, 284 decretos de desastres relacionados a chuva intensa.

Destacam-se os anos de 2008, com 100 desastres naturais, 2001, com 61 desastres e 2009, com 37. O ano que apresentou a menor quantidade foi 2006, com somente 1 registro. A média de desastres naturais por ano para o período ficou em 24. Nota-se que, em sua maioria, a quantidade de desastres foi de menos de 20 por ano.

O tipo de desastre com o maior número de registros foi inundação brusca, com um total de 257 decretos entre 1998 a 2009 (90 % do total de desastres). Os anos que apresentaram mais registros foram 2008, com 99 decretos e 2001, com 61. Foram registrados, no total, 9 decretos de inundações graduais (3 % do total), divididos entre os anos de 1999 (5 decretos), 2003 e 2004 (1 decreto em cada ano) e 2005 (2 decretos). No período da série foi registrado 1 escorregamento em 2008. Em 1998 foram decretados 17 desastres relacionados a chuvas intensas, todos classificados no relatório da Defesa Civil de Santa Catarina como “fortes chuvas”. Portanto, nesse ano não foi possível identificar os tipos.

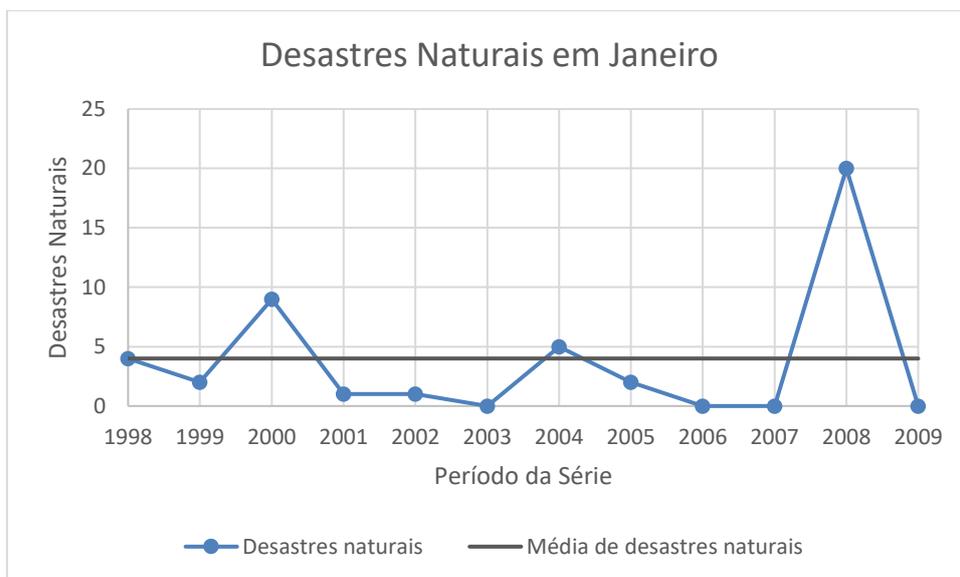
Na pesquisa foi analisada precipitação intensa (grande volume de chuva em um curto período). Por esse motivo era de se esperar que a maior quantidade de desastres fosse do tipo inundação brusca, como de fato ocorreu. No entanto, em outros trabalhos, onde não foram estudados somente desastres relacionados a chuva intensa, também foi obtido esse resultado.

O resultado obtido está em consonância com Brasil (2013 *apud* UFSC / CEPED, 2013), [Gráfico 1], que afirma que em Santa Catarina, entre os anos de 1991 a 2012, os desastres mais comuns foram as enxurradas (inundações bruscas). As enxurradas corresponderam a 34 % do total de desastres naturais ocorridos de 1991 a 2012. As inundações (inundações graduais) responderam por 9 % do total.

Importante mencionar que em muitos desastres não é decretada Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade. Assim, as ocorrências são subnotificadas. Além disso, as decretações podem estar equivocadas quanto a identificação do tipo de desastre. Outra questão é que algumas vezes ocorre mais de um tipo de desastre em um mesmo evento de chuva intensa. Nesses casos os desastres podem ser contabilizados como somente um tipo. Por exemplo, pode ocorrer escorregamento e enxurrada no mesmo evento. Como os escorregamentos são mais localizados, é de se supor que nesses casos possa ser decretado somente desastre do tipo enxurrada.

No Gráfico 18 consta que ocorreu somente 1 escorregamento nos 12 anos da série. No entanto, sabe-se que ocorreram mais desastres deste tipo, bem como corridas de massa, principalmente no ano de 2008. Pode-se citar os movimentos de massa que ocorreram no Morro do Baú, no Vale do Itajaí – SC, em novembro de 2008. Como já mencionado muitos desastres não são notificados.

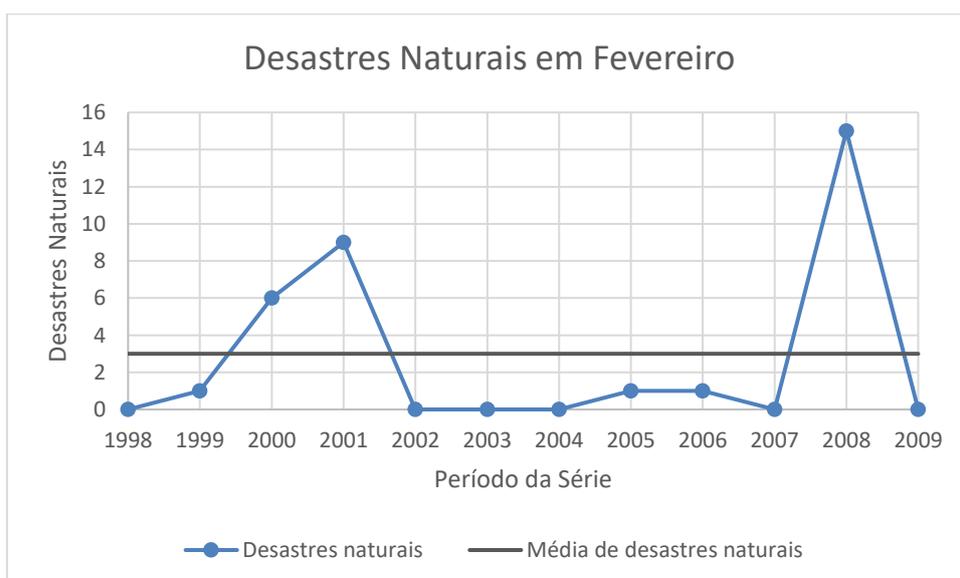
Gráfico 19 – Desastres naturais em janeiro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

De 1998 a 2009, a quantidade de desastres em janeiro se manteve, em sua maioria, abaixo de 5 registros. O ano com maior quantidade de desastres no mês foi 2008, com 20 desastres. Em seguida 2000, com 9. Nos anos de 2003, 2006, 2007 e 2009 não houve nenhum registro. A média de desastres em janeiro foi de 4 desastres.

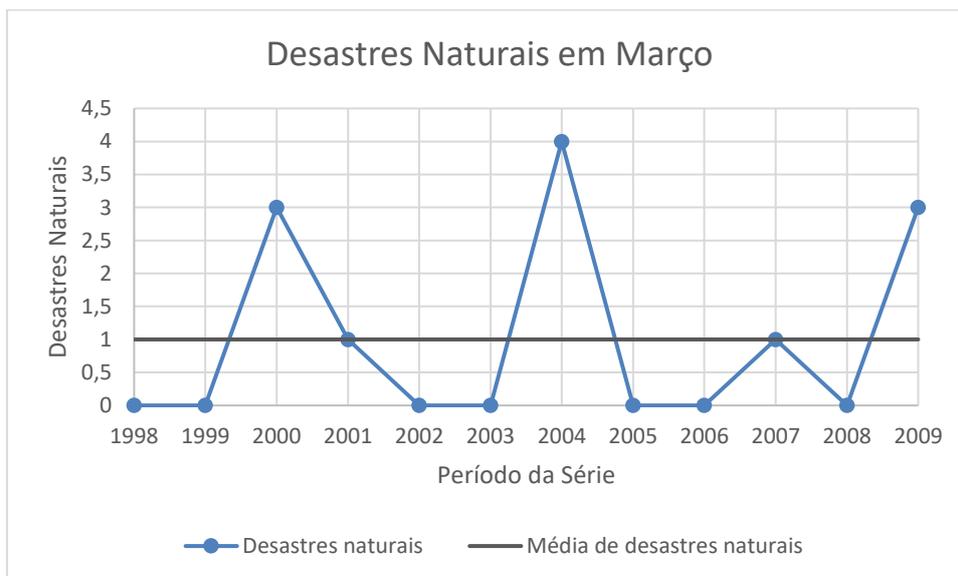
Gráfico 20 – Desastres naturais em fevereiro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em fevereiro a quantidade de desastres não oscilou muito. Na maior parte dos anos da série, foram registrados 0 ou 1 desastre no mês. Exceção foram anos de 2008, que registrou 15 desastres em fevereiro, 2001, com 9 desastres no mês e 2000, com 6. Os anos de 1998, 2002, 2003, 2004, 2007 e 2009 não tiveram nenhum registro. A média no mês foi de 3 desastres.

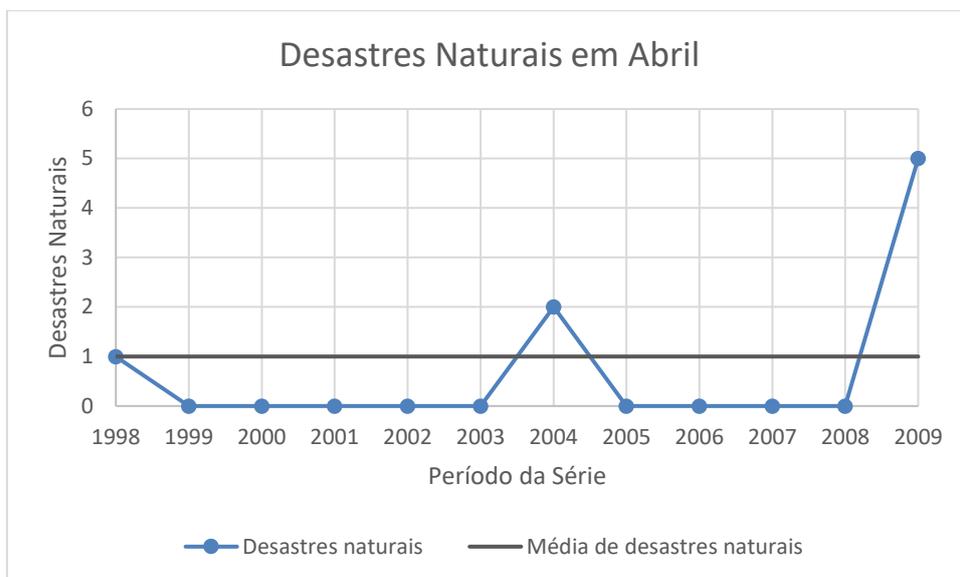
Gráfico 21 – Desastres naturais em março



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Dos 12 anos analisados, 7 não tiveram nenhum registro de desastres naturais em março. Os anos que tiveram mais registros foram 2004, com 4 desastres em março, e 2000 e 2009, com 3. Percebe-se maior oscilação na quantidade de desastres no mês de março. Também se nota um aumento nas ocorrências na segunda metade da série em relação a primeira. A média no mês foi de 1 desastre.

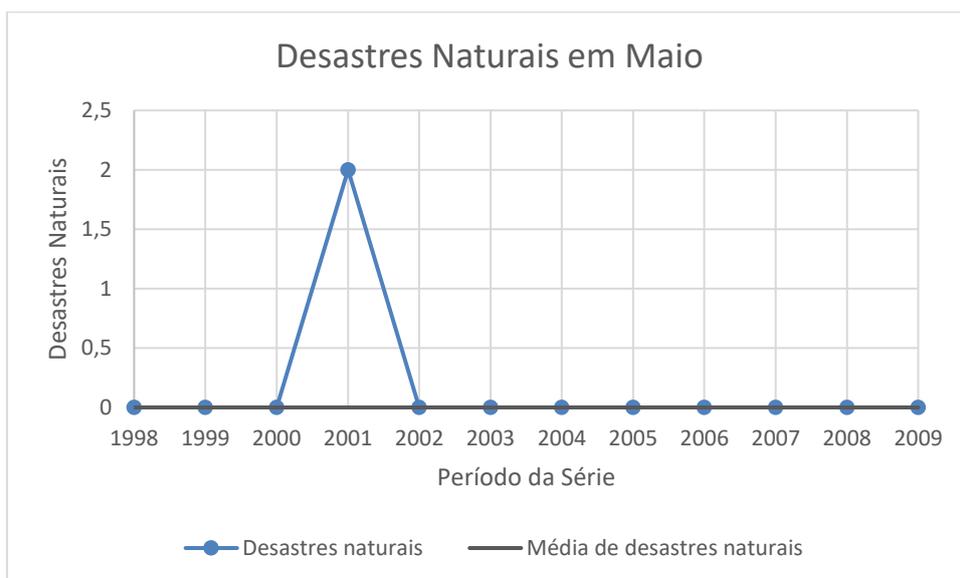
Gráfico 22 – Desastres naturais em abril



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em abril somente os anos de 1998, 2004 e 2009 registraram desastres. Ocorreu 1 desastre em 1998, 2 em 2004, e 5 em 2009. A média para o período foi de 1 desastre no mês de abril. No mês também se nota um aumento no número de ocorrências na segunda metade da série.

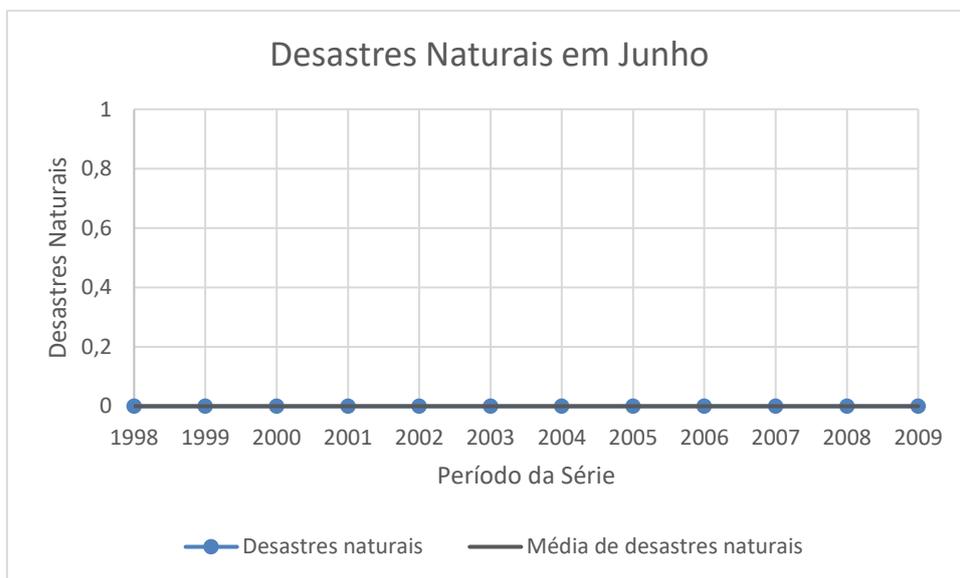
Gráfico 23 – Desastres naturais em maio



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No período analisado, no mês de maio, só ocorreram 2 desastres relacionados a chuva intensa. Os 2 registros foram no ano de 2001.

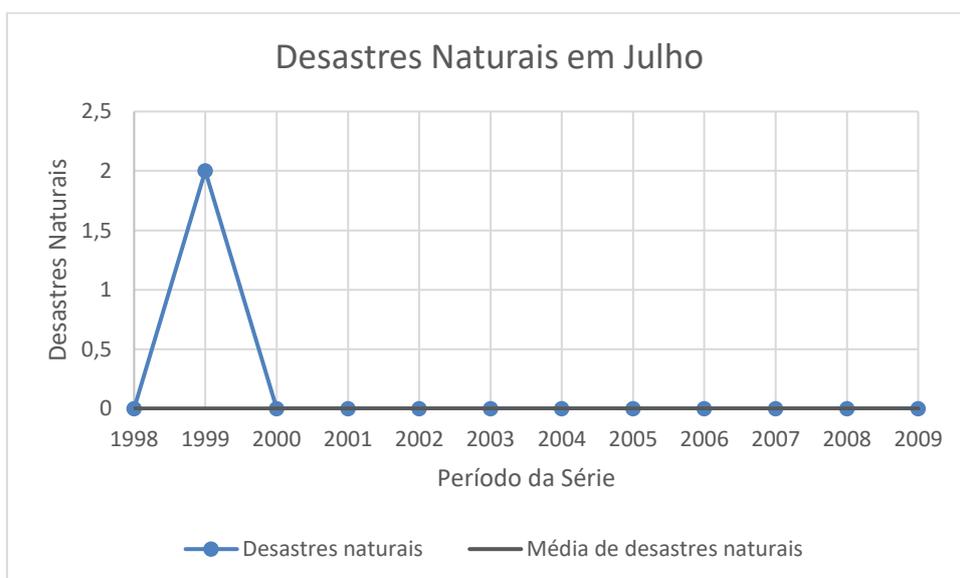
Gráfico 24 – Desastres naturais em junho



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

De 1998 a 2009 não ocorreu nenhum desastre relacionado a chuva intensa em junho.

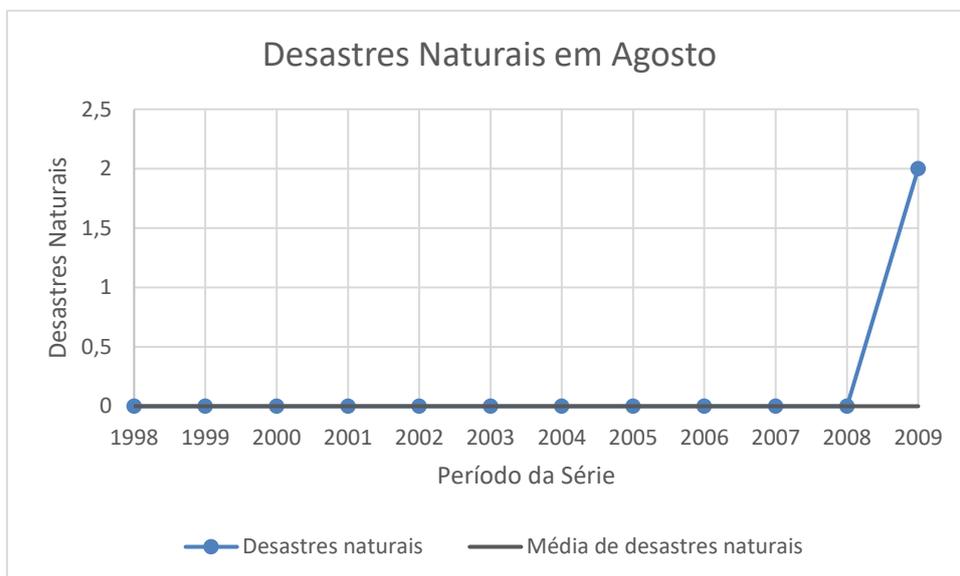
Gráfico 25 – Desastres naturais em julho



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No mês de julho, no período de 1998 a 2009, só ocorreram 2 desastres relacionados a chuva intensa. Os 2 foram registrados no ano de 1999.

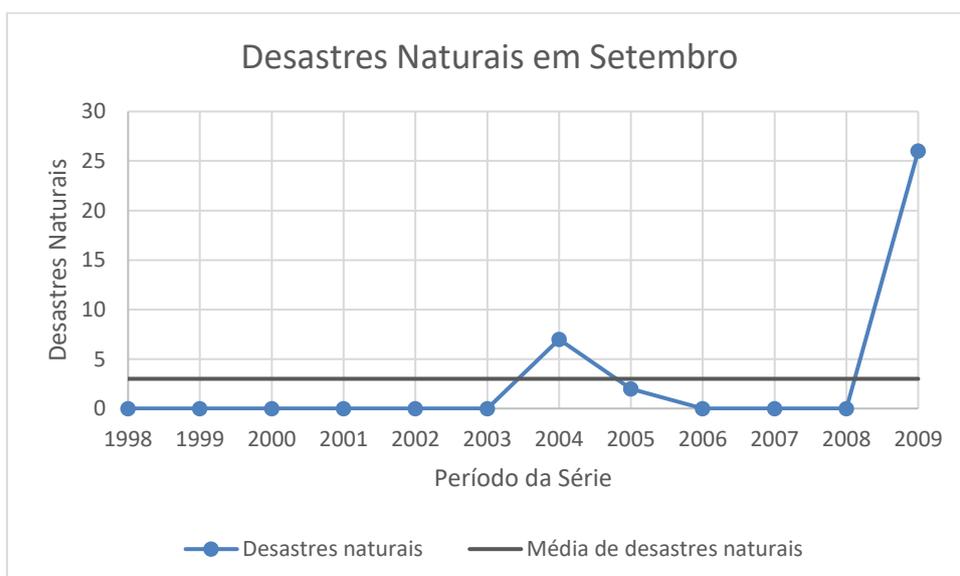
Gráfico 26 – Desastres naturais em agosto



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em agosto só ocorreram 2 desastres durante os 12 anos da série analisada, sendo os 2 no ano de 2009.

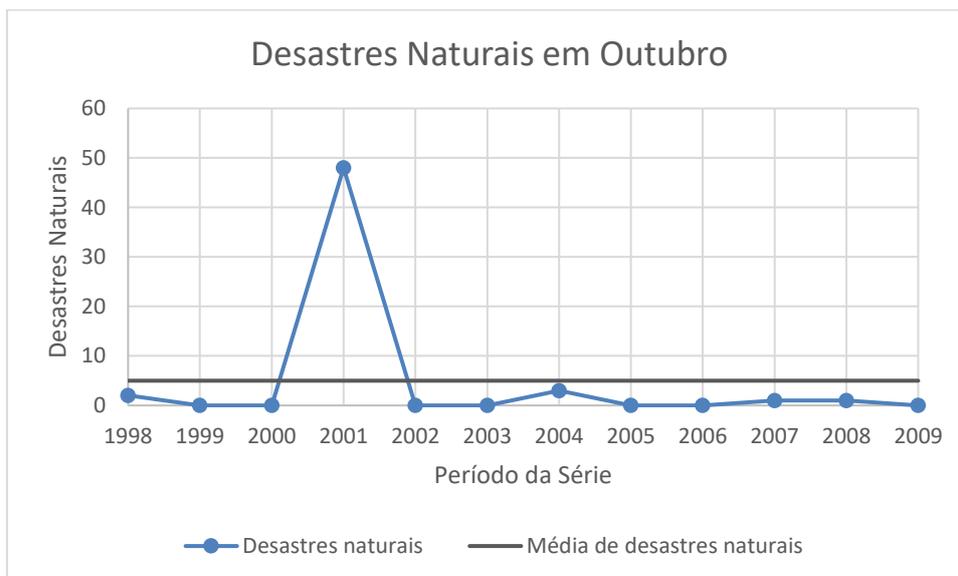
Gráfico 27 – Desastres naturais em setembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em setembro, entre os anos de 1998 a 2009, somente foram registrados desastres relacionados a chuvas em 2004, 2005 e 2009. No entanto, somente em setembro de 2009 foram registrados 26 decretos. No ano de 2004 foram 7 desastres e em 2005, 2. A média no mês foi de 3 desastres. Em setembro nota-se aumento significativo nas ocorrências na segunda metade da série em relação a primeira.

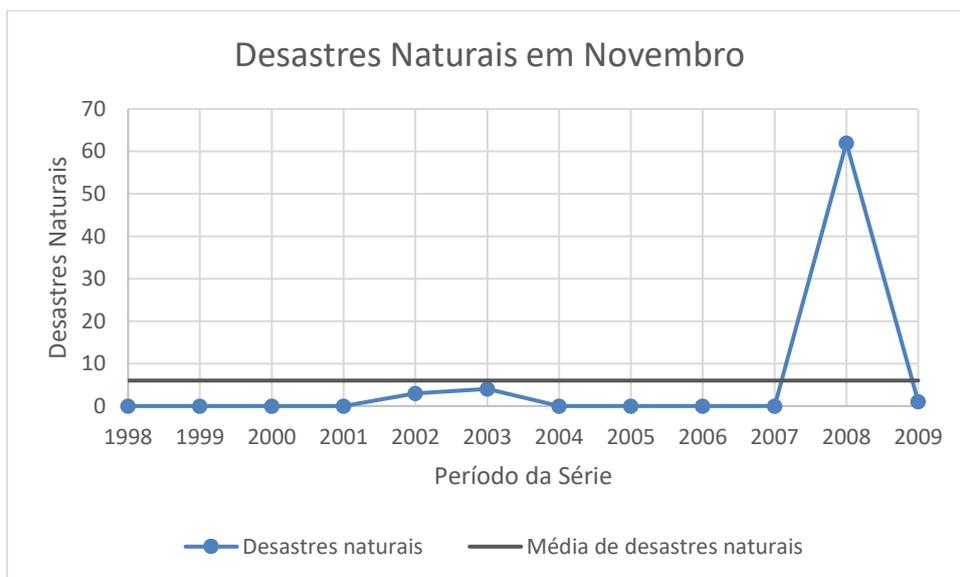
Gráfico 28 – Desastres naturais em outubro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em outubro, no período de 1998 a 2009, as ocorrências oscilaram entre 0, 1, 2 e 3 desastres no mês. Exceção foi outubro de 2001, quando foram registrados 48 decretos de desastres relacionados a chuvas. Nos anos de 1999, 2000, 2002, 2003, 2005, 2006 e 2009 não ocorreram desastres em outubro. A média no mês foi de 5 desastres.

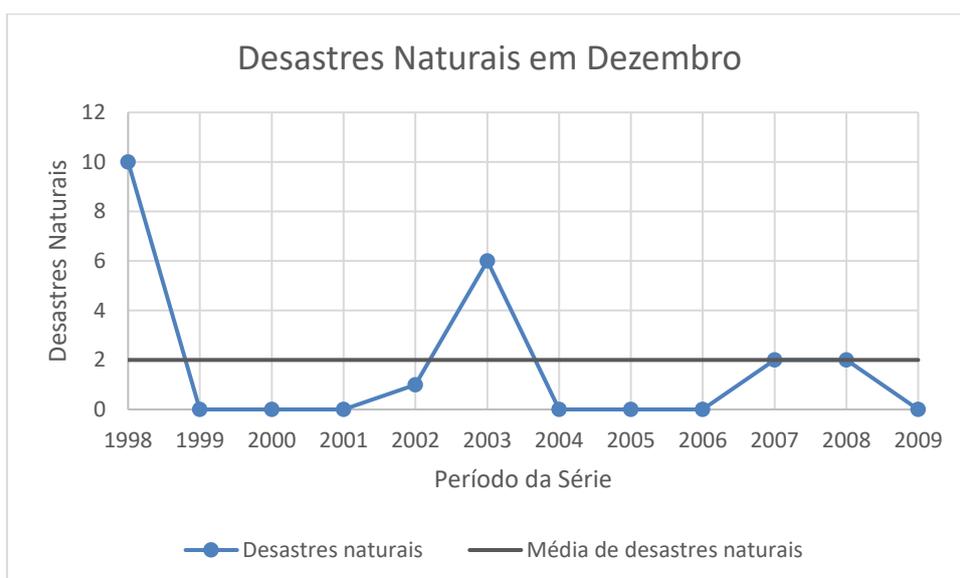
Gráfico 29 – Desastres naturais em novembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em novembro, no período analisado, destaca-se o ano de 2008, quando foram registrados 62 decretos de desastres relacionados a chuvas. Também foram registrados 3 desastres em 2002, 4 em 2003 e 1 em 2009. Nos outros anos da série não houve desastres. A média no mês foi de 6 desastres.

Gráfico 30 – Desastres naturais em dezembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

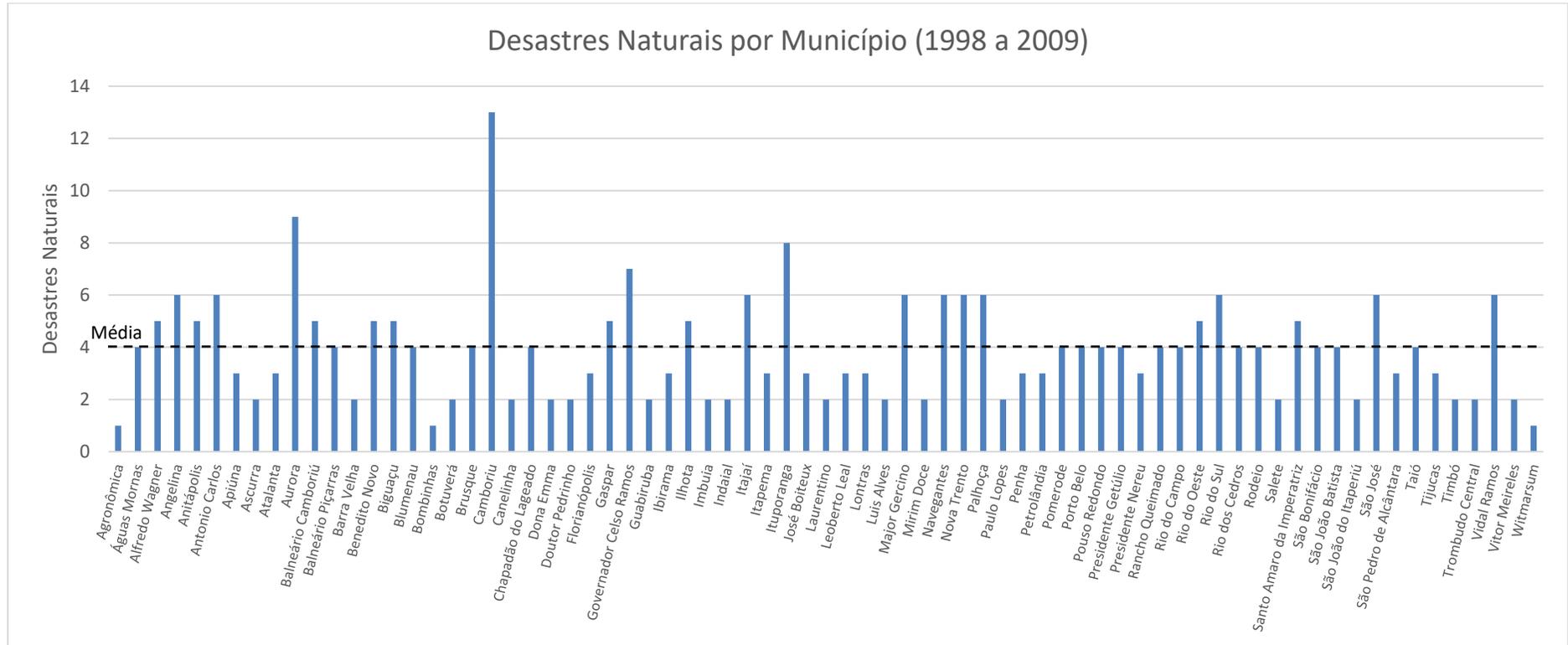
Em dezembro, entre os anos de 1998 a 2009, se destacam os anos de 1998, com 10 desastres, e 2003, com 6. Também ocorreram 2 registros em 2007, 2 em 2008 e 1 em 2002. Nos outros anos da série não houve registros. A média no mês foi de 2 desastres.

Em relação à média de desastres por mês, novembro, outubro e janeiro tiveram os maiores valores, sendo 6, 5 e 4 desastres, respectivamente. Os meses com menor média foram maio, junho, julho e agosto, com média próximo a zero.

4.3.2 Registro de decretos municipais de desastres por município

No gráfico abaixo é realizada análise dos desastres naturais, através dos decretos municipais de cada município, no período de 1998 a 2009.

Gráfico 31 – Desastres naturais por município (1998 a 2009)



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No período de 1998 a 2009, 73 municípios localizados nas Mesorregiões Grande Florianópolis e Vale do Itajaí registraram decretos de desastres relacionados a chuva intensa. Dos 75 municípios que fazem parte dessas Mesorregiões (54 no Vale do Itajaí e 21 na Grande Florianópolis), somente 2 não tiveram nenhum decreto de desastres. Em Agrolândia e Braço do Trombudo, ambos localizados no Vale do Itajaí, não houve nenhum desastre relacionado a chuva intensa nos 12 anos do período analisado.

O município que teve mais registros foi Camboriú, com 13 desastres no período. Dos 13 desastres, 11 foram classificados pela Defesa Civil / SC como inundação brusca e 2 como fortes chuvas. No município, os anos que tiveram mais registros foram 1998, 2001, 2007, 2008 e 2009, com 2 registros em cada ano. Os outros desastres ocorreram em Camboriú nos anos de 2000, 2003 e 2004, sendo 1 registro em cada ano.

Em seguida aparece Aurora, com 9 desastres, Ituporanga, com 8 e Governador Celso Ramos, com 7. Registraram 6 desastres no período os municípios: Angelina, Antônio Carlos, Itajaí, Major Gercino, Navegantes, Nova Trento, Palhoça, Rio do Sul, São José e Vidal Ramos.

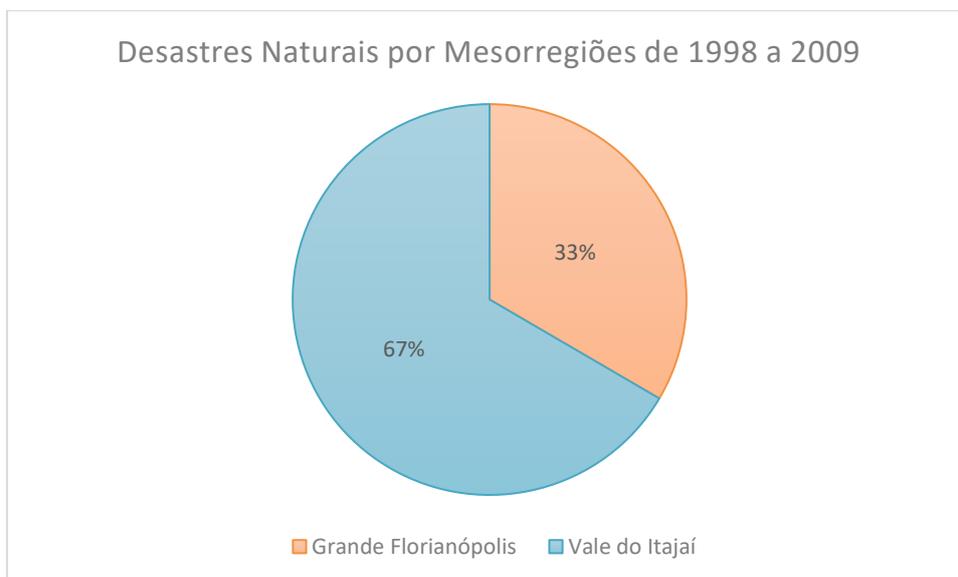
Além de Agrolândia e Braço do Trombudo, que não tiveram nenhum desastre, os municípios com menor quantidade de registros foram Agronômica, Bombinhas e Witmarsum, com 1 desastre cada. Em seguida Ascurra, Barra Velha, Botuverá, Canelinha, Dona Emma, Doutor Pedrinho, Guabiruba, Imbuia, Indaial, Laurentino, Luís Alves, Mirim Doce, Paulo Lopes, Salete, São João do Itaperiú, Timbó, Trombudo Central e Vitor Meireles, com 2 registros em cada município.

A média da quantidade de desastres relacionados a chuva intensa entre 1998 a 2009, foi de 4 desastres por município.

4.3.3 Registro de decretos municipais de desastres por mesorregião

No gráfico abaixo é realizada comparação, por mesorregião, da quantidade de desastres relacionados a chuva intensa que ocorreram entre 1998 e 2009.

Gráfico 32 – Desastres naturais por mesorregiões (1998 a 2009)



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

No período de 1998 a 2009, nas Mesorregiões Vale do Itajaí e Grande Florianópolis, foram registrados 284 decretos de desastres relacionados a chuva intensa. Destes, 189 desastres (67 % do total) ocorreram no Vale do Itajaí e 95 (33 % do total) na Grande Florianópolis.

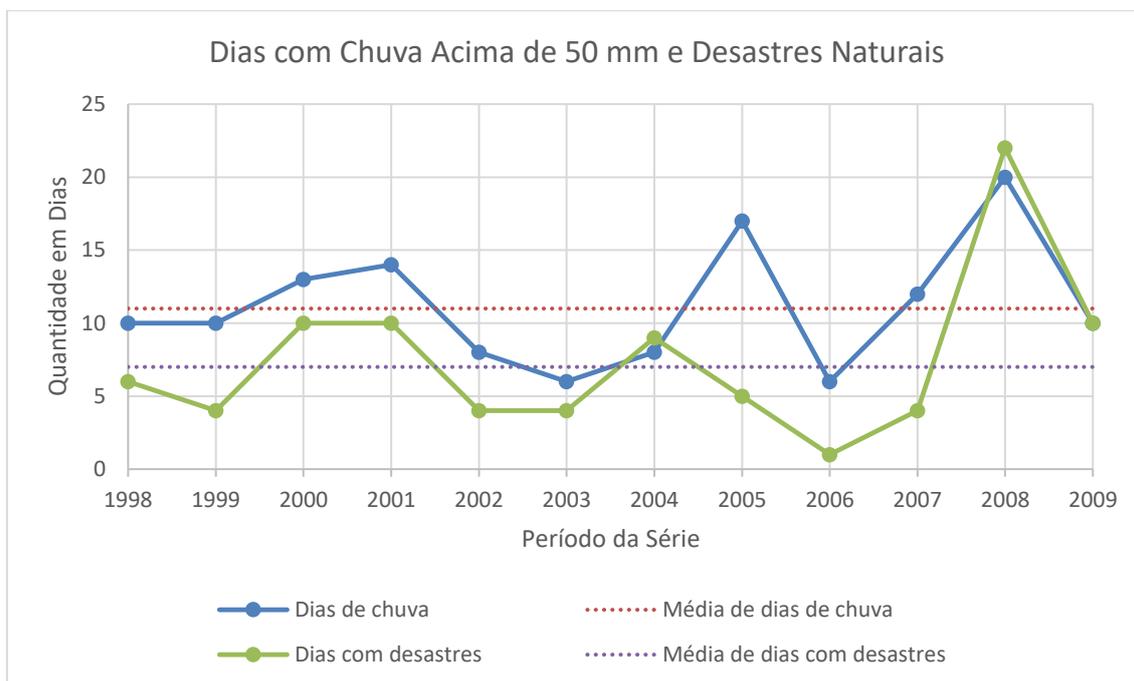
A Mesorregião Vale do Itajaí tem quase o dobro de área e mais que o dobro de municípios do que a Grande Florianópolis. Sendo assim, e por terem sido utilizados dados absolutos, já se esperava que a quantidade de desastres fosse, aproximadamente, duas vezes maior no Vale do Itajaí do que na Grande Florianópolis. Isso de fato se confirmou.

4.4 DIAS DE CHUVA ACIMA DE 50 MM E DIAS COM DESASTRES NATURAIS

4.4.1 Registro anual e mensal de chuva acima de 50 mm e desastres naturais

Nos próximos 13 gráficos será verificada a relação entre a quantidade de dias com chuva acima de 50 mm e de dias com desastres naturais, no período de 1998 a 2009. No primeiro gráfico consta a quantidade total das variáveis em cada ano. Já os outros doze gráficos (um para cada mês, de janeiro a dezembro), apresentam as quantidades mensais para cada ano da série.

Gráfico 33 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais anual



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Durante o período de 1998 a 2009 foram registrados, no total, 134 dias com chuva acima de 50 mm e 89 dias com desastres. Mesmo com essa diferença, analisando a oscilação da quantidade anual ao longo do tempo, se percebe que existe conexão. No geral, ao longo do tempo, a oscilação na quantidade de dias com registro de desastres acompanhou a oscilação no número de dias de chuva intensa.

Na maioria dos anos, a quantidade de dias com chuva intensa foi um pouco superior a de dias com desastres. A maior discrepância ocorreu no ano de 2005, com 17 dias de chuva intensa e 5 de desastres. A média de dias de chuva por ano foi de 11 dias, enquanto de desastres foi de 7. Somente nos anos de 2004 e 2008, a quantidade de dias com desastres superou a de dias com chuva. No ano de 2009 a quantidade foi a mesma, 10 dias.

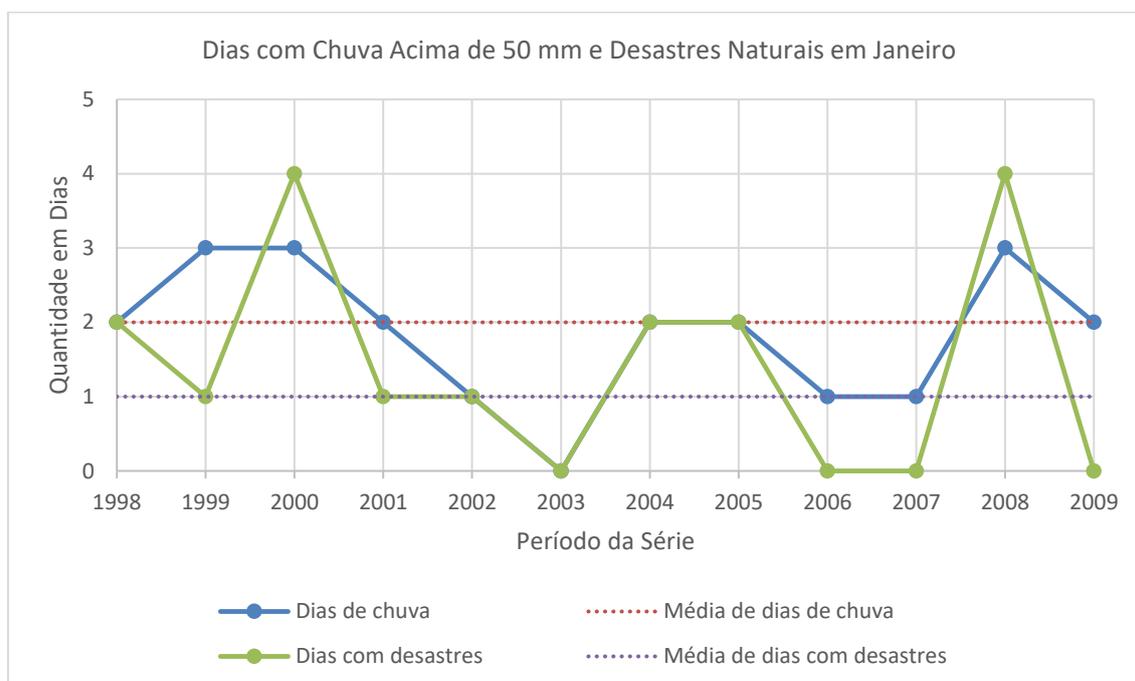
A quantidade de dias de chuva e de desastres teve aumento na segunda metade da série em relação a primeira. De 1998 a 2003 foram 61 dias de chuva, enquanto de 2004 a 2009, foram 73 (aumento de 12 dias). Em relação aos desastres, na primeira metade da série foram 38 dias, e na segunda, 51 (aumento de 13 dias).

O resultado das análises apontou aumento na quantidade de chuvas intensas ao longo do tempo. Esse aumento está em consonância com análises realizadas em outros trabalhos.

Conforme Dias (2008?, p. 6) “historicamente, a tendência observada de aumento no volume total de chuvas ao longo das últimas décadas, parece ser na forma de aumento nos extremos de chuva e não de chuvas distribuídas regularmente no tempo e espaço”.

Com a recente mudança climática a previsão é de aumento de catástrofes relacionadas as condições do tempo. De acordo com Dias (2008?, p. 6), as “avaliações do Quarto Relatório do IPCC e do Relatório de Clima do INPE têm mostrado que eventos extremos de precipitação podem tornar-se mais frequentes, podendo gerar enchentes e alagamentos mais severos e intensos num clima mais quente”.

Gráfico 34 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em janeiro

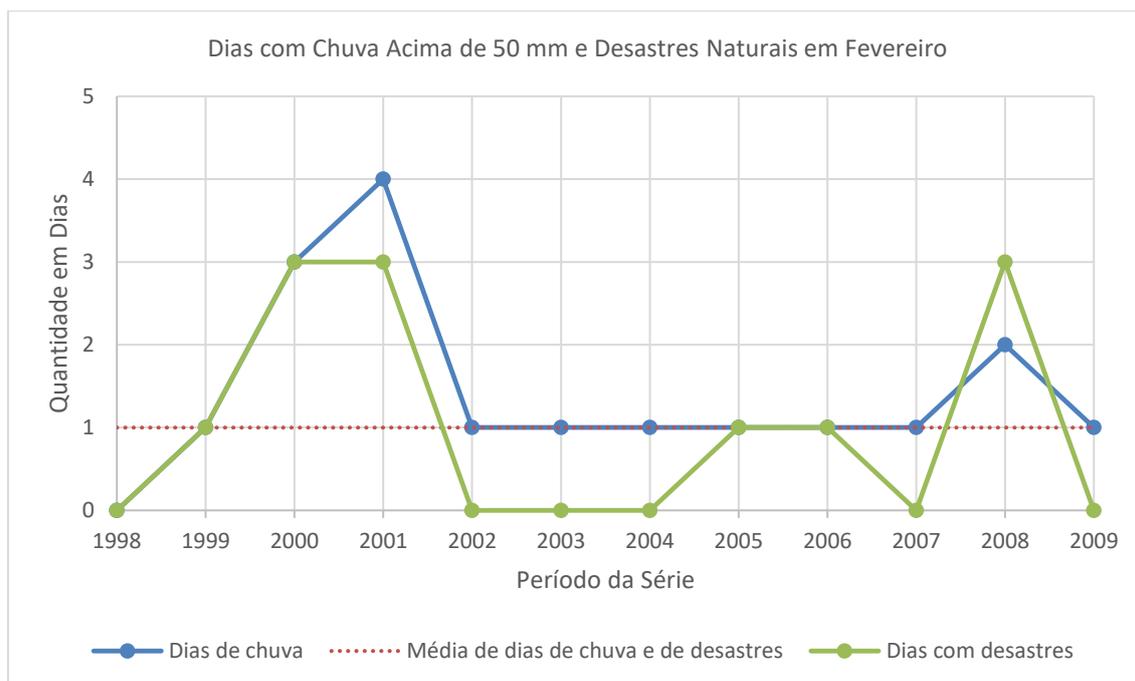


Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Analisando a oscilação no mês de janeiro, ao longo dos anos, se percebe conexão entre chuva intensa e desastres, sendo mais evidente a partir de 2002. As maiores discrepâncias ocorreram nos anos de 1999 e 2009. Em 1999 foram 3 dias de chuva intensa no mês e 1 de desastre. Já em 2009 ocorreram 2 dias de chuva intensa e nenhum com desastre. Nos anos de 1998, 2002, 2003, 2004 e 2005, os valores foram os mesmos.

A média em janeiro foi de 2 dia de chuva intensa e de 1 dia com desastres. A quantidade de dias de chuva da primeira e da segunda metade da série foi a mesma (11 dias), e de desastres foram valores muito próximos (9 dias na primeira e 8 na segunda).

Gráfico 35 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em fevereiro

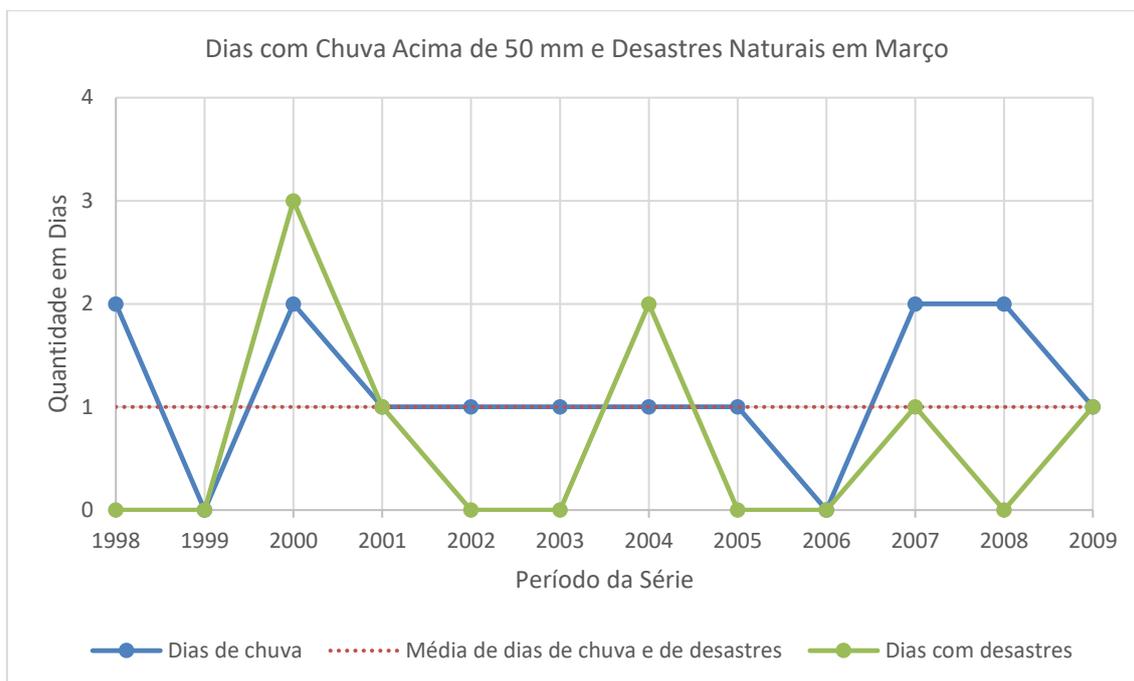


Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em fevereiro, no geral, percebe-se conexão entre a oscilação na quantidade de dias de chuva acima de 50 mm e de desastres. A média das duas variáveis em fevereiro foi de 1 dia.

A quantidade de dias de chuva foi igual a de desastres (1998, 1999, 2000, 2005 e 2006) ou um pouco superior. O único ano que ocorreu o inverso foi 2008, que teve 2 dias de chuva intensa e 3 de desastres em fevereiro. As quantidades das duas variáveis diminuíram na segunda metade da série em relação a primeira, de 10 para 7 dias de chuva intensa e de 7 para 5 dias de desastres.

Gráfico 36 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em março



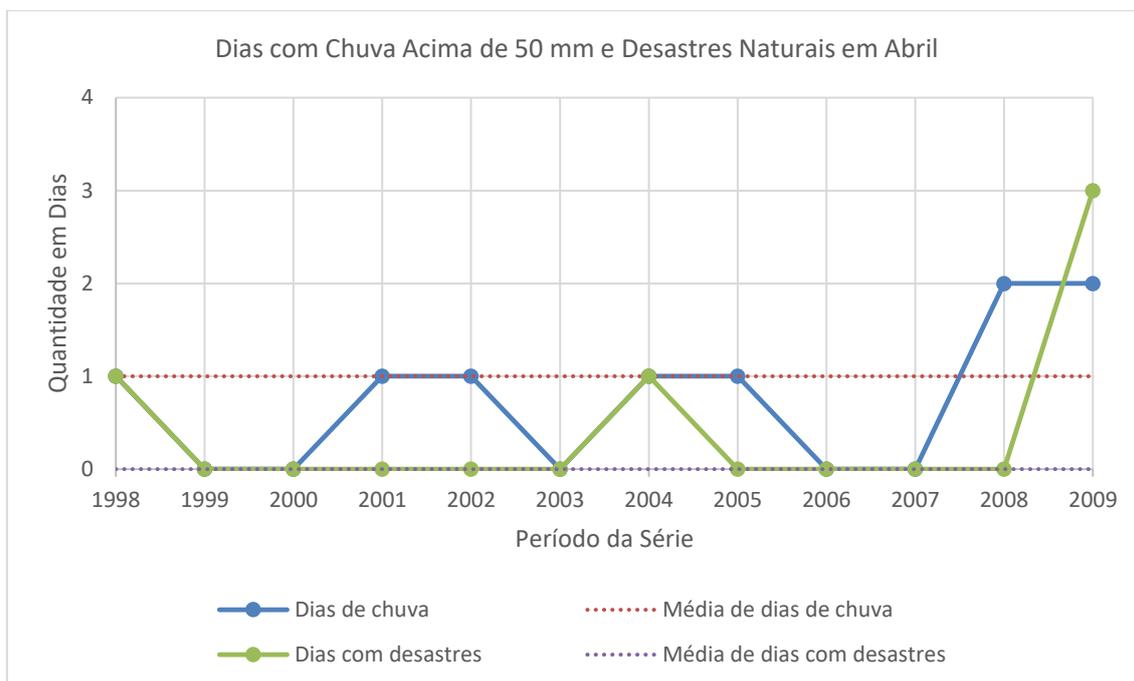
Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em março, verificando a oscilação ao longo do tempo, não se nota relação entre dias de chuva acima de 50 mm e de desastres.

Em 1999, 2001, 2006 e 2009 as quantidades das duas variáveis foram as mesmas.

O número de dias de chuva intensa da primeira metade da série foi exatamente igual ao da segunda (7 dias), assim como o de desastres (4 dias). A média das duas variáveis em março foi de 1 dia.

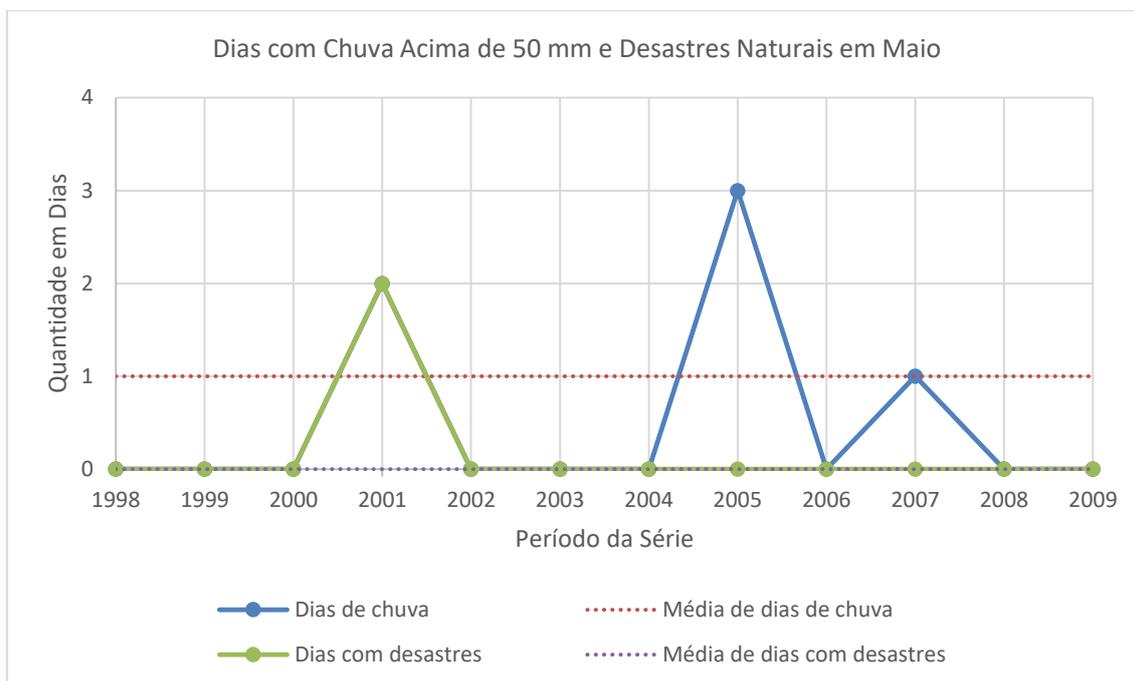
Gráfico 37 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em abril



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em abril, de 1998 a 2009, o número de dias de chuva intensa foi igual ao de desastres ou um pouco superior. Exceção foi o ano de 2009. O ano que teve maior discrepância entre as variáveis foi 2008, com 2 dias de chuva e nenhum de desastres. A média em abril foi de 1 dia de chuva intensa e de nenhum dia com desastre. As quantidades das duas variáveis tiveram aumento na segunda metade da série em comparação a primeira, de 3 para 6 dias de chuva intensa, e de 1 para 4 dias com desastres.

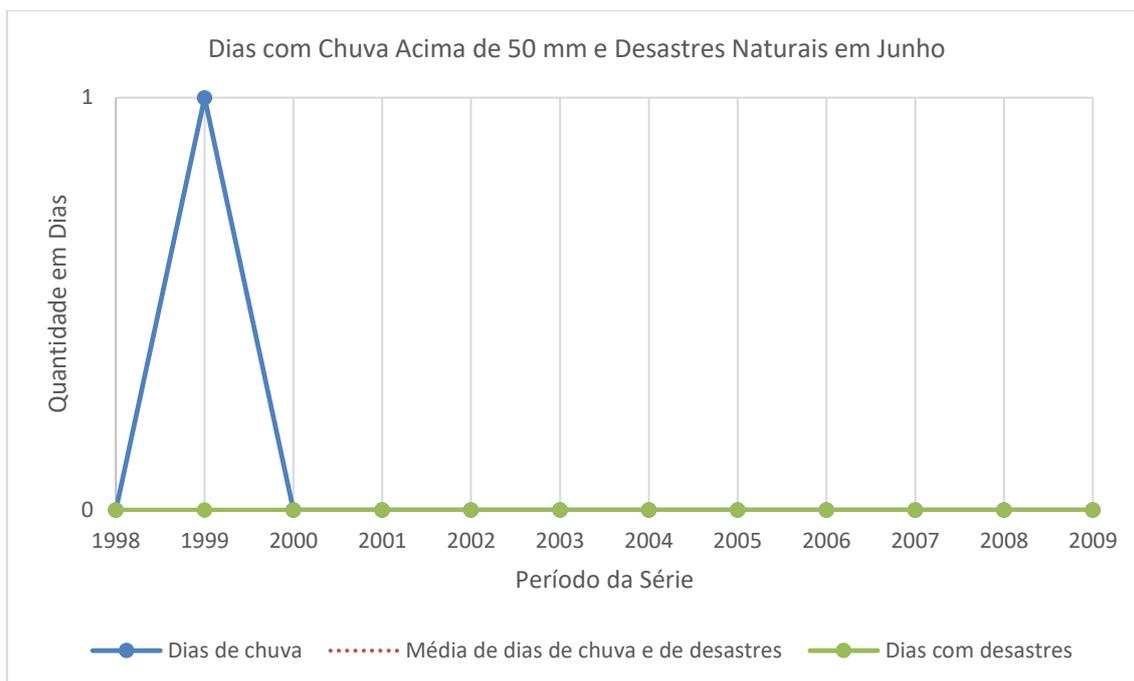
Gráfico 38 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em maio



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

De 1998 a 2009, no mês de maio, a quantidade de dias de chuva intensa e de desastres só não foi a mesma nos anos de 2005 e 2007. Nesses dois anos ocorreram mais dias de chuva do que de desastres, com destaque para maio de 2005, com 3 dias de chuva e nenhum de desastre. Em maio de 2001 ocorreram 2 dias com chuva intensa e 2 com desastres. A média no mês foi de 1 dia de chuva intensa e de nenhum dia com desastre. O número de dias de chuva aumentou na segunda metade da série em relação a primeira (de 2 para 4), ocorrendo o inverso com a quantidade de dias com desastres (de 2 para 0).

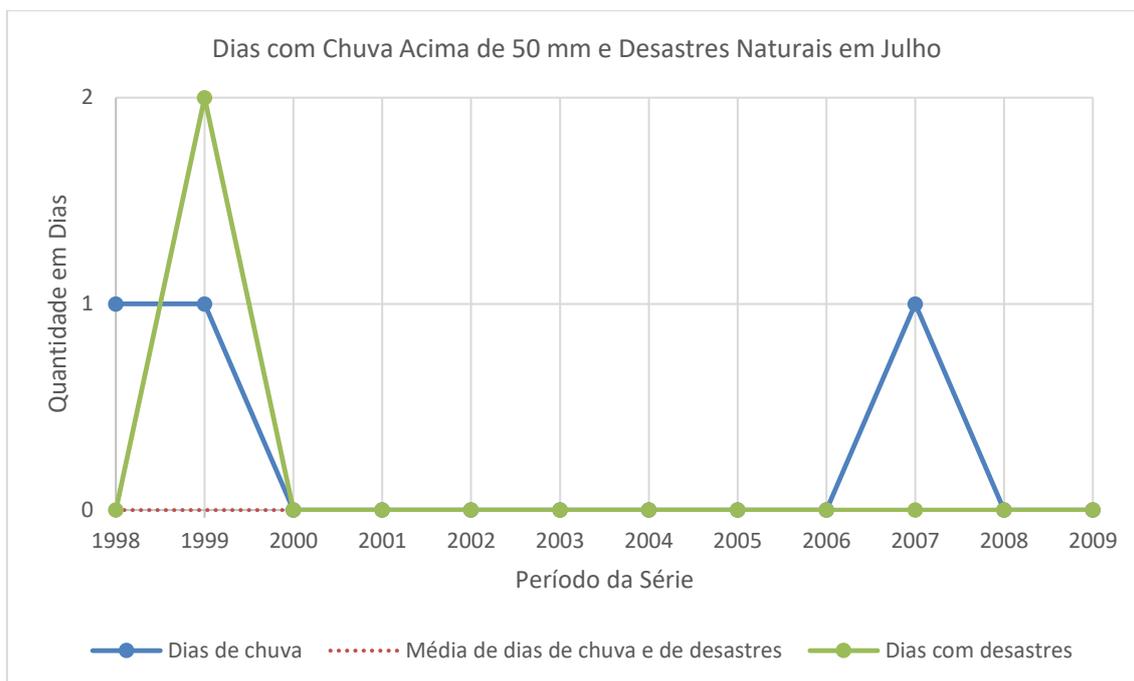
Gráfico 39 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em junho



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em junho, no período de 1998 a 2009, não ocorreram dias com chuva acima de 50 mm e nem com desastres. A única exceção foi junho de 1999, que teve um dia com registro de chuva intensa. A média das duas variáveis em junho foi de nenhum dia.

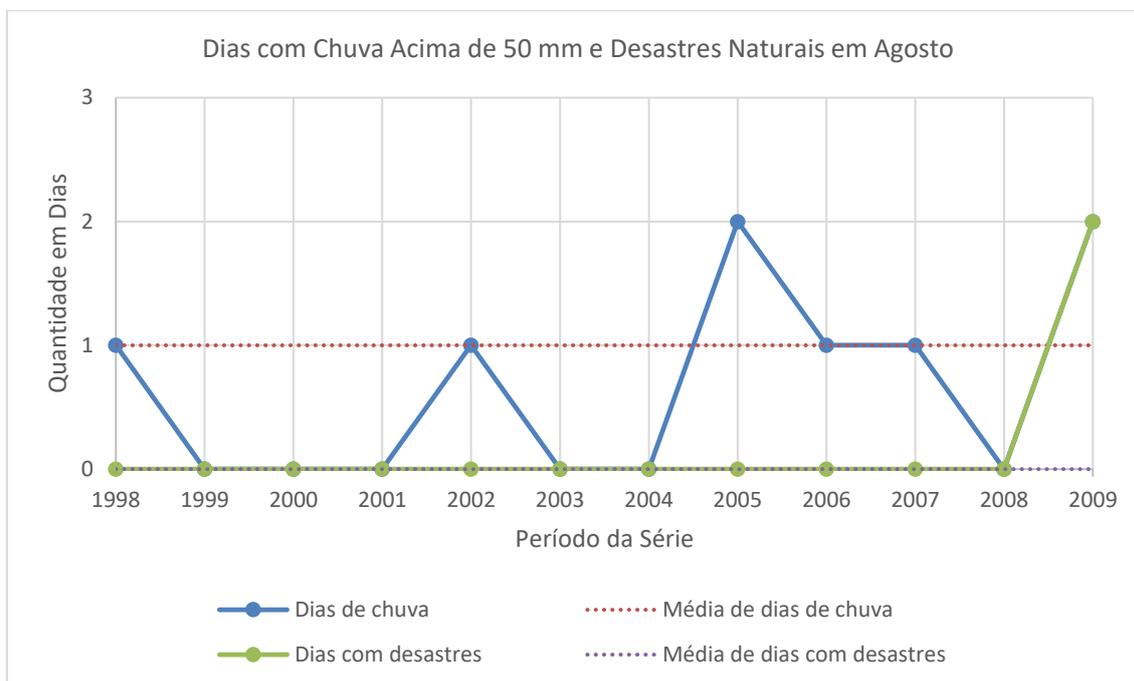
Gráfico 40 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em julho



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

De 1998 a 2009, no mês de julho, só não ocorreu a mesma quantidade de dias de chuva acima de 50 mm e de desastres em 1998, 1999 e 2007. Quanto aos dias com desastres no mês, só ocorreram 2 registros em 1999. Em 1998, 1999 e 2007 ocorreu 1 dia com chuva intensa no mês de julho de cada um dos anos. A média das duas variáveis em julho foi de nenhum dia. A quantidade de dias de chuva intensa e de desastres diminuiu na segunda metade da série em relação a primeira. Foi de 2 para 1 dias de chuva e de 2 para 0 dias com desastres.

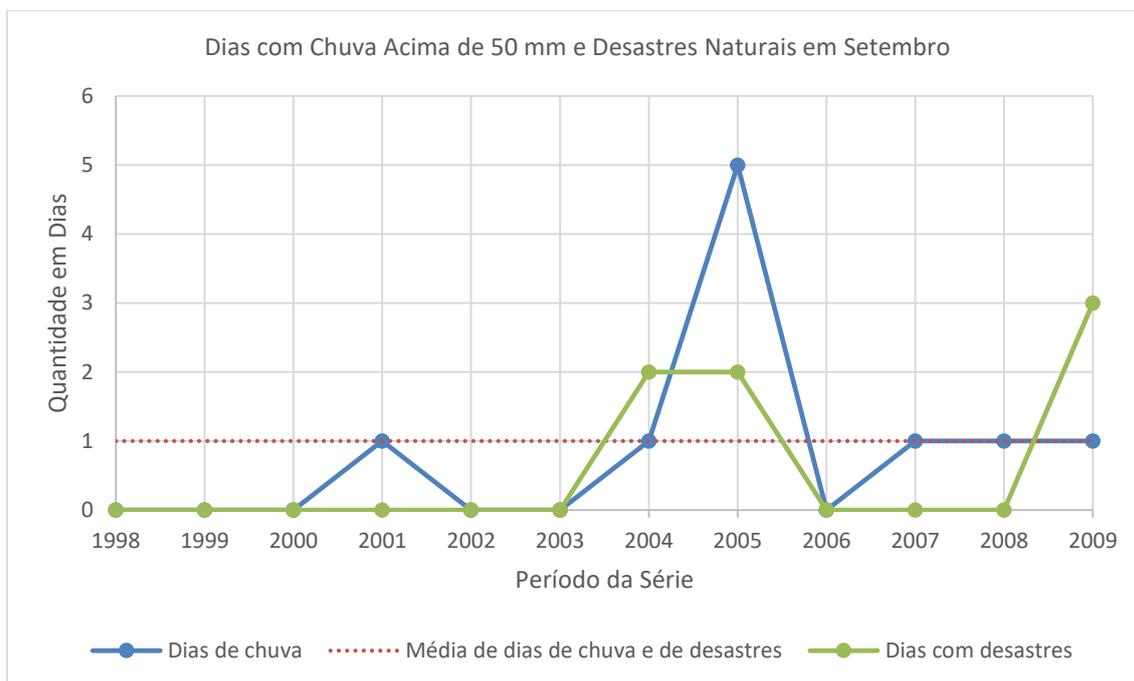
Gráfico 41 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em agosto



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em agosto, no período analisado, o número de dias de chuva acima de 50 mm foi igual ou superior ao de desastres. A maior diferença ocorreu em 2005, com 2 dias de chuva e nenhum de desastre. A média em agosto foi de 1 dia de chuva intensa e de nenhum com desastre. As quantidades das duas variáveis aumentaram na segunda metade da série em relação a primeira, de 2 para 6 dias de chuva intensa e de 0 para 2 dias com desastres.

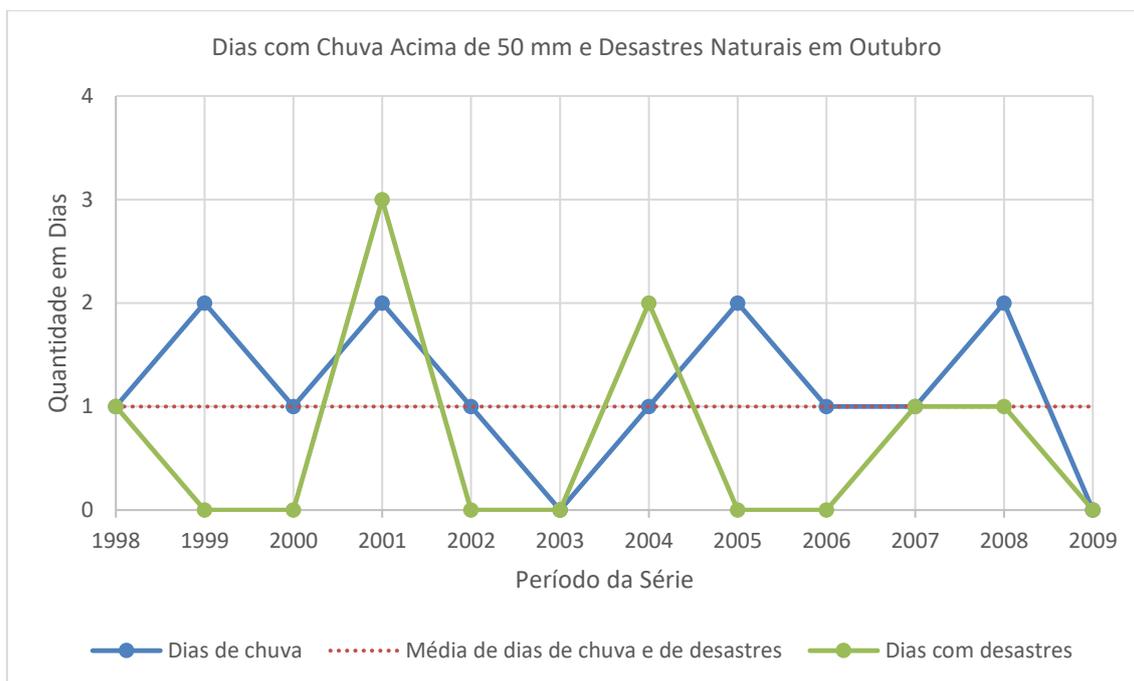
Gráfico 42 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em setembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em setembro, de 1998 a 2009, a quantidade de dias de chuva acima de 50 mm e de desastres não foi a mesma em 2001, 2004, 2005, 2007, 2008 e 2009. A maior diferença entre as duas variáveis ocorreu em 2005, com 5 dias de chuva e 2 de desastres. A média das duas variáveis em setembro foi de 1 dia. O número de dias de chuva intensa e de desastres teve aumento significativo na segunda metade da série em relação a primeira. Foi de 1 para 9 dias de chuva e de 0 para 7 dias com desastres.

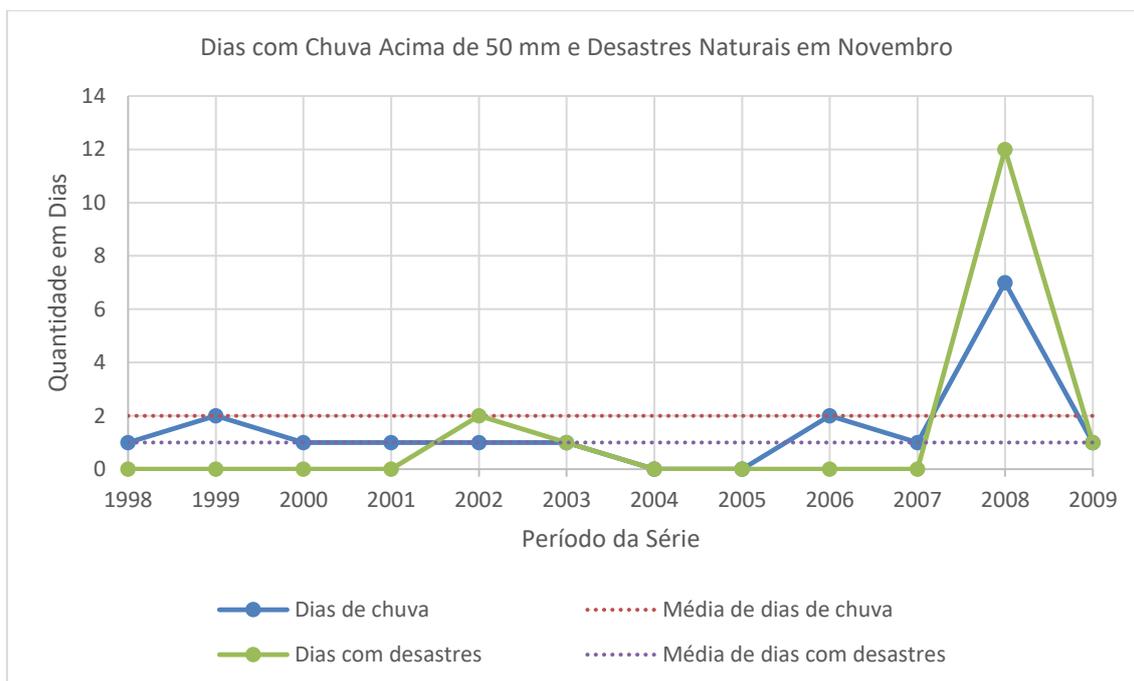
Gráfico 43 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em outubro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em outubro não se percebe um padrão na relação entre as duas variáveis ao longo do tempo. Somente em 4 anos da série (1998, 2003, 2007 e 2009) os valores das duas variáveis foram iguais. A quantidade de dias de chuva intensa foi superior à de desastres em 6 anos do período, ocorrendo o inverso somente em 2001 e 2004. A maior diferença entre as duas variáveis ocorreu em 1999 e 2005. A quantidade de dias de chuva intensa na primeira e na segunda metade da série analisada foi a mesma (7 dias), assim como de desastres (4 dias). A média das duas variáveis em outubro foi de 1 dia.

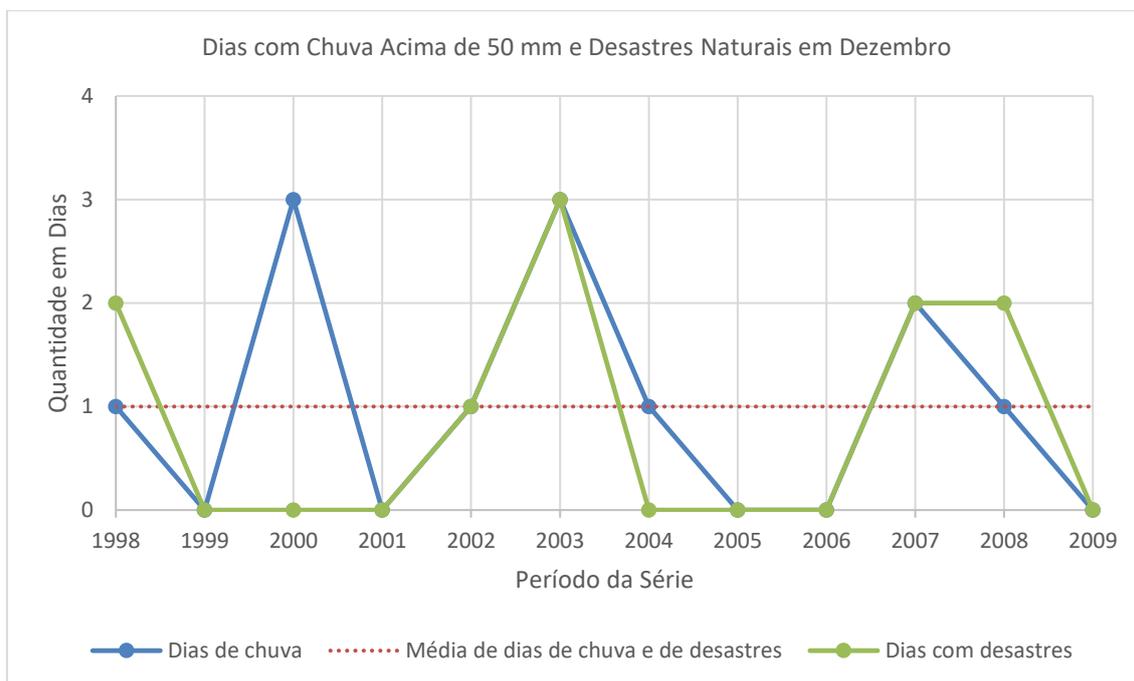
Gráfico 44 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em novembro



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Em novembro, de 1998 a 2009, os valores das duas variáveis foram de 0, 1, ou 2 dias. Ficaram acima desse valor apenas em 2008, quando foram registrados em novembro 12 dias com desastres e 7 com chuva intensa. Além de 2008, somente no ano de 2002 a quantidade de dias com desastres foi superior à de chuvas. Nos outros anos o número de dias de chuva foi maior ou igual ao de desastres. Na segunda metade da série aumentaram as quantidades das duas variáveis em relação a primeira. Foram de 7 para 11 dias de chuva e de 3 para 13 dias com desastres (aumento significativo nesse caso). A média em novembro foi de 2 dias de chuva intensa e de 1 dia com desastre.

Gráfico 45 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais em dezembro



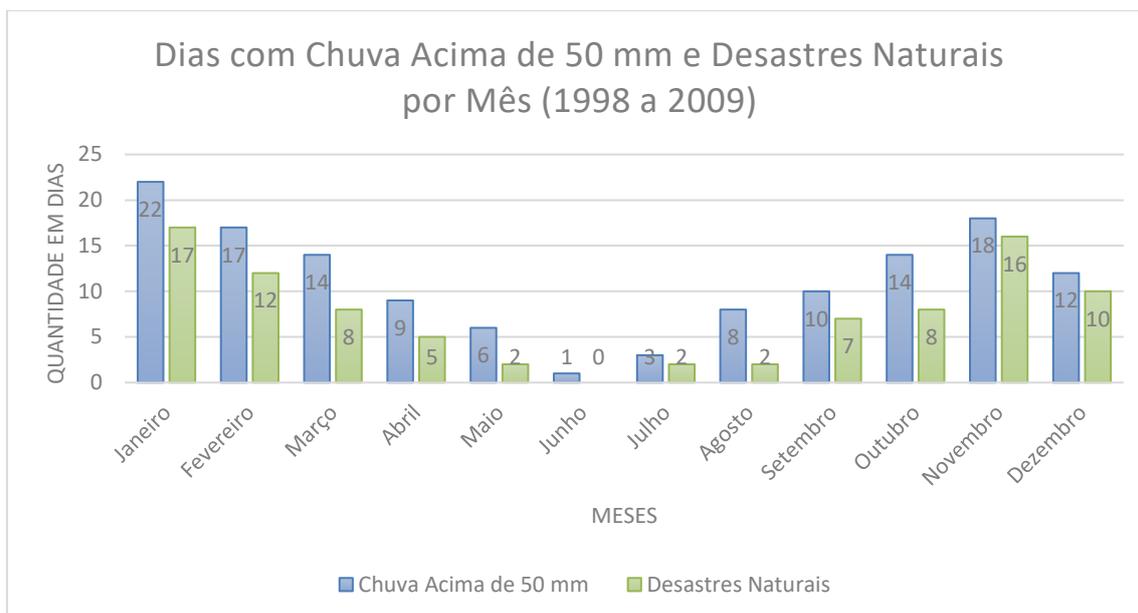
Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Dos 12 anos da série, 8 apresentaram o mesmo valor para as duas variáveis em dezembro. Nos outros anos, em 1998 e 2008, foram registrados mais dias com desastres do que com chuva intensa, e em 2000 e 2004 ocorreu o contrário. O ano com maior discrepância entre os valores foi 2000, quando foram registrados em dezembro 3 dias com chuva intensa e nenhum dia com desastre. As quantidades das duas variáveis diminuíram na segunda metade da série em comparação com a primeira, indo de 8 para 4 dias de chuva e de 6 para 4 dias com desastres. A média das duas variáveis em dezembro foi de 1 dia.

4.4.2 Registro de dias de chuva acima de 50 mm e dias com desastres por mês de 1998 a 2009

No gráfico abaixo é analisada a oscilação nas quantidades de dias de chuva acima de 50 mm e de dias com desastres, no período de 1998 a 2009. A análise é realizada através da verificação da quantidade das duas variáveis em cada mês da série.

Gráfico 46 – Chuva acima de 50 mm e desastres naturais por mês (1998 a 2009)



Fonte: Elaboração da autora, 2020.

Durante o período de 1998 a 2009 foram registrados, no total, 134 dias com chuva acima de 50 mm e 89 dias com desastres.

Em todos os meses a quantidade de dias com chuva intensa é um pouco maior que a de desastres.

No período, a maior quantidade das duas variáveis ocorreu no mês de janeiro, em seguida novembro e depois fevereiro. Ocorreram 22 dias com chuva intensa em janeiro, 18 em novembro e 17 em fevereiro. Já em relação aos desastres, foram 17 em janeiro, 16 em novembro e 12 em fevereiro.

Os meses que apresentaram menor quantidade de dias com chuva intensa foram junho (1 dia) e julho (3 dias). Em relação aos desastres, o menor número foi em junho (nenhum dia), e maio, julho e agosto (2 dias em cada um dos meses).

Constatou-se que as chuvas intensas e os desastres naturais ocorreram em todas as estações do ano. Porém, a quantidade é maior nos meses do verão, seguidos pelos meses da primavera. Já a menor quantidade ocorre nos meses do outono, e em seguida, do inverno.

Os resultados da análise são condizentes com o clima da região estudada. O estado de Santa Catarina, localizado nas latitudes médias, é afetado por sistemas atmosféricos bem variados. Isso garante a ocorrência de chuvas em todas as estações do ano, porém são mais comuns no verão do que no inverno.

Nos meses do verão são comuns as chuvas convectivas, associadas a nuvens grandes cúmulos ou cumulonimbos. Essas chuvas são pesadas, intensas e de curta duração. (TORRES e MACHADO, 2008).

No verão, o calor associado a alta umidade favorece a formação de convecção tropical. A passagem de frentes frias, geralmente, organiza e intensifica a convecção, resultando em tempestades. Essa condição ocorre em todas as regiões de Santa Catarina. Na primavera também ocorre instabilidade, provocada principalmente pelos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Os CCM, em sua maioria, são formados de madrugada, no norte da Argentina, e se deslocam rapidamente para leste, atingindo Santa Catarina entre a madrugada e início da manhã. Esse sistema está associado a ocorrência de pancadas de chuva forte com trovoadas e granizo isolado. (MONTEIRO, 2001).

Constatou-se na pesquisa realizada que, nos meses do outono, seguidos pelos do inverno, ocorre a menor quantidade de chuvas intensas e desastres. Os resultados da pesquisa estão em consonância com o que afirma Monteiro (2001, p. 72) sobre a precipitação no estado de Santa Catarina:

O outono é um período em que os bloqueios atmosféricos são muito freqüentes, impedindo a passagem das frentes sobre o Estado. Normalmente, as frentes frias chegam ao Rio Grande do Sul e são desviadas para o oceano. A estabilidade atmosférica persistente, ocasionada pela falta de passagens frontais e ainda a diminuição da convecção proporcionada pelo calor da tarde, resultam em períodos de tempo bom e sem ocorrência de chuva.

No inverno,

o volume pluviométrico [...], na maioria dos municípios catarinenses, é muito pouco superior ao do outono, embora haja regularidade na passagem da frente. [...] O baixo volume pluviométrico no litoral reflete, portanto, condições de tempo mais estáveis, devido ao fortalecimento da Alta Subtropical do Atlântico Sul, que exerce uma subsidência do ar na faixa leste do Estado, inibindo a formação de nuvens mais desenvolvidas verticalmente. (MONTEIRO, 2001, p. 74-75).

Fica nítida a relação entre as variáveis ao longo dos meses. Quando aumenta a quantidade de dias com chuva intensa, também aumenta a quantidade de dias com desastres. E quando diminuem os dias de chuva intensa, também diminuem os de desastres.

Na pesquisa realizada foi analisada somente a chuva intensa (grande volume de chuva em pouco tempo). Com as análises se observou que a chuva intensa, aliada a outros fatores, propicia a ocorrência de desastres. No entanto, se sabe que chuva persistente, mesmo que o volume diário seja baixo, também cria condições para a ocorrência de desastres.

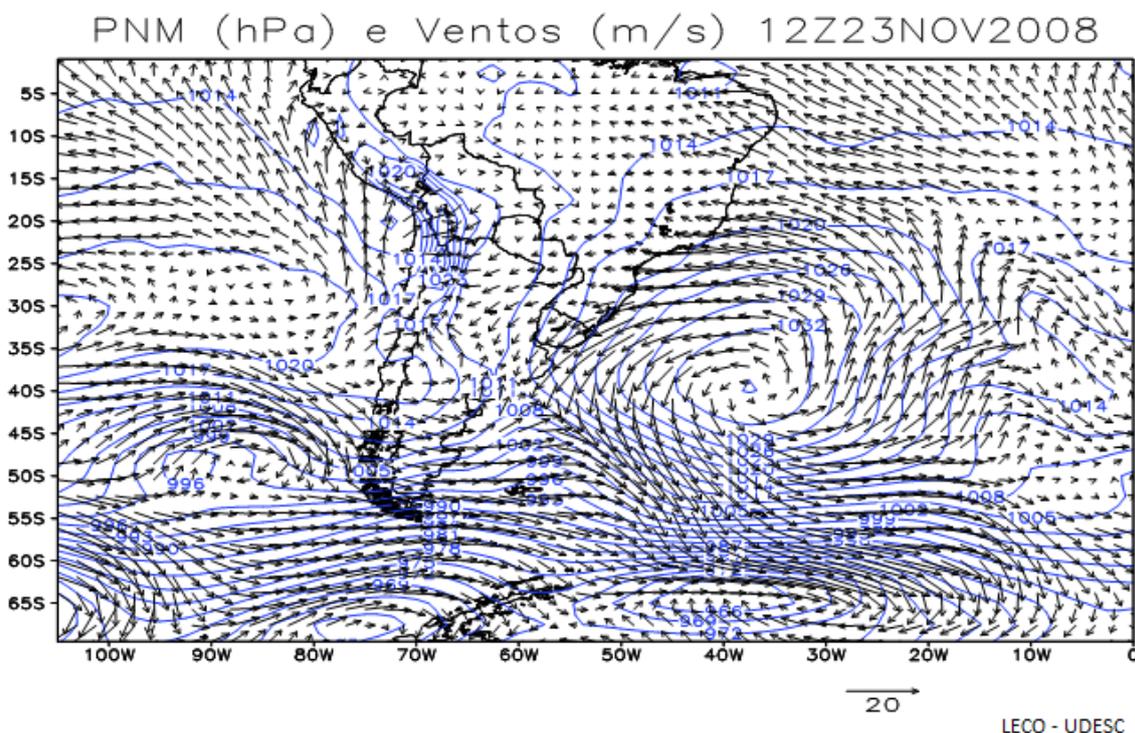
4.5 CHUVAS DE NOVEMBRO DE 2008

De acordo com o Dias (2008?), a tragédia que ocorreu em Santa Catarina, em novembro de 2008, foi ocasionada pela combinação de vários sistemas.

Havia no Oceano Atlântico Sul um anticiclone de bloqueio. O termo bloqueio é utilizado quando áreas de alta pressão são muito intensas e estáveis, e bloqueiam o deslocamento de sistemas meteorológicos responsáveis por modificar as condições do tempo, como as frentes frias. Esse bloqueio pode perdurar por vários dias ou até semanas. A situação foi ainda mais persistente por existirem anticiclones de bloqueios também em outros pontos do hemisfério sul. Esse bloqueio ocasionou chuvas constantes, principalmente no litoral de SC e Vale do Itajaí. (DIAS, 2008?).

A Figura 7 mostra pressão e ventos no dia 23 de novembro de 2008 (12 h no Tempo Médio de Greenwich (TMG)). Pelas análises realizadas neste trabalho, observou-se que no dia 23 foi registrado o maior volume de chuva.

Figura 7 – Campos de pressão ao nível do mar, com intervalo de 3 hPa e vento a 10 metros de altura (23/11/2008 as 12Z) – Dados de Reanálises do NCEP/NCAR (EUA)



Fonte: Pissi (2010, p. 72).

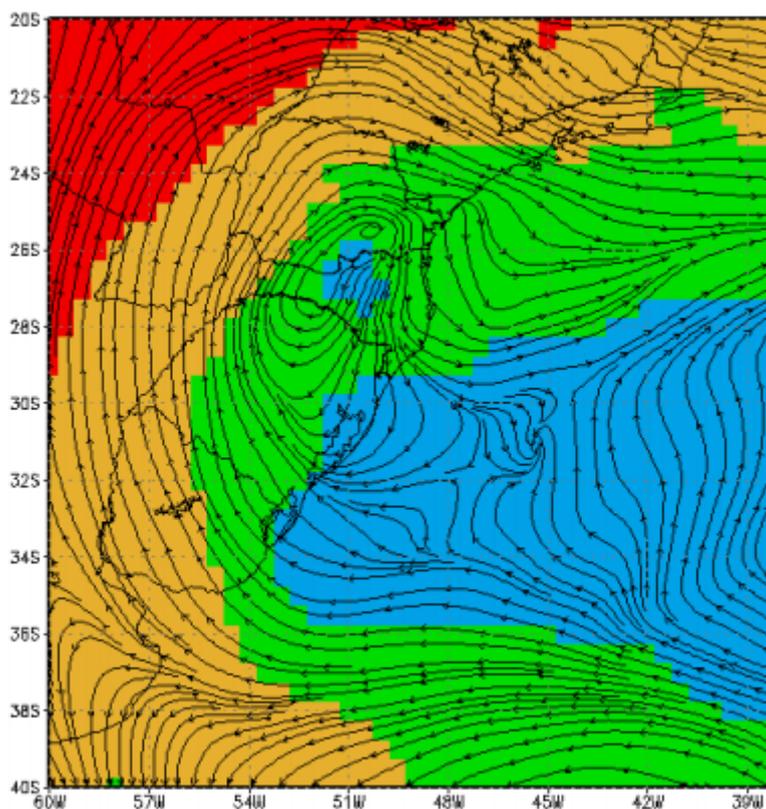
Na figura é possível observar o anticiclone de bloqueio, com centro localizado próximo a latitude de 40° S. Este centro de alta pressão fez com que fossem direcionados para o litoral de SC ventos de leste, persistentes e úmidos, que atingiram a costa do estado de forma praticamente perpendicular. Esse cenário, aliado a configuração do relevo em SC, propiciou a ocorrência de chuva orográfica, comum nessa região. As serras atuaram como bloqueio a passagem dos ventos, que se elevaram. Como consequência ocorreu o resfriamento, condensação e precipitação.

De acordo com dados da EPAGRI / CIRAM de SC, além do anticiclone de bloqueio, influenciaram também outros sistemas em superfície. No dia 21 de novembro foi observado um cavado em superfície no litoral. Também atuou um vórtice ciclônico entre o litoral norte do RS e o de SC. Em médios e altos níveis observou-se a atuação de vários sistemas. No dia 21 de novembro ocorreu a formação de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) em 200 hPa. No dia 22 um jato (fraco) em 200 hPa entre o noroeste e a região sul do Brasil. Nos dias 22 e 23 ocorreu circulação de leste em 800 hPa, vórtice em 500 hPa no litoral sul e cavado entre o Paraná e

Santa Catarina (que desapareceu no dia 23). No dia 24 também foi observado vórtice em 200 e 500 hPa. (PISSI, 2010).

Na Figura 8, em 500 hPa, nota-se o VCAN sobre Santa Catarina.

Figura 8 – Linhas de corrente (circulação dos ventos) no nível isobárico de 500 hPa (aproximadamente a 500 m de altura) e temperatura (°C, escala de cores) correspondente ao mesmo horário



Fonte: Dias (2008?, p. 41).

O VCAN, com deslocamento rápido e centro frio (-19 °C), provocou um efeito dinâmico de sucção que aumentou o levantamento do ar. A sucção foi incrementada pela diferença de temperatura entre a superfície (mais quente), e as baixas temperaturas em altos níveis (núcleo frio do VCAN). (DIAS, 2008?).

A atuação desses sistemas provocou chuva intensa e persistente por vários dias. As chuvas observadas no litoral de SC foram provenientes de nuvens quentes, sendo relativamente raro na região. Esse evento de chuvas foi caracterizado por nuvens estratiformes, com fraco desenvolvimento vertical. Em novembro de 2008, nos

municípios de Blumenau e Joinville, os totais mensais foram de, aproximadamente, 1000 mm. A média climatológica mensal é em torno de 150 mm. (DIAS, 2008?).

A ocupação do solo, com ocupação de áreas próximas aos rios e encostas, foi fator importante para a ocorrência de tantos desastres em novembro de 2008. Destaca-se a bacia do rio Itajaí-Açu, onde a elevação do nível das águas e as inundações frequentes não são novidade.

No período de 23-24 de novembro o rio Itajaí-Açu, em Itajaí, subiu 11 metros. O rio transbordou as barragens de contenção e, em poucas horas, se elevou 12 metros acima do seu nível normal. Foi registrada a ocorrência de muitos desastres em novembro de 2008, afetando em torno de 60 cidades e mais de 1,5 milhões de pessoas. Ocorreram 133 mortes, 22 desaparecidos e mais de 78.000 habitantes tiveram que deixar as suas casas. (DIAS, 2008?).

5 CONCLUSÃO

Constatou-se que foram registrados 134 dias com chuva acima de 50 mm, de 1998 a 2009. Os anos com maior quantidade foram 2008 (20 dias) e 2005 (17 dias), e menor foram 2003 e 2006 (6 dias em cada ano). A média de dias de chuva intensa para o período foi de 11 dias por ano.

No período da série, foram registradas 31 ocorrências de chuva acima de 100 mm nas estações analisadas. Durante o período analisado, o dia com maior volume de chuva foi 23 de novembro de 2008 (283 mm registrado na estação de Blumenau). Além deste, outros quatro dias tiveram registro de chuva acima de 200 mm: 07 de novembro de 2003, e 01 de fevereiro, 24 de novembro e 16 de dezembro de 2008.

Nos 12 anos analisados, 89 dias tiveram decretos de desastres relacionados a chuva intensa, sendo registrados 284 decretos, destes 67 % no Vale do Itajaí e 33 % na Grande Florianópolis. O ano com maior quantidade foi 2008 (100 decretos) e menor foi 2006 (1 decreto). A média para o período foi de 24 desastres por ano. O município que teve mais registros foi Camboriú, com 13 decretos. Em relação ao tipo de desastre, o maior número foi de inundação brusca / enxurrada (257 decretos), sendo os anos com mais registros 2008, com 99 decretos e 2001, com 61. Ainda, foram registrados 9 decretos de inundação gradual, com destaque para 1999 (5 decretos). No ano de 1998 foram registrados 17 desastres (fortes chuvas), e em 2008, 1 escorregamento.

Como o esperado observou-se conexão entre chuva intensa e desastres naturais. A quantidade de dias com chuva intensa, na maioria dos anos, foi um pouco superior a de dias com desastres. A média também (11 dias de chuva e 7 dias com desastres por ano). Para as duas variáveis, as maiores quantidades ocorreram em janeiro e as menores, em junho. Constatou-se que as ocorrências foram maiores nos meses do verão, seguidos pelos da primavera, e menores nos meses do outono, e em seguida, do inverno. A quantidade das duas variáveis aumentou na segunda metade da série em relação a primeira. Analisando a quantidade por mês, destacam-se os meses de setembro e novembro, que tiveram aumento significativo na segunda metade da série.

Na série analisada (1998 a 2009) destacou-se novembro de 2008, quando foram quebrados muitos recordes históricos de chuva. A conclusão de Dias (2008?) foi de que, do ponto de vista sinótico, as chuvas intensas que ocorreram, em partes

de SC, de 22 a 25 de novembro de 2008, foram causadas por um bloqueio atmosférico no oceano Atlântico.

A chuva, aliada a outros fatores (como a ocupação de áreas de risco), provocou uma grande quantidade de desastres naturais. Em novembro de 2008 foram registrados 62 decretos de desastres relacionados a chuva intensa.

Em relação aos eventos de chuvas intensas e o fenômeno ENOS, ocorreu o inverso do esperado. Constatou-se que a média de dias com chuva acima de 50 mm nos anos de El Niño foi menor que a dos anos neutros. Já a média nos anos de La Niña foi superior à dos anos sem a ocorrência do ENOS.

Verificou-se que na Grande Florianópolis e Vale do Itajaí ocorre chuva intensa com bastante frequência, em praticamente todos os meses do ano. As catástrofes também são frequentes em toda a região em análise. Nos 12 anos analisados, dos 75 municípios localizados na região em estudo, somente 2 (Agrolândia e Braço do Trombudo) não decretaram desastres relacionados a chuva intensa.

Visto que a previsão é de aumento de eventos climáticos extremos, é de suma importância que a sociedade esteja preparada para lidar com essa situação. Que sejam criados mecanismos para diminuir a vulnerabilidade da população a esses eventos, minimizando, assim, a ocorrência dos desastres.

O elevado adensamento populacional, característico das cidades, acaba criando condições para a ocorrência das catástrofes. A impermeabilização do solo, ocupação de áreas que deveriam ser preservadas, entre outros fatores, leva a ocorrência dos desastres. Devemos repensar a forma como se ocupa e organiza os espaços.

Já se percebeu que o modo de vida atual, com pessoas vivendo aglomeradas em grandes cidades, não é sustentável. Os problemas são muitos: poluição ambiental, baixa qualidade de vida, maior disseminação de doenças, aumento na ocorrência de catástrofes, entre tantos outros.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN / UFSC, 2004. p. 762-773. Disponível em: http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/AGUIAR-E-MENDON%C3%87A_2004.pdf. Acesso em: 24 ago. 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antonio Christofolletti. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa nº 02, de 20 de dezembro de 2016. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ed. 245, seção 1, 22 dez. 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/24789597/do1-2016-12-22-instrucao-normativa-n-2-de-20-de-dezembro-de-2016. Acesso em: 26 ago. 2020.

CAMPOS, A. R. *et al.* Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí. **Ciência Agrônômica**, Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 488-498, jul-set, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rca/v45n3/v45n3a08.pdf>. Acesso em: 4 set. 2020.

CPTEC / INPE. **El Niño e La Niña**. Cachoeira Paulista, 2020. Site. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 18 out. 2020.

DIAS, M. A. F. S. (ed.). **As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos**. [S. l.], [2008?]. 67 p.

FERREIRA, B. *et al.* Análise sazonal das temperaturas superficiais do estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 e 2010. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E XXVI EXPOCARTAS, 27., 2017, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: UFSC, 2017. p. 933-937. Disponível em: http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/4/fullpaper/CT04-169_1506450871.pdf. Acesso em: 03 out. 2020.

HAAS, R. **Simulações da chuva orográfica associada a um ciclone extratropical, no litoral sul do Brasil**. 2002. 162 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

HERRMANN, M. L. P. (org.). **Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina**. 2. ed. Florianópolis: SEA / DGED, 2007.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, jan.-jun., 2001. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/download/14052/12896>. Acesso em: 28 set. 2020.

MONTEIRO, M. A.; MENDONÇA, M. Dinâmica atmosférica no Estado de Santa Catarina. *In*: HERRMANN, M. L. P. (org.). **Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina**. 2. ed. Florianópolis: SEA / DGED, 2007. p. 5-10.

NOAA. **El Niño Southern Oscillation (ENSO)**. Boulder, 2020. Site. Disponível em: <https://psl.noaa.gov/enso/#:~:text=The%20NOAA%20Physical%20Sciences%20Laboratory,emergency%20planning%2C%20and%20ecosystem%20resilience>. Acesso em: 18 out. 2020.

PANDOLFO, C. *et al.* **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom. Disponível em: http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/atlasClimatologico/atlasClimatologico.pdf. Acesso em: 24 ago. 2020.

PISSI, E. **Análise da precipitação intensa associada aos desastres naturais no Vale do Itajaí e litoral de Santa Catarina no período de 1998 a 2009**: circulação marítima. 2010. 77 p. Monografia (Departamento de Geografia) – Centro de Ciências da Educação, UDESC, Florianópolis, 2010.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. 196 p. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/05/Conhecer_para_Prevenir_3ed_2016.pdf. Acesso em: 2 set. 2020.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Geographica, 2008. 234 p. (Série Textos Básicos de Geografia). Disponível em: <https://docplayer.com.br/37064165-Introducao-a-climatologia.html>. Acesso em: 25 ago. 2020.

UFSC / CEPED. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Volume Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2013. 168 p. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>. Acesso em: 25 ago. 2020.

UFRGS / CEPED. **Capacitação em gestão de riscos**. [recurso eletrônico]. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 270 p. Disponível em: http://sistema.celsolisboa.edu.br/material_aluno_pos/609/Livro-texto_2016_UFRGS_Gestao_de_Riscos_2%AA_edicao_WEB.pdf. Acesso em: 29 ago. 2020.

VALENTE, P. T. **Identificação das áreas mais sujeitas a eventos extremos de temperatura e precipitação no sudeste da América do Sul**. 2015. 55 p. Monografia (Departamento de Geografia) – Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340849935_Identificacao_das_Areas_mais

[Sujeitas a Eventos Extremos de Temperatura e Precipitacao no Sudeste da America do Sul](#). Acesso em: 18 out. 2020.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: [S.n.], 2006. 449 p. (Versão digital 2). Disponível em: <https://docero.com.br/doc/nsc8c15>. Acesso em: 5 set. 2020.