

Contrato: Nº 1065/2023

Objeto: *Elaboração de Plano Municipal de Gestão de Riscos de Desastres (PMGRD).*

Produto 06 - Análise e avaliação dos riscos



Fonte: Diário Gaúcho. Acesso: 2023.



Fonte: Arquivo
AN - Joinville,
SC, 06 fev. 1995.



Fonte: Hotel Bavarium, 2023.

Consórcio Nippon Koei LAC- REGEA



MARÇO/2025

Consórcio Nippon Koei LAC- REGEA

ETAPA III - PRODUTO 06 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCOS

NATUREZA DO TRABALHO

Plano Municipal de Gestão de Riscos de Desastres (PMGRD) do Município de Joinville, SC.

INTERESSADO

Prefeitura Municipal de Joinville, SC.

CONTRATO	CÓDIGO CONSÓRCIO			VERSÃO	LOCAL E DATA	
1065/2023	2230-R06-25			Final	São Paulo Março, 2025	
DATA	REV00	REV01	REV02	REV03	REV 04	REV FINAL
	02/06/2024	10/09/2024	08/10/2024	19/11/2024	20/02/2025	14/03/2025

SUMÁRIO

1	Introdução.....	6
1.1	Objetivo.....	8
2	Avaliação de riscos.....	9
2.1	Norma Brasileira ABNT NBR ISO 31.000.....	10
2.2	Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres	11
3	Metodologia.....	12
3.1	Avaliação das mudanças climáticas.....	12
3.1.1	Projeção global - Influência das mudanças climáticas na magnitude e frequência de desastres.....	13
3.1.2	Projeção regional - Influência das mudanças climáticas na magnitude e frequência de desastres.....	14
3.2	Cenários de magnitude	15
3.3	Definição de probabilidade de ocorrência.....	16
3.3.1	Probabilidades de ocorrência de desastres relacionados às chuvas, baseado no TR 17	
3.3.2	Probabilidades de ocorrência de desastres tecnológicos devido a falhas humanas ou mecânicas	18
3.4	Análise da Matriz de riscos, aceitabilidade e a hierarquização	18
3.4.1	Aceitabilidade na escala 1:3.000.....	20
3.4.2	Aceitabilidade na escala 1:10.000.....	22
3.5	Prejuízos econômicos, danos humanos e materiais	24
4	Resultados.....	28
4.1	Matriz de conectividade e complexidade	28
4.2	Análise e avaliação de risco geológico	37
4.2.1	Análise da sensibilidade e níveis de confiança.....	37
4.2.1.1	Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises 37	
4.2.1.2	Cenários de magnitude dos desastres e consequências.....	38
4.2.1.3	Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário 39	
4.2.1.4	Identificação de ameaças.....	40
4.2.2	Análise da complexidade e conectividade	40
4.2.3	Análise da natureza e magnitude das consequências	41
4.2.4	Análise de desastres e estabelecimento de parâmetros de previsão de danos e prejuízos	42
4.2.5	Mapeamento de danos e prejuízos	43
4.2.6	Análise da probabilidade de eventos e temporalidade e volatilidade	43
4.3	Análise e avaliação dos riscos hidrológicos.....	45
4.3.1	Análise da sensibilidade e níveis de confiança.....	45
4.3.1.1	Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises 45	
4.3.1.2	Cenários de magnitude dos desastres	46

4.3.1.3	Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário	47
4.3.1.4	Identificação de ameaças.....	49
4.3.2	Análise da complexidade e conectividade	50
4.3.3	Análise da natureza e magnitude das consequências	51
4.3.4	Análise de desastres e estabelecimento de parâmetros de previsão de danos e prejuízos	52
4.3.5	Mapeamento de danos e prejuízos	53
4.3.6	Análise da probabilidade de eventos e temporalidade e volatilidade	53
4.4	Análise e avaliação dos riscos climatológicos e meteorológicos.....	56
4.4.1	Análise da sensibilidade e níveis de confiança	56
4.4.1.1	Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises	57
4.4.1.2	Cenários de magnitude dos desastres e consequências.....	57
4.4.1.3	Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário	61
4.4.1.4	Identificação de ameaças.....	65
4.4.2	Análise da complexidade e conectividade	71
4.4.3	Análise da natureza e magnitude das consequências	72
4.4.4	Análise de desastres e estabelecimento de parâmetros de previsão de danos e prejuízos	74
4.4.5	Mapeamento de danos e prejuízos	78
4.4.6	Análise da probabilidade de eventos e temporalidade e volatilidade	78
4.5	Análise e avaliação de riscos biológicos.....	84
4.5.1	Análise da sensibilidade e níveis de confiança	84
4.5.1.1	Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises	84
4.5.1.2	Cenários de magnitude dos desastres e consequências.....	85
4.5.1.3	Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário	86
4.5.1.4	Identificação de ameaças.....	88
4.5.2	Análise da complexidade e conectividade	90
4.5.3	Análise da natureza e magnitude das consequências	91
4.5.4	Análise da probabilidade de eventos e temporalidade e volatilidade	91
4.6	Análise e avaliação dos riscos tecnológicos.....	92
4.6.1	Análise da sensibilidade e níveis de confiança	92
4.6.1.1	Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises	93
4.6.1.2	Cenários de magnitude dos desastres e consequências.....	93
4.6.1.3	Teste de aderência entre mapas de risco e inventário	96
4.6.1.4	Identificação de ameaças.....	102
4.6.2	Análise da complexidade e conectividade	107
4.6.3	Análise da natureza e magnitude das consequências	109
4.6.4	Mapeamento de danos e prejuízos	111
4.6.5	Análise da probabilidade de eventos e temporalidade e volatilidade	111

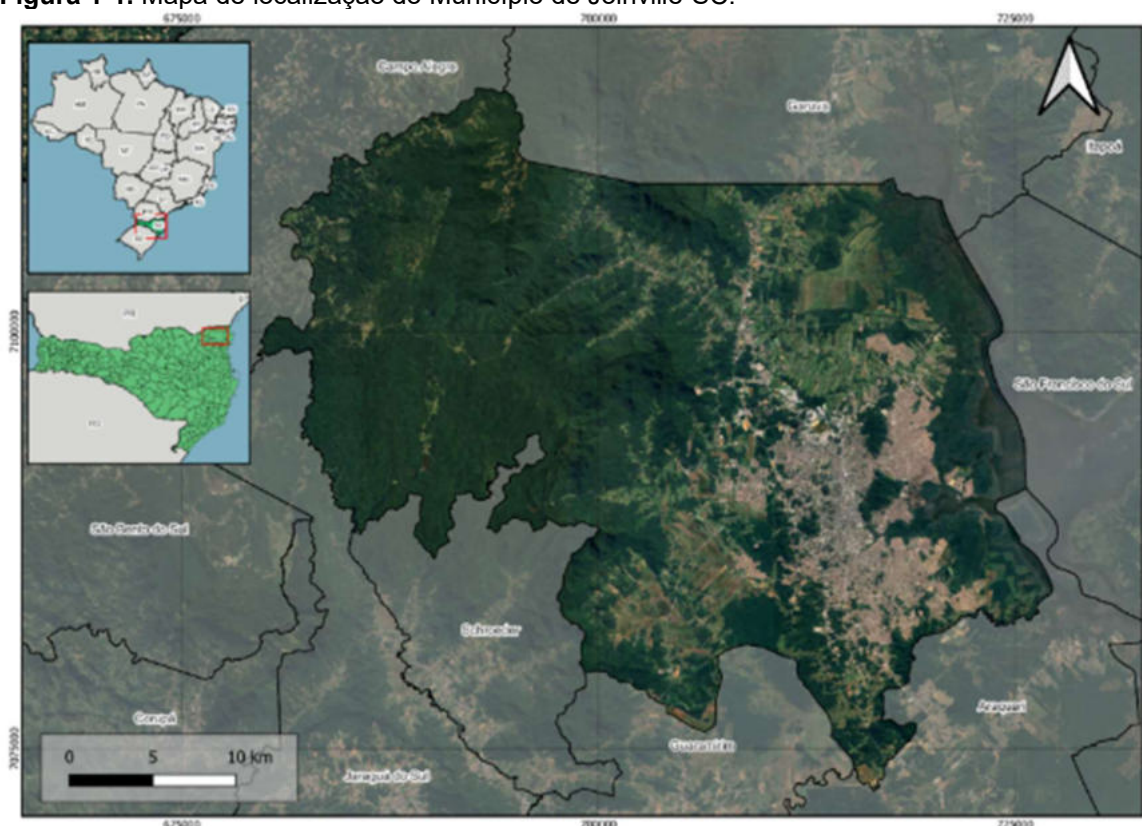
4.7	Análise sobre tendências de mudanças climáticas para Joinville-SC	113
4.7.1	Análise pluviométrica e chuvas TR.....	122
4.7.2	Análise probabilidade de eventos e consequências maximizados pelas mudanças climáticas.....	124
4.8	Análise sobre prognósticos de risco sobre crescimento populacional.....	126
5	Análise da eficácia dos controles existentes	129
5.1	Desastres de deflagração meteorológica e climatológica	129
5.2	Desastres biológicos	132
5.3	Desastres tecnológicos	134
6	Matriz de riscos e hierarquização das ameaças e exposição	135
6.1	Risco geológico	135
6.2	Risco hidrológicos	141
6.3	Risco climatológico e meteorológico.....	144
6.4	Risco biológico	145
6.5	Risco tecnológico	146
7	Avaliação dos riscos por bacias hidrográficas	147
8	Equipe técnica	151
9	Referências Bibliográficas.....	152

1 INTRODUÇÃO

Este documento técnico consiste no sexto produto do estudo em desenvolvimento para a Prefeitura Municipal de Joinville, com vistas à elaboração do Plano Municipal de Gestão de Riscos de Desastres (PMGRD). Tal estudo é respectivo ao contrato nº 1065/2023 celebrado entre a Prefeitura Municipal de Joinville e o Consórcio Nippon Koei LAC - Regea, constituído pelas empresas Nippon Koei Latin America-Caribbean Co., Ltd.; Nippon Koei LAC do Brasil Ltda., e Regea Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais Ltda, assinado em 06 de setembro de 2023, e com Ordem de Serviço datada em 02 de outubro de 2023.

O município de Joinville localiza-se na mesorregião do Norte Catarinense, Estado de Santa Catarina (**Figura 1-1**), e caracteriza-se como uma cidade grande, com população estimada no censo de 2022 em 616.317 habitantes e densidade demográfica de 546,41 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022).

Figura 1-1. Mapa de localização do Município de Joinville-SC.



Como bem coloca o Termo de Referência de contratação do presente estudo, o *Município de Joinville apresenta situações ou atividades de riscos que podem acarretar impactos negativos para o meio ambiente e população residente*, onde são indicados como principais desastres, com base na Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (Instrução Normativa MI N°1, de 24/08/12): (i) Hidrológicos, (ii) Meteorológicos, (iii) Geológicos, (iv) Biológicos; (v) Tecnológicos; (vi) Climatológicos; e (vii) agregando um conjunto de outros desastres da COBRADE, os desastres agrupados como Oriundos da Degradação Ambiental e Mudanças Climáticas.

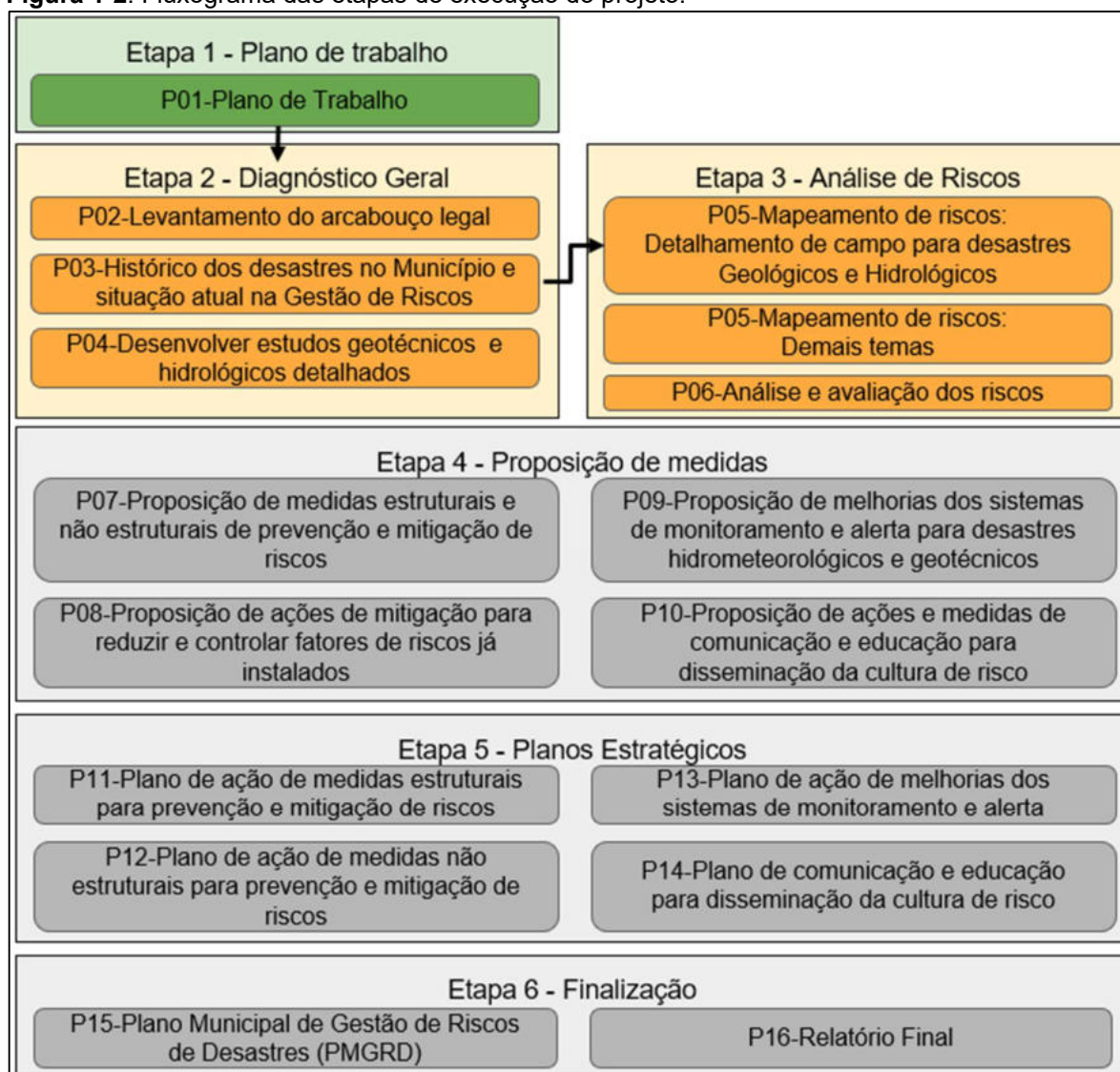
Ainda segundo o Termo de Referência, a elaboração do Plano Municipal de Gestão de Riscos de Desastres – PMGRD é necessária de forma a obter um diagnóstico das áreas com relação aos riscos de desastres, bem como o detalhamento das medidas necessárias para evitar e prevenir sua ocorrência ou agir situações de desastres que possam causar

danos e prejudicar o meio ambiente, impossibilitar o abastecimento de água da população e, principalmente, colocar em risco a vida das pessoas no município.

Um plano de gerenciamento de risco, então, pode ser organizado pelas fases de: (i) diagnóstico, que deve indicar medidas de como identificar os agentes causadores do risco e como evitar estes agentes, o (ii) prognóstico, que deve estimar como a condição evoluirá considerando os diversos fatores para o risco e, se possível, como desacelerar ou parar o perigo, a (iii) resposta dos órgãos competentes para reagir ao desastre, ditando como deve ser a organização dos sistemas necessários para a catástrofe e quanto tempo será necessário para conter o problema em questão, e por fim, (iv) a restauração e reconstrução após o evento catastrófico, analisando qual a melhor tática para, se possível, trazer a população novamente para a região e como melhorar as condições locais para possíveis novos desastres.

Para tanto, as atividades do projeto são divididas em etapas, e subdivididas em subetapas baseadas nos produtos, e em subdivisões baseadas nas tarefas para a entrega de cada produto, e para os tipos de desastres abordados no tema (**Figura 1-2**).

Figura 1-2. Fluxograma das etapas de execução do projeto.



Assim, este documento tem como objetivo apresentar o *Produto 6 – Análise e avaliação de riscos*, que se enquadra na fase de prognóstico, sendo o segundo e último produto entregue da Etapa III.

1.1 OBJETIVO

Conforme indicado no Termo de Referência do Projeto, o objetivo deste produto é a análise dos riscos identificados, através das seguintes subetapas:

- Estimativa dos níveis de criticidade dos riscos, considerando minimamente:
 - Análise da probabilidade de eventos e consequências, incluindo os extremos, maximizados pelos efeitos das mudanças climáticas;
 - Análise da natureza e magnitude das consequências;
 - Análise da complexidade e conectividade;
 - Fatores temporais e volatilidade;
 - Análise da eficácia dos controles existentes; e
 - Análise da sensibilidade e níveis de confiança.
- Indicação de níveis de probabilidade de ocorrência, juntamente com seus respectivos impactos
- Mapeamento de riscos, através da identificação de ameaças;
- Indicação de hipótese accidental;
- Análise de danos humanos, danos materiais e prejuízo econômico, considerando prognósticos futuros, tal como crescimento populacional e mudanças climáticas;
- Descrição das consequências, considerando fatos que possam ameaçar a condição de segurança das pessoas e comunidades, afetar os serviços essenciais (água, luz, moradia, saneamento básico, telefonia, estradas e ruas, dentre outros) e pessoas que devem ser assistidas e auxiliadas por serem afetadas pelo desastre;
- Análise de matriz de risco para distinção entre aceitável e intolerável; e
- Hierarquização das ameaças elementos em risco.

As análises devem ser minimamente consideradas para as tipologias listadas abaixo, sendo que a bacia hidrográfica deve ser utilizada como unidade de análise para desastres relacionados a corpos d'água. Mas deve-se ressaltar que o tratamento dos dados de risco leva em consideração os nomes e códigos da COBRADE:

- Eventos e desastres geológicos:
 - Movimento de massa
 - Erosão;
- Eventos e desastres hidrológicos:
 - Inundações
 - Enxurradas
 - Alagamentos;
- Eventos e desastres climatológicos e meteorológicos:
 - Sistemas de grande escala / Escala regional
 - Tempestades
 - Temperaturas extremas

- Estiagem
- Incêndio florestal
- Baixa umidade do ar;
- Eventos e desastres biológicos:
 - Epidemias
 - Infestações / pragas;
- Eventos e desastres tecnológicos
 - Relacionados à segurança hídrica, que possam afetar tanto a quantidade, quanto a qualidade das águas
 - Relacionados a substâncias radioativas
 - Relacionados a produtos perigosos
 - Incêndios urbanos
 - Relacionados a obras civis
 - Relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas.

2 AVALIAÇÃO DE RISCOS

No contexto do desenvolvimento dos estudos de análise de riscos, é fundamental trazer um referencial teórico utilizado. O apresentado abaixo baseia-se nos conceitos de Evento, Probabilidade, Impacto, Vulnerabilidade, Mitigação e Contingência (**Quadro 2-1**).

Quadro 2-1. Resumo de bases conceituais e de variáveis nas análises de risco, bem como a figura-síntese do Risco, quando aplicado para desastres naturais.

	Probabilidade de Ameaça	Consequência	Vulnerabilidade/ Gerenciamento	$R \sim P(A) \times C(V)/G$
ISDR ONU	Perigo	Exposição	Vulnerabilidade	$R = P \times E \times V$
ISO 31000	Fontes	Consequência	Controle	$R = F \times C \times C$
Risco	Evento	Consequência	Vulnerabilidade	$R = f(E, C, V)$



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

De acordo com os conceitos relacionados à análise de riscos, trabalha-se com a consideração de que o Risco está representado pela relação matricial entre a probabilidade de ocorrência de desastres e seus impactos associados a uma determinada área ou região. Assim:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} \times \text{Impacto}$$

Neste contexto, o presente capítulo visa abordar os principais conceitos referentes à análise de risco, incluindo o próprio termo em voga, a fim de contextualizar as análises descritas neste relatório. Destarte, abaixo são apresentadas algumas definições pertinentes, sendo a ABNT NBR ISO 31.000 e a proposta da UNISRD (2009).

2.1 NORMA BRASILEIRA ABNT NBR ISO 31.000

A Norma Brasileira ABNT NBR ISO 31000 de 2009 apresenta uma perspectiva generalista, pela qual todo e qualquer risco pode ser avaliado. De acordo com tal norma, toda estrutura organizada enfrenta influência de fatores internos e externos. Consequentemente, tal influência gera incertezas sobre o alcance dos objetivos da estrutura, sendo esse efeito denominado de Risco.

Nesse âmbito, uma bacia hidrográfica pode, então, ser considerada uma estrutura organizada e hierarquizada, na qual há variação de fluxo, interno e externo, de materiais e energias. Tal variação se aplica às incertezas da bacia, podendo gerar riscos. Por essa perspectiva, a ISO 31000 pode ser aplicada ao contexto do presente projeto.

Com isso, todas as atividades de uma organização envolvem algum tipo de risco, sendo possível o seu gerenciamento a partir da sua identificação e análise de probabilidades e impactos possíveis de ocorrer. Cada setor específico de uma organização deve aplicar ações de gestão de risco, de acordo com as necessidades particulares de cada contexto. A **Figura 2.1-1** apresenta um resumo do modelo de gestão de riscos proposta por tal norma, tendo ela como seus principais objetivos:

- Melhoria da identificação de oportunidades e ameaças;
- Melhoria da governança e da confiança entre as partes interessadas;
- Estabelecimento de base confiável para o planejamento e tomada de decisão;
- Aumentar a eficiência da aplicação de recursos para o tratamento de riscos;
- Melhoria da eficiência e eficácia operacional;
- Melhoria da segurança, saúde e proteção do meio ambiente;
- Prevenção de perdas e danos; e
- Aumento da resiliência de uma organização.

Figura 2.1 -1. – Resumo do modelo de gestão de risco



Fonte: Modificado de ABNT NBR ISO 31000 (2009).

Em sua Norma Técnica, a ABNT NBR ISO 31.000 trata Risco como "efeito da incerteza nos objetivos" e considera o termo Evento como "desvio em relação ao esperado". Assim, de acordo com a norma, o risco é muitas vezes caracterizado pela referência aos eventos potenciais e às consequências, ou uma combinação destes. Ele pode ser expresso como uma combinação de consequências de um evento e a probabilidade de que ocorra.

Outros termos centrais para a compreensão do risco são apresentados na sequência:

- **Análise de riscos:** processo de compreender a natureza do risco e determinar o seu nível;
- **Avaliação de Riscos:** processo global de identificação, análise e avaliação de riscos;
- **Evento:** ocorrência ou mudança em um conjunto específico de circunstâncias;
- **Estrutura de gestão de riscos:** conjunto de componentes que fornecem os fundamentos e os arranjos organizacionais para a concepção, implementação, monitoramento, análise crítica e melhoria contínua da gestão de riscos através de toda a organização;
- **Fonte de Risco:** elemento que, individualmente ou combinado, tem o potencial intrínseco para dar origem ao risco;
- **Gestão de riscos:** atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos;
- **Probabilidade:** chance de algo acontecer, sendo expressa qualitativamente ou quantitativamente; e
- **Risco Residual:** risco remanescente após a aplicação de medidas de controle para o tratamento do risco, podendo conter ainda riscos não identificados anteriormente.

2.2 ESTRATÉGIA INTERNACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A REDUÇÃO DE DESASTRES

Segundo a proposta da Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres – UNISRD (2009), cenários de risco podem ser descritos a partir da combinação e interação entre três conceitos centrais, sendo eles Perigo, Vulnerabilidade e Exposição. A interação entre esses três conceitos centrais é determinante para a caracterização do Risco e, conseqüentemente, para sua Gestão. A proposta da UNISRD destaca e detalha os seguintes conceitos:

- **Perigo:** Processo, fenômeno ou atividade humana capaz de causar perdas de vidas ou outros impactos à saúde, danos materiais, sociais, econômicos ou ainda degradação ambiental. Os perigos identificados podem ser isolados, consecutivos ou combinados entre si na sua origem ou efeitos. Cada perigo é caracterizado com sua localização, intensidade ou magnitude, frequência e probabilidade de ocorrência.
- **Exposição:** Situação na qual pessoas, infraestrutura, habitação, capacidade produtiva ou outros ativos humanos tangíveis estão localizados em áreas propensas a algum perigo. O dimensionamento da exposição pode contemplar a quantificação do número de pessoas ou os tipos de ativos humanos em determinada área. Essas informações podem ser combinadas com a vulnerabilidade específica e a capacidade dos elementos expostos diante de um perigo definido, sendo possível estimar de maneira quantitativa os riscos associados àquele perigo em uma determinada área.
- **Vulnerabilidade:** Condição determinada pelo meio físico, social, econômico, fatores ambientais ou processos capazes de aumentar a suscetibilidade de um indivíduo,

comunidade, bens materiais ou sistemas diante dos impactos de determinado perigo. Vulnerabilidade é um quesito multidimensional, podendo estar ainda associada a fatores institucionais e culturais, como por exemplo padrões construtivos de edificações, sistemas de proteção inadequados, ausência de informação e avisos. Contribuem para o aumento da vulnerabilidade situações como pobreza, educação insuficiente, despreparo, instituições com governança fraca.

- **Risco:** Probabilidade (ou medida da incerteza) da ocorrência de uma ameaça, delimitada no tempo e espaço e os danos que poderão ocorrer sobre um meio exposto. Situação com potencial para a perda de vidas, ferimentos, destruição ou danos a estruturas ou a um sistema social ou comunitário durante um determinado período, definido probabilisticamente como sendo função do Perigo, Exposição, Vulnerabilidade e capacidade de resposta de um determinado local.
- **Gestão de Risco:** A Gestão de risco é definida como a aplicação de medidas voltadas para a prevenção de riscos existentes em um determinado local, para a prevenção do agravamento de situações de risco já identificadas, ou ainda surgimento de novos riscos. Considera, inclusive, a gestão de riscos remanescentes, contribuindo para o fortalecimento da resiliência e a redução de perdas e danos. As ações de gestão podem ser voltadas para o manejo do risco potencial, ações de correção, ou ainda de compensação.

3 METODOLOGIA

Para a análise de riscos respectiva a esse relatório, tendo em vista os objetivos elencados no Capítulo 1, estrutura-se a metodologia através das variáveis centrais, sendo probabilidade, impactos e cenários de magnitude, juntamente com seus desdobramentos. Para tanto, este capítulo apresenta-se subdividido pelas análises de mudanças climáticas, as quais interferem diretamente nas variáveis supracitadas, probabilidades, matriz de risco, danos e prejuízos.

A respectiva espacialização, assim como tem sido feito nos relatórios pretéritos, segue a unidade de análise melhor indicada para cada tipologia de desastre. Para tanto, considera-se a aplicação em bacias hidrográficas, UHCT (Unidades Homogêneas de Uso e Cobertura da Terra e do Padrão da Ocupação) e UBC (Unidades Básicas de Compartimentação), o que será explicitado no Capítulo 4, por tipologia de evento.

3.1 AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

No atual estudo foram avaliados aspectos relacionados à probabilidade de ocorrência de cada tipologia de evento crítico, bem como seus impactos prováveis em relação a questões socioeconômicas em Joinville-SC, detalhados mais a frente. Neste contexto, o presente item tem por finalidade verificar a possibilidade de influência das mudanças climáticas nos riscos estimados para o município.

Para isso, cabe inicialmente conceituar o termo mudanças climáticas, que tem diversas citações e explicações ao longo do tempo e em função dos estudos desenvolvidos de abrangência nacional e internacional. Na sequência, será detalhada a metodologia aplicada ao atual estudo.

Para que sejam desenvolvidas as análises, é fundamental a obtenção de dados adequada, para a qual foram buscadas e utilizadas referências internacionais e nacionais, direcionando as informações específicas para Joinville-SC, com o objetivo de obter correlações nos resultados e análises para a região de interesse.

3.1.1 PROJEÇÃO GLOBAL - INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA MAGNITUDE E FREQUÊNCIA DE DESASTRES

Escolheu-se o conceito objetivo apresentado pelo relatório do IPCC (Em tradução direta ao português Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU – Organização das Nações Unidas), que compila periodicamente as informações existentes sobre o tema. Segundo IPCC (2013), as mudanças climáticas podem ser conceituadas como variações significativas no estado médio do clima ou em sua variabilidade, sendo identificadas de forma persistente por período extenso do tempo. De uma forma geral, as mudanças podem ocorrer por meio de processos naturais ou antropogênicos (mudanças por consequência da ação humana) ou por meio de efeitos somados de ambos. Cabe destacar, nesse ponto, que mudanças ocorridas por efeitos relacionados à ação humana podem não ser relacionadas diretamente às mudanças climáticas, citando como exemplo a densificação da urbanização ou a ocupação irregular de áreas.

De uma forma geral, importante lembrar que eventos geodinâmicos, como deslizamentos de terra, inundações, terremotos, erupções vulcânicas etc. fazem parte da dinâmica de evolução da paisagem. Contudo, Alcântara-Ayala (2000) aponta que a presença humana vem transformando esses eventos em desastres naturais. Segundo a autora, tais desastres ocorrem no mundo todo, mas são os países em desenvolvimento que sofrem com maiores impactos devido à maior vulnerabilidade. Considera-se, assim, a interferência humana como uma das principais contribuições para eventos climáticos extremos (IPCC, 2021) e, por isso, há muito se fala das mudanças climáticas e de seus impactos ambientais, sociais e econômicos, sendo que países e pessoas de baixa a média renda, como supracitado, são os mais prejudicados.

Com o acordo do clima de Paris em 2015, estimulado pela ONU, os países signatários adotaram medidas para redução da emissão de poluentes, visando limitar o aumento da temperatura a 1,5°C em cumprimento das metas até 2020. De acordo com o último relatório de mudança do clima (IPCC, 2023), a temperatura da superfície global teve o aumento de 1,09°C, ou seja, um aumento maior entre 2011-2020 do que em um período de 50 anos entre 1850-1900.

O mesmo relatório aponta ser necessário reduzir pela metade as emissões de gases do efeito estufa entre os anos de 2020 e 2030 para reverter a perda de natureza e limitar o aquecimento global a 1,5°C. Já no relatório final da 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática (COP26) é evidenciado que 2021 bateu muitos recordes, dentre eles calor extremo, inundações, secas, incêndios florestais e furacões.

Com base nesses aumentos identificados de temperatura nos últimos anos, o que se tem verificado é que as mudanças climáticas podem ter influência direta em questões relacionadas à própria temperatura e ao regime de chuvas ocorrido ao longo do tempo. ANA (2021) aponta que os sucessivos relatórios do IPCC reafirmam o aumento da temperatura global em função de sua relação com as emissões antropogênicas de carbono, apresentando alerta em relação aos riscos dessas mudanças. O estudo desenvolvido por ANA (2024) tratou da análise do impacto das mudanças climáticas na demanda da irrigação no Brasil, tendo sido realizado no contexto da atualização do Atlas de Irrigação que apresenta as informações e estimativas sobre a agricultura irrigada brasileira e sua interface com os recursos hídricos.

Em função desses efeitos identificados de mudanças de temperatura e precipitação ao longo dos últimos anos, podem ser citados, como exemplos de eventos extremos relacionados às mudanças climáticas, e ocorridos em 2020, as queimadas no Ártico, as inundações na Alemanha e na Bélgica, as enchentes na China, o recorde de temperatura no noroeste dos Estados Unidos e a grande perda de gelo do Ártico (IPCC, 2021). Outros episódios que podem ser citados são as secas na Espanha e Austrália em 2003, assim como os invernos intensos na Europa e Ásia e ondas de calor na Europa no mesmo ano (Marengo, 2006), o que deixa claro um histórico de eventos extremos neste século.

Dentro dos eventos citados neste item, para o desenvolvimento das análises do presente estudo, serão considerados como base os resultados do IPCC (2024) e, com isso, serão apresentadas avaliações globais que podem ser utilizadas para a região de interesse, utilizando projeções futuras para a região, seguindo as estimativas do comportamento climático e os dados disponíveis.

3.1.2 PROJEÇÃO REGIONAL - INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA MAGNITUDE E FREQUÊNCIA DE DESASTRES

Segundo Marengo (2014), as projeções para o Brasil indicam um aumento da temperatura e de extremos de calor, além da redução na ocorrência de geadas devido à elevação da temperatura mínima, principalmente nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Além disso, é projetada uma alta na frequência de chuvas intensas no Sudeste e Sul, que pode ser associada a desastres naturais como deslizamentos e inundações. Também são projetadas situações de aumento de periodicidade e intensidade de dias secos consecutivos no leste da Amazônia e no Nordeste. Nesse contexto, pode-se citar o histórico de diversos eventos extremos no Brasil, que podem ser elegíveis a uma discussão de frequências e intensidades anômalas, com possível contribuição dos efeitos das mudanças climáticas, principalmente sob o contexto de episódios sucessivos dos fenômenos La Niña e El Niño que intensificam efeitos de eventos extremos, cuja lista desde o início do século, considera:

- O Ciclone Catarina (furacão Catarina, nas mídias de comunicação), com impactos principalmente em Santa Catarina, em março de 2004;
- As secas na Amazônia em 2005 e 2010;
- Secas no Sul do Brasil em 2004, 2005 e 2006;
- Chuvas torrenciais no sudeste do Brasil em 2011;
- Ondas frias recordes de julho de 2013;
- Os déficits de precipitação durante os verões de 2013/2014 e 2014/2015;
- Inundações no estado do Amazonas em 2009, 2012, 2014 e 2021;
- Frio extremo no Sul e Sudeste do país em 2021; e
- Tempestade de areia no interior de São Paulo em 2021;
- Inundações e deslizamentos em Petrópolis – RJ, em 2022;
- Secas consecutivas de 2021 a 2023 no Rio Grande do Sul;
- Chuvas intensas e consequentes inundações e deslizamentos em São Sebastião – SP, em 2023; e
- Inundações no Rio Grande do Sul, em 2024.

Para uma análise regional, será avaliado o documento Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos do Brasil da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024). O documento trata do mais atual estudo que o Brasil tem sobre mudanças climáticas, onde se tem avaliações climáticas e projeções futuras com base nos dados pluviométricos, fluviométricos e de temperatura das regiões brasileiras. Nesse sentido, se mostra um documento de relevância para o atual estudo e entendimento das previsões para a região. O estudo supracitado teve o desenvolvimento de uma análise extensa de Modelos Climáticos Globais – MCGs, de forma a possibilitar o refinamento das informações e resultados em nível

de abrangência nacional. Tais resultados serão explanados e discutidos no item 4.7, para dar suporte às análises e propostas relacionadas ao presente estudo.

Para a geração de cenários futuros representativos das mudanças climáticas, é fundamental o uso de informações advindas dos MCGs – Modelos Climáticos Globais, os quais consideram de forma quantitativa o comportamento do sistema climático terrestre relacionando atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, dentre outros parâmetros relevantes. A partir desses aspectos, são avaliados cenários de evolução do clima considerando, por exemplo, modificações na emissão de Gases de Efeito Estufa. Os MCGs trabalham com projeções em escala global ou continental, o que não se mostra adequado às análises específicas para um município. Para isso, são utilizadas técnicas denominadas de *downscaling*, aplicadas para tentar obter resultados de projeções em escalas adequadas para avaliar impactos no Município de Joinville.

O estudo desenvolvido por ANA (2024) considerou em sua análise um total de 33 cenários de clima futuro, por meio de 33 MCGs e 4 SSPs (SSP2-45, SSP5-8-5, SSP1-2.6 e SSP3-7.0), sendo a relação dos modelos apresentada integralmente no estudo em questão, tendo utilizado dados do projeto NEXGDDP da agência americana NASA *Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections*. Foram consideradas avaliações sobre os parâmetros de precipitação, mais diretamente relacionados aos impactos em eventos de desastres naturais.

3.2 CENÁRIOS DE MAGNITUDE

Todos os processos aqui em análise podem ser classificados por cenários de magnitude a partir de dois fatores centrais, observados de maneira conjunta ou individual: pela sua evolução, considerando potencial destrutivo, raio de alcance e frequência; e pela gestão consequente ao desastre. Aliado ao primeiro fator, existe também o incremento da magnitude a partir das mudanças climáticas, o que reflete, primeiramente, na elevação das médias de temperatura, intensidade e frequência de chuvas e alterações de umidade, gerando assim diversos eventos e efeitos secundários.

Para tanto, os cenários foram elaborados conforme a evolução dos eventos em análise – já considerando o incremento de magnitude a partir das mudanças climáticas – e o crescimento populacional, por meio dos parâmetros de danos e prejuízos indicados na PORTARIA Nº 260, DE 2 DE FEVEREIRO DE 2022, que substitui a Instrução Normativa Nº 1 do Ministério da Integração Nacional (de 24 de agosto de 2012), classificados como:

- I. Desastres de Nível I ou de pequena intensidade: aqueles em que há danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais, mas que a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados a nível local, por meio do emprego de medidas administrativas excepcionais previstas na ordem jurídica;
- II. Desastres de Nível II ou de média intensidade: aqueles em que há danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais expressivos e que a situação de normalidade precisa ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local e complementados com o aporte de recursos dos demais entes federativos; e
- III. Desastres de Nível III ou de grande intensidade: aqueles em que há vultosos danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais, com sério e relevante comprometimento do funcionamento das instituições públicas locais ou regionais, impondo-se a mobilização e a ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, e, eventualmente de ajuda internacional, para o restabelecimento da situação de normalidade.

Cada um dos cenários foi desenvolvido levando em consideração as particularidades de agentes condicionantes, fatores de deflagração, evolução dos processos, interconectividade de eventos (quando cabível) e amplitude das consequências, de maneira a representar:

- I. Cenário 1, desastre de nível 1: desastre corriqueiro, que envolve a participação ativa do Sistema de Proteção e Defesa Civil e do poder público municipal, porém sem amplo comprometimento da capacidade de resposta, e nem alteração em demasia do cotidiano do município;
- II. Cenário 2, desastre de nível 2: desastre atípico, que causa consequências para todo o município, de média intensidade, em situação de emergência; e
- III. Cenário 3, desastre de nível 3: desastres raros, de grande intensidade, com efeitos catastróficos para o município, em geral com decretação de calamidade pública.

3.3 DEFINIÇÃO DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA

A probabilidade de ocorrer determinado evento, em geral, se refere à repetição de eventos parecidos ao longo do tempo. Normalmente, corresponde a um conjunto de condições de deflagração, com a ocorrência de consequências. Muitas vezes, a magnitude do evento, descreve cenários de desastres mais raros de ocorrer, e por isso também implica no entendimento de menor probabilidade de ocorrer.

Para os diversos tipos de desastres abordados neste trabalho, entende-se que os elementos deflagradores podem se associar às intensidades de chuvas, e a como tais fenômenos ocorrem. Chuvas de intensidade muito grande, com TR acima de 25 anos em Joinville, certamente acarretam desastres hidrológicos de inundação, alagamentos e enxurradas, e desastres geológicos, com escorregamentos generalizados e possivelmente corridas de detritos. As tempestades e vendavais também ocorrem de forma semelhante, observando o tempo de retorno do evento descrito. A sinergia entre os tipos de desastres foi abordada em outros itens, mas dentre eles cita-se os riscos biológicos observados após eventos de inundação, ou mesmo o colapso de barragens devido a fortes chuvas. Em linhas gerais o tempo de retorno já expressa numericamente a probabilidade, como um TR de 100 anos, entende-se a chance de ocorrer um desastre em determinado ano, é de 1/100 avos, ou 1%.

Em outras situações, a análise da probabilidade acaba por ser mais complexa, ao depender de falhas humanas em situações limite, como a ocorrência de acidentes com produtos perigosos, que podem ser agravados em situações de chuvas intensas associadas com práticas de direção inapropriadas. Assim, para determinados estudos de probabilidade, lança-se mão do estudo de um determinado tipo de acidente por grupo de habitantes, nesse caso, podendo ser extrapolado às características locais, ou regionais.

Seria perfeitamente aceitável avaliar a probabilidade de falha humana ou mecânica acarretar um acidente nuclear, se utilizando de todos os acidentes do planeta, desde que ponderadas variações das situações de exposição. Por exemplo: desde 1954, quando a primeira usina foi criada, ocorreram ao menos 5 acidentes em usinas (Three Mile Island - 1979, Ozyorsk - 1957, Bohunice - 1977, Chernobyl-1986 e Fukushima - 2011). Logo, em 70 anos de operação ocorreu 1 acidente a cada 14 anos, ou seja, a chance de ocorrer um acidente em determinado ano seria de 1/14 ou 7% de chance. Essa abordagem, sem levar em conta o universo total do crescimento do número de usinas ao longo do tempo, e do distanciamento dos acidentes (foram 25 anos entre o último e o penúltimo), colocaria em situação completamente insustentável como probabilidade a existência desse tipo de empreendimento. Em soma, se abordasse outros universos para acidentes nucleares, como o Césio 137 de Goiânia em 1987, colocaria o universo de aparelhos de raios-X antigos, dentro de uma estatística, que não faz

mais sentido, uma vez que os aparelhos modernos catódicos, não oferecem riscos de resíduos radioativos.

Como terceiro grupo de análises probabilísticas, dos tipos de desastres listados, ainda podem ser citados os biológicos, que são calculados a partir de bases de dados consistentes e revisados com periodicidade, e são expressos em números de enfermos por cada grupo de 100.000 habitantes.

3.3.1 PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DESASTRES RELACIONADOS ÀS CHUVAS, BASEADO NO TR

Os desastres naturais possuem dois agentes principais, sendo: os condicionantes, referentes aos parâmetros que compõem a suscetibilidade, e agentes deflagradores, os quais servem como gatilho para sua ocorrência. Devido às condições climáticas de Joinville, bem como para grande parte do Brasil, as chuvas apresentam-se como o principal agente deflagrador para os processos geológicos e hidrológicos. Por isso, neste capítulo, tais processos merecem um destaque individualizado quanto às suas probabilidades.

Primeiramente, deve-se pontuar que a quantidade de chuva necessária para deflagrar inundações, deslizamentos de terra e outros processos desse cunho citados acima varia conforme as características do meio físico local, ou seja, conforme a suscetibilidade. Como exemplo, chuvas de 80 mm podem ser suficientes para deflagrar movimentos gravitacionais de massa em trechos da Serra do Mar Paulista, mas não necessariamente são capazes de deflagrar os mesmos processos em Joinville. Do mesmo modo, o volume de chuva também é capaz de diferenciar o tipo de processo deflagrado, pois, às vezes, uma chuva que não é capaz de deflagrar um deslizamento pode ser capaz de deflagrar inundação.

Nesta linha, analisou-se a série histórica de índices pluviométricos do município por meio dos registros dos cinco pluviômetros, correlacionando-a com o inventário de ocorrências do Produto 03, tanto para análise dos processos geológicos, como para análise dos processos hidrológicos, possibilitando a estimativa da média de atendimentos de Defesa Civil por índice pluviométrico. Os registros analisados foram apenas aqueles com grau de confiabilidade verde e amarelo de localização¹, para que fosse possível uma posterior análise espacial da presente correlação. Isso reflete no *gap* de análise de alguns anos, como 2008, por exemplo, que não apresentou ocorrências aqui analisadas devido ao fato de todos os seus registros serem de grau vermelho de confiabilidade.

O tratamento dos dados, visando à correlação de atendimentos com índices pluviométricos, foi realizado de forma distinta para processos geológicos e processos hidrológicos. Assume-se que chuvas acumuladas de três dias são capazes de causar a saturação do solo e, por isso, devem ser analisadas em relação à deflagração de processos geológicos, ao passo que, tal acúmulo não se faz tão pertinente aos processos hidrológicos. Dito isto, a correlação em questão foi realizada entre ocorrências *versus* chuvas acumuladas em 96h para os processos geológicos e ocorrências *versus* chuvas de 24h para processos hidrológicos.

1 - Como detalhado no Produto 03: Ponto Verde – Rua, avenida, viela etc., com numeração, ou qualquer outro tipo de referência (como uma escola, delegacia ou cruzamento de vias) que permita um posicionamento exato do local de ocorrência do evento; e Ponto Amarelo – Rua, avenida, viela, km de rodovia, praça, pátio de uma grande empresa etc. ou qualquer outro tipo de logradouro que permita um posicionamento aproximado do local de ocorrência do evento.

Para os processos geológicos, selecionou-se suas respectivas datas de ocorrência, sem distinção de tipologias, e os índices pluviométricos do dia da ocorrência e dos três dias anteriores, assumindo-se que os maiores valores representam a chuva crítica / deflagradora. Após isso, as ocorrências registradas em dias sem precipitação, bem como as precipitações ≤ 20 mm em 24h, foram excluídas da análise. Os eventos analisados, então, consistem em datas únicas, associadas com o número de atendimentos registrados como, por exemplo: 10 atendimentos registrados dia 01 de janeiro, 5 atendimentos registrados dia 24 de fevereiro etc. Por fim, foram analisados os resultados por agrupamento arbitrário em classes de número de atendimentos.

Para os processos hidrológicos, selecionou-se suas respectivas datas de ocorrência, sem distinção de tipologias, e os índices pluviométricos destes referidos dias. Após isso, os eventos registrados em dias sem precipitação, bem como as precipitações ≤ 15 mm em 24h, foram excluídos da análise. Os passos seguintes foram os mesmos realizados para as análises dos processos geológicos.

Os resultados desta análise de probabilidade são apresentados nos respectivos subitens, no Capítulo 04.

3.3.2 PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DESASTRES TECNOLÓGICOS DEVIDO A FALHAS HUMANAS OU MECÂNICAS

Existem diferentes maneiras de avaliar a probabilidade de ocorrência de desastres tecnológicos abordados nesse estudo. Para os vazamentos de produtos químicos (COBRADE 2.2.2.2.0 e 2.2.4.1 a 2.2.4.3), a série histórica pode ser ponderada pelos tipos de empreendimento, indicando a probabilidade anual de determinado tipo de empreendimento sofrer um desastre relacionado a vazamento de produtos químicos. Assim, para este item os resultados apontam o universo de empreendimentos, o número de ocorrências e o espaço temporal para indicar a probabilidade. A análise ainda permite a contagem desse tipo de ocorrência em determinada unidade espacial de análise, como a de sub-bacias, que compõe um item desse relatório.

Os desastres do tipo incêndio e explosões, que qualquer tipo de edificação está exposto, e adicionando áreas vegetadas urbanas, apresentam registros muito esparsos, e os eventos de gravidade, menor incidência ainda. Assim, a metodologia adotada foi de aplicar uma análise em bases de dados maiores, para registrar uma probabilidade de desastre para um grupo de pessoas, com acidentes/milhão de habitantes para cada ano.

Durante a construção da base de dados, foram coletadas informações a partir de diferentes fontes com registro de ocorrências deste tipo. Entre eles, dados internacionais registrados na ONU na plataforma DesInventar (Disaster Information Management System), base de dados do EM-DAT (*Georeferenced Emergency Events Database*) e do sistema europeu “eMARS” (*Major Accident Reporting System*), dados nacionais do S2ID. Foram coletados ainda dados locais obtidos na etapa de inventário.

3.4 ANÁLISE DA MATRIZ DE RISCOS, ACEITABILIDADE E A HIERARQUIZAÇÃO

De acordo com os conceitos relacionados à análise de riscos, trabalha-se com a consideração de que o risco está representado pela relação matricial entre a probabilidade de ocorrência de desastres e seus impactos associados a uma determinada área ou região.

Assim, a probabilidade foi relacionada indiretamente com a suscetibilidade, uma vez que, áreas mais suscetíveis decorrem de processos que ocorrem com maior frequência, enquanto áreas menos suscetíveis relacionam-se a áreas de maior raridade de ocorrência do evento. O Perigo, por sua vez, também apresenta uma relação direta com a suscetibilidade e probabilidade. Assim, espacialmente definiu-se a suscetibilidade pela área possível de ocorrer determinado processo (ameaça) que causa um desastre, e as classes de suscetibilidade foram definidas pela probabilidade.

Enquanto o impacto relaciona-se mais diretamente a exposição de uma população ao processo, atenuado (ou agravado) de acordo com a vulnerabilidade da exposição. Assim, as áreas de exposição foram definidas espacialmente, e as classes de vulnerabilidade definidas pela severidade dos impactos que determinado processo pode atingir o elemento exposto.

A partir dos dados de suscetibilidade e vulnerabilidade apresentados no Produto 05 (escala 1:10.000), as análises de risco foram realizadas por meio de cruzamento matricial em quatro níveis: Classes de Suscetibilidade x Classes de Vulnerabilidade, tendo como resultado níveis de risco para cada tipologia de evento, segundo **Quadro 3.1-1**. Os eventos considerados para a presente análise de risco são classificados pela COBRADE e listados pelos **Quadros 3.1-2 e 3.1-3**.

Quadro 3.1-1. Matriz 3 x 3 de Classificação do Risco de Probabilidade de ocorrência de um evento x Impacto ou Dano para classificação do Risco em cada unidade de análise

Risco = Suscetibilidade x Vulnerabilidade		Vulnerabilidade		
		1-Baixa	2- Média	3- Alta
Suscetibilidade	1-Baixa	Risco baixo	Risco baixo	Risco Médio
	2- Média	Risco baixo	Risco Médio	Risco Alto
	3- Alta	Risco Médio	Risco Alto	Risco Alto

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

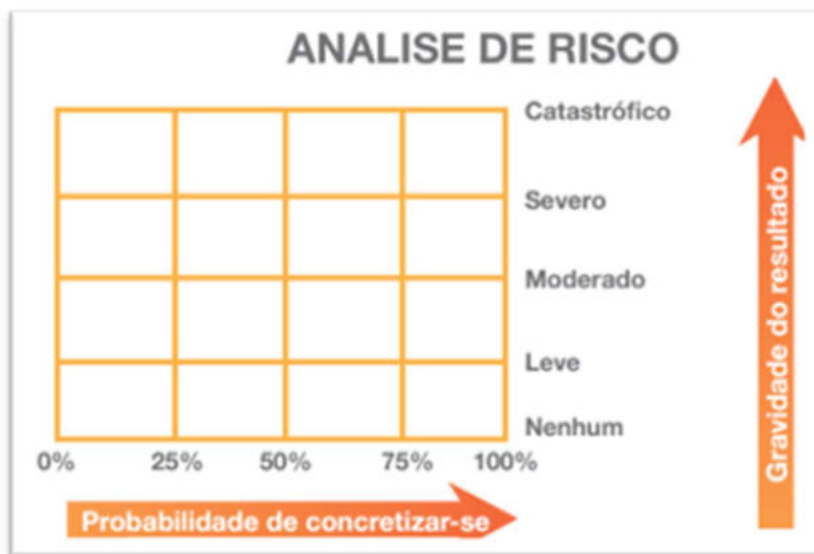
Diversos fatores podem contribuir para o agravamento do risco de desastres, seja por meio do aumento da probabilidade de sua ocorrência, seja pelo incremento do potencial de seus impactos. Para se aumentar a probabilidade, pode-se citar situações de indução ao processo (ameaça), como uma mudança de uso do solo de uma bacia de contribuição, quando o desmatamento de uma bacia de contribuição, por exemplo, aumenta o escoamento superficial, diminuindo o tempo de pico e aumentando a vazão de pico. Isso, por sua vez, pode desencadear processos de erosão e assoreamento, degradando o curso d'água e reduzindo sua capacidade de suportar a vazão aumentada, elevando o risco de inundações. Outra situação comum, é o manejo inadequado do solo através de cortes e aterros, que podem alterar a dinâmica da estabilidade do solo, aumentando a ameaça de deslizamentos de terra. Inúmeras situações ainda podem ser apresentadas, mas todas devem ser classificadas como Potencial de indução do Perigo, que em linhas práticas, são fatores que aumentam a probabilidade de ocorrer desastres.

Assim, o perigo é a relação desse potencial de indução da ameaça, com a suscetibilidade e probabilidade. Contudo, a maior parte dos fatores antrópicos relacionados à indução do perigo, por sua vez, são diretamente correlacionáveis com questões de padrão de uso do solo, e da qualificação dos atores principais do uso do solo, fatores estes, que compõem a análise da vulnerabilidade da exposição. Em linhas gerais, e para efeitos das análises, a indução antrópica do perigo foi considerada nas avaliações, mas não individualizada como componente.

A partir da classificação final dos riscos realizados, e devido a necessidade de se criar ferramentas para a gestão dos riscos de desastres, o conceito de tolerância do risco, ou aceitabilidade do risco se faz necessário. A metodologia geral aplicada segue as linhas

estabelecidas na publicação “Gestão de Risco de Desastres”, elaborado pela Defesa Civil de Santa Catarina em 2022, apresentada na **Figura 3.4-1** a seguir.

Figura 3.4-1. Arranjo de definição da aceitabilidade dos riscos de desastres.



Fonte: Adaptado de Brasileiro (2006).

O Arranjo metodológico desenvolvido para se adequar à metodologia da referência, pode ser pela relação matricial entre a severidade e a probabilidade (**Quadro 3.4-2**).

Quadro 3.4-2. Matriz da aceitabilidade ao risco.

Aceitabilidade dos riscos		Probabilidade		
		Alto	Médio	Baixo
Severidade	Baixo	Tolerável	Observação	Observação
	Médio	Intolerável	Tolerável	Observação
	Alto	Intolerável	Intolerável	Tolerável

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A partir do supra exposto, para cada análise de risco, a depender dos elementos coletados, um arranjo diferente pode ser realizado, e nas atividades do PMGRD ao menos dois arranjos são necessários, um relacionado às análises de detalhe 1:3.000 e outro para o semidetalhe dos mapeamentos 1:10.000.

3.4.1 ACEITABILIDADE NA ESCALA 1:3.000

Os riscos em escala 1:3.000 em mapeamento qualitativo realizado no âmbito do detalhamento geotécnico foram subdivididos e classificados de R1 - Risco Baixo a R4- Risco Muito Alto (Brasil, 2007). Nestas áreas também foram realizados estudos de estabilidade por fator de segurança, em seções críticas. E aplicando a metodologia de equilíbrio limite em software, as seções foram classificadas de acordo com os resultados: sendo: $FS < 1,0$, $FS < 1,2$, $FS < 1,5$ e $FS > 1,5$. A metodologia (Brasil 2007) apresenta caráter de grau de risco qualitativo expressando a probabilidade de ocorrência, enquanto o Fator de segurança expressa esse risco determinístico, assim a análise conjunta desses dois fatores apresenta a situação de probabilidade de ocorrer o risco e essa relação matricial está apresentada na **Tabela 3.4.1-1**. A severidade do evento foi considerada altura global dos taludes, ponderadas pelas massas potencialmente mobilizadas (**Tabela 3.4.1-2**), e a relação matricial entre a

severidade e a probabilidade expressa a aceitabilidade ao risco, apresentado na **Tabela 3.4.1-3**.

Tabela 3.4.1-1. Matriz da probabilidade do risco.

Probabilidade do risco geológico		Fator de segurança da seção crítica			
		FS>1,5	1,5>FS>1,2	1,2>FS>1,0	FS<1,0
Grau de risco (Brasil 2007)	R1-Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto
	R2-Médio	Baixo	Médio	Médio	Alto
	R3-Alto	Médio	Médio	Alto	Alto
	R4-Muito Alto	Médio	Alto	Alto	Alto

Obs. Nos casos de não haver o fator de segurança calculado, R1 = baixo; R2=Médio; e R3 e R4 = Alto.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 3.4.1-2. Matriz da severidade ao risco.

Encosta natural + talude de corte			Apenas encosta natural		
Altura do talude de corte ou aterro	Inclinação do talude natural <17°	Inclinação do talude natural >=17°	Altura do talude natural	Inclinação do talude natural <25°	Inclinação do talude natural >=25°
h< 3m	Baixo	Médio	h< 3m	Baixo	Médio
3 <= h < 6m	Médio	Alto	3 <= h < 6m	Médio	Alto
h >=6m	Alto	Alto	h >=6m	Alto	Alto

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 3.4.1-3. Matriz da aceitabilidade ao risco.

Tolerância aos riscos geológicos		Probabilidade		
		Alto	Médio	Baixo
Severidade	Baixa	Tolerável	Observação	Observação
	Média	Intolerável	Tolerável	Observação
	Alta	Intolerável	Intolerável	Tolerável

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Assim, a aceitabilidade ao risco classificado apresenta a severidade e a probabilidade ao risco, expressando se o risco é intolerável, tolerável ou deve ficar em observação. Essa relação será aplicada nos resultados sobre a tabela com a setorização de risco em 1:3.000, e as análises de seções críticas.

Os riscos hidrológicos apresentam semelhança na avaliação, contudo o mapeamento de riscos hidrológicos da metodologia Brasil (2007) descreve qualitativamente os riscos, em escala de severidade do evento, e o nível de atingimento da água medido nos setores de risco deve ser analisado em conjunto para o ajuste da severidade, essa relação matricial está apresentada na **Tabela 3.4.1-4**. Enquanto na **Tabela 3.4.1-5** o tempo de retorno da chuva expressa a probabilidade de ocorrer o evento, eles foram classificados de acordo com os cenários de risco, como probabilidade alta (TR<10 anos), média (TR entre 10 e 25 anos) e probabilidade baixa (TR>25 anos).

Tabela 3.4.1-4. Severidade, relação matricial entre a classe de risco de detalhe e o número de edificações.

Severidade hidrológica		Nível de atingimento (NAT)			
		Baixo <0,4m	Médio 0,4-0,8m	Alto 0,8-1,20m	M. Alto >1,20m
Grau de risco (Brasil 2007)	R1-Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Médio
	R2-Médio	Baixo	Médio	Médio	Alto
	R3-Alto	Médio	Médio	Alto	Alto
	R4-Muito Alto	Médio	Alto	Alto	Alto

Fonte: Elaborado pelo Consórcio, com referências de FERNANDES DA SILVA et al, (2014).

Tabela 3.4.1-5. Matriz da aceitabilidade ao risco, relacionando a severidade com a probabilidade.

Tolerância aos riscos hidrológicos		Probabilidade (TR)		
		TR <10 ANOS	10<TR<25 ANOS	TR > 25ANOS
Severidade	Baixa	Tolerável	Observação	Observação
	Média	Intolerável	Tolerável	Observação
	Alta	Intolerável	Intolerável	Tolerável

Obs. Nos casos de não haver probabilidade (TR) calculado, Severidade Baixa = Tolerável, e Severidades Média e Alta - Intolerável.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

3.4.2 ACEITABILIDADE NA ESCALA 1:10.000

A análise dos riscos na escala 1:10.000 apresenta a probabilidade de ocorrência de eventos em Joinville, considerando as limitações impostas pela série temporal de dados disponível. No entanto, a análise da severidade dos desastres não pôde ser completamente avaliada, exceto pela magnitude do evento, através dos cenários de magnitude relacionados a cada tipologia de desastre, o que permitiu definir os impactos de cada um desses processos.

Por outro lado, há uma dificuldade em analisar regionalmente a severidade e a probabilidade dos eventos. Áreas com alta probabilidade de desastres (e baixa tolerância ao risco) apresentam alta frequência e estão mais expostas aos impactos. Quando eventos de baixa probabilidade ocorrem, as áreas atingidas com maior frequência são severamente afetadas. Em resumo, áreas que são impactadas apenas por eventos raros tendem a ter uma severidade menor, enquanto áreas frequentemente impactadas apresentam maior severidade.

A partir do exposto, entende-se que as áreas de suscetibilidade foram utilizadas para definir os riscos. As classes de suscetibilidade, em quase todos os casos, estão relacionadas à magnitude do evento e, por conseguinte, à probabilidade de ocorrência desses eventos. Dessa forma, o risco classificado está diretamente ligado à probabilidade de ocorrência. Vale destacar que os parâmetros selecionados para definir a vulnerabilidade, essencialmente, medem as consequências dos eventos, conforme mostrado no início deste item. Em termos gerais, para a escala de semidetalhe abordada (1:10.000), a classe de risco e a aceitabilidade aos riscos são, em essência, compatíveis, alterando apenas o fluxograma de ações para a gestão dos riscos.

Conforme a evolução conceitual exposta, para se diferenciar a ação dos riscos, pode ser proposto a ponderação pelo potencial de indução externa ao perigo, e assim criando a análise

da aceitabilidade ao risco, para fins de priorização das medidas de mitigação. Em linhas gerais, as classes de risco serão reanalisadas por situações que extrapolam sua própria unidade de análise espacial utilizadas para a cartografia dos riscos. Essa análise em geral pode potencializar algumas áreas de risco, para permitir estabelecer áreas de foco nos esforços, segundo:

As áreas de risco de inundação, cujas microbacias se diferem entre estágios consolidados e em consolidação, e que por isso, certamente sofrerão mudanças do uso de solo, as tolerâncias aos riscos podem requerer diferenciação. Sendo assim, é determinado um coeficiente de consolidação (CC) para cada microbacia, baseado na porcentagem das áreas consolidadas, em consolidação e áreas rarefeitas seguindo a equação (**Equação 3.4.2-1**).

Equação 3.4.2-1 – Equação do coeficiente de consolidação (CC)

$$CC = \frac{(0,90 * A_{consolidada} + 0,55 * A_{emconsolidação} + 0,15 * A_{rarefeita})}{A_{total}}$$

O coeficiente é então classificado em Baixo (menor que 0,2), Médio (entre 0,2 e 0,46) e Alto (maior que 0,46). De modo que, o potencial de indução seja considerado Reduzido para a classe alta, justamente onde há maior quantidade de áreas consolidadas, e considerado Relevante para as classes média e baixa, as quais possuem maiores áreas sensíveis ao processo de inundação. Após a classificação, os valores foram reamostrados para a unidade de análise utilizada.

Após a análise do coeficiente, o arranjo metodológico desenvolvido para se adequar à metodologia dos riscos e da tolerância de inundação é a (**Quadro 3.4.2-1**).

Quadro 3.4.2-1. Matriz da aceitabilidade ao risco de inundação, baseado na situação de risco.

Tolerância aos riscos		Potencial de indução de risco	
		Potencial de indução reduzido	Potencial de indução relevante
Risco	Baixo	Aceitável	Observação
	Médio	Observação	Tolerável
	Alto	Intolerável	Intolerável Agravado

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para as áreas de riscos geológicos, foi realizado um cruzamento dos riscos de corrida de massa e deslizamento, de modo a combinar os diferentes níveis de risco de cada processo geológico, gerando uma matriz de riscos composta (**Quadro 3.4.2-2**). Com os resultados do cruzamento dos riscos, foi possível definir uma classificação de tolerância para cada área. Esta classificação considera a capacidade da área de suportar ou se adaptar aos processos geológicos de corrida de massa e deslizamento, conforme o nível de risco identificado para cada tipo de evento.

Quadro 3.4.2-2. Matriz da aceitabilidade ao risco geológico, baseado na situação de risco.

Tolerância aos riscos		Risco de corrida de massa			
		Nulo	Baixo	Médio	Alto
Risco de deslizamento	Nulo	Nulo	Aceitável	Observação	Tolerável
	Baixo	Aceitável	Aceitável	Observação	Tolerável
	Médio	Observação	Observação	Intolerável	Intolerável
	Alto	Tolerável	Tolerável	Intolerável	Intolerável Agravado

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Destacando que as ações relacionadas à classe intolerável e intolerável agravado, indica a necessidade de se verificar as condições de risco em campo, e assim estabelecer novos

critérios em escala de detalhe. Nesse contexto, é possível individualizar as análises localmente, ajustando fatores de risco, com fatores de definição da tolerância aos riscos. Assim, o caminho natural das avaliações 1:10.000 a partir da análise da tolerância ao risco, é o aumento do detalhe, elegendo as áreas-alvo, e determinando os riscos das áreas em escala de detalhe, 1:3.000 ou melhor.

As medidas a serem tomadas inicialmente são de caráter não-estruturais, e as classificações envolvem o prazo para as tomadas de decisão, que faz parte do Plano Estratégico. As situações deverão seguir:

- I. Aceitável - Não requer ação;
- II. Observação - As ações podem ser de médio prazo, e relacionadas a outras iniciativas e programas;
- III. Tolerável - Admite-se a ocorrência do risco, mas requer um aprofundamento do problema, em curto prazo; e
- IV. Intolerável - requer em caráter imediato que os riscos sejam olhados em melhor escala para o conhecimento do problema, e no caso de existir, incluir no rol de áreas de risco;
- V. Intolerável agravado – requer que emergencialmente os riscos sejam analisados em melhor escala para o conhecimento do problema, e no caso de existir, incluir no rol de áreas de risco.

A metodologia dos planos estratégicos prevê: Emergencial: tão rápido quanto possível; Imediato em 2 anos; Curto prazo em 5 anos; Médio prazo em 10 anos; e Longo prazo até 20 anos.

3.5 PREJUÍZOS ECONÔMICOS, DANOS HUMANOS E MATERIAIS

Segundo a Portaria N°260, de 2 de fevereiro de 2022 (que substitui Instrução Normativa n° 1, de 24 de agosto de 2014), *Prejuízo* refere-se a “perdas socioeconômicas causadas pelo evento adverso”. Ao passo que, pela mesma portaria, define-se *Dano* como “resultado dos impactos diretos causados pelo evento adverso, caracterizado pela deterioração das condições de normalidade nas dimensões humana, material ou ambiental”.

Na revisão da Instrução Normativa supracitada, a Portaria n°260, considera desastres de nível I a III, de pequena, média e grande intensidade. As especificações para essas definições, bem como seus desdobramentos são transcritos abaixo:

- I. Desastres de Nível I ou de pequena intensidade: aqueles em que há danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais, mas que a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados a nível local, por meio do emprego de medidas administrativas excepcionais previstas na ordem jurídica;
- II. Desastres de Nível II ou de média intensidade: aqueles em que há danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais expressivos e que a situação de normalidade precisa ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local e complementados com o aporte de recursos dos demais entes federativos; e
- III. Desastres de Nível III ou de grande intensidade: aqueles em que há vultosos danos humanos, materiais e ambientais além de prejuízos econômicos e sociais, com sério e relevante comprometimento do funcionamento das instituições públicas locais ou regionais, impondo-se a mobilização e a ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, e, eventualmente de ajuda internacional, para o restabelecimento da situação de normalidade.

§ 2º Os desastres de nível I e II ensejam a declaração de situação de emergência, enquanto os desastres de nível III ensejam a declaração de estado de calamidade pública.

§ 3º Nos casos previstos nos incisos II e III, a motivação da classificação deve estar expressa no decreto de situação de emergência ou estado de calamidade pública.;

Na ausência de definição, pela Portaria supracitada, se a definição de danos da Instrução normativa nº1 do Ministério da Integração de fevereiro de 2014, apenas para referências de grandezas para definição:

§ 1º Danos Humanos:

I – De um a nove mortos; ou

II – Até noventa e nove pessoas afetadas.

§ 2º Danos Materiais:

I – De uma a nove instalações públicas de saúde, de ensino ou prestadoras de outros serviços danificadas ou destruídas; ou

II – De uma a nove unidades habitacionais danificadas ou destruídas; ou

III – De uma a nove obras de infraestrutura danificadas ou destruídas; ou

IV – De uma a nove instalações públicas de uso comunitário danificadas ou destruídas.

§ 3º Danos Ambientais:

I – Poluição ou contaminação, recuperável em curto prazo, do ar, da água ou do solo, prejudicando a saúde e o abastecimento de 10% a 20% (dez a vinte por cento) da população de municípios com até dez mil habitantes e de 5% a 10% (cinco a dez por cento) da população de municípios com mais dez mil habitantes;

II – Diminuição ou exaurimento sazonal e temporário da água, prejudicando o abastecimento de 10% a 20% (dez a vinte por cento) da população de municípios com até 10.000 (dez mil) habitantes e de 5% a 10% (cinco a dez por cento) da população de municípios com mais de 10.000 (dez mil) habitantes;

III – Destruição de até 40% (quarenta por cento) de Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais.

§ 4º Prejuízos econômicos públicos que ultrapassem 2,77% (dois vírgula setenta e sete por cento) da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido, relacionados com o colapso dos seguintes serviços essenciais:

I - Assistência médica, saúde pública e atendimento de emergências médico-cirúrgicas;

II - Abastecimento de água potável;

III - Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários;

IV - Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo;

V - Sistema de desinfestação e desinfecção do habitat e de controle de pragas e vetores;

VI - Geração e distribuição de energia elétrica;

VII - Telecomunicações;

VIII - Transportes locais, regionais e de longas distâncias;

IX - Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico;

X - Segurança pública;

XI – Ensino.

§ 5º Prejuízos econômicos privados que ultrapassem 8,33% (oito vírgula trinta e três por cento) da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido.

Art. 5º Caracterizam os **desastres de nível II** a ocorrência de pelo menos dois dos danos descritos nos parágrafos 1º a 3º que, no seu conjunto, importem no prejuízo econômico público estabelecido no § 4º ou no prejuízo econômico privado estabelecido no § 5º, e comprovadamente excedam a capacidade do poder público local de responder e gerenciar a crise instalada.

§ 1º Danos Humanos:

I – Dez ou mais mortos; ou

II – Cem ou mais pessoas afetadas.

§ 2º Danos Materiais:

I – Dez ou mais instalações públicas de saúde, de ensino ou prestadoras de outros serviços danificadas ou destruídas; ou

II – Dez ou mais unidades habitacionais danificadas ou destruídas; ou

III – Dez ou mais obras de infraestrutura danificadas ou destruídas; ou

IV – Dez ou mais instalações públicas de uso comunitário danificadas ou destruídas.

§ 3º Danos Ambientais:

I - Poluição e contaminação recuperável em médio e longo prazo do ar, da água ou do solo, prejudicando a saúde e o abastecimento de mais de 20% (vinte por cento) da população de municípios com até 10.000 (dez mil) habitantes e de mais de 10% (dez por cento) da população de municípios com mais de 10.000 (dez mil) habitantes.

II – Diminuição ou exaurimento a longo prazo da água, prejudicando o abastecimento de mais de 20% (vinte por cento) da população de municípios com até dez mil habitantes e de mais de 10% (dez por cento) da população de municípios com mais de 10.000 (dez mil) habitantes;

III – Destruição de mais de 40% (quarenta por cento) de Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais.

§ 4º Prejuízos econômicos públicos que ultrapassem 8,33% (oito vírgula trinta e três por cento) da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido, relacionados com o colapso dos seguintes serviços essenciais:

2 Grifos nossos.

I - Assistência médica, saúde pública e atendimento de emergências médico-cirúrgicas;

II - Abastecimento de água potável;

III - Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários;

IV - Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo;

V - Sistema de desinfestação e desinfecção do habitat e de controle de pragas e vetores;

VI - Geração e distribuição de energia elétrica;

VII - Telecomunicações;

VIII - Transportes locais, regionais e de longas distâncias;

IX - Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico;

X - Segurança pública

XI – Ensino

§ 5º Prejuízos econômicos privados que ultrapassem 24,93% (vinte e quatro vírgula noventa e três por cento) da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido.

O arranjo de determinação de danos e prejuízos econômicos seguiu as diretrizes da instrução normativa. E para determinar os prejuízos e danos que constam na análise do risco, para cada tipologia uma análise das bases de dados do Atlas de Desastres de 1991 a 2023 foi realizada. A descrição busca associar os mecanismos de cada desastre, com a natureza dos danos e prejuízos, a partir da análise dos 20 maiores desastres em danos materiais, 20 maiores em danos humanos e 20 maiores de prejuízos econômicos, montando uma lista final, retirando os eventos que aparecem em mais de uma vez. Em seguida, essa lista é analisada para descrever a natureza das consequências e estabelecer parâmetros comparativos para o mapeamento de potenciais danos e prejuízos, separando-os em cenários das magnitudes das consequências.

Para se estabelecer esses índices para cada município impactado, é realizada uma análise da proporção dos dados humanos com o número de habitantes do ano do desastre, e dos danos materiais e prejuízos com o PIB do município. Em seguida essa lista de índices é organizada em gráficos, e classificados nos intervalos de cenários 1, 2 e 3 de magnitude das consequências.

Dito isto, o mapeamento de danos e prejuízos pode ser realizado a partir da espacialização de valores e habitantes, e o estabelecimento de uma proporção do comprometimento dos elementos em exposição relacionado a cada tipologia e cenário de magnitude sobre a base espacializada.

A base de exposição foi elaborada a partir das bases de UHCT, atribuindo valores por metro quadrado (valor venal) e da densidade populacional das contagens de moradias por distrito censitário das bases do censo de 2022.

Em seguida, com a utilização de ferramentas de SIG, aplicou-se para as áreas de risco (do tipo residencial/comercial/serviços da UHCT), a população potencial a ser atingida, e o percentual estimado de impacto, bem como de incidência de danos materiais e estimativas de prejuízos.

Devido à natureza da informação de preços venais de imóveis, para base de cálculos do IPTU, e a lei de proteção de dados, essas bases foram transformadas calculando um preço de toda a UHCT, com o estabelecimento de um custo de R\$/m². Este pode ser aplicado diretamente nas áreas de exposição, na proporção que um determinado desastre pode atingir. Nos casos de danos e prejuízos, a proporção pelo PIB, e nos casos de danos humanos a proporção pelo número de pessoas, com a aplicação dos distritos censitários de 2022.

4 RESULTADOS

O capítulo de resultados apresenta-se fragmentado adequadamente às temáticas estudadas. Primeiramente, com intuito de aferir possíveis correlações de deflagração entre os processos em foco, apresenta-se uma análise matricial de conectividade e complexidade. A seguir, as tipologias de processos são analisadas de forma individual, tendo seus desdobramentos sobre: sensibilidade e níveis de confiança, complexidade e conectividade, mapeamento de danos e prejuízos, análise de probabilidade e análise da eficácia de controles existentes. Por fim, são expostas as análises de tendências de mudanças climáticas, a qual se desdobra em avaliação dos índices pluviométricos para respectiva comparação com Tempos de Retorno (TR).

4.1 MATRIZ DE CONECTIVIDADE E COMPLEXIDADE

Com vistas à análise de conectividade e complexidade espaço-temporal de deflagração de processos, realizou-se uma interpretação do inventário do Produto 03, a partir de suas datas de registro. Para tanto, agrupou-se os registros de ocorrência por dia, a fim de apontar quantas repetições de correlação diária por processo ocorreram para, posteriormente, indicar possível grau de ligação entre os processos e possíveis padrões de ocorrência, ou seja, quando um processo tem grande probabilidade de ser deflagrado junto a outro.

Contudo, há de se ressaltar que a análise deste capítulo será dada pelo Grupo da COBRADE e não por graus de classificação mais acurados. Isso se deve ao fato de ter sido observado, ao longo da presente interpretação, que a classificação em campo das ocorrências pode não estar tão fiel aos processos efetivamente ocorridos. Chama-se a atenção, primeiramente, à quantidade de registros de corridas de massa, sendo um número muito elevado para o intervalo temporal do inventário e para os parâmetros de meio físico de Joinville. Juntamente, há uma corriqueira confusão de registro entre inundação e alagamento. Portanto, a **Tabela 4.1-1** e o **Quadro 4.1-1** apresentam os dados com os nomes oficiais da COBRADE, bem como dos registros de base, mas serão analisados de maneira mais ampla, conforme os grupos: geológico, hidrológico, climatológico, meteorológico, biológico e tecnológico. Além disso, mais à frente neste capítulo, serão tratados de maneira individual em seus respectivos subcapítulos.

Para entendimento da conectividade, interpretou-se os dados por meio de um índice quantitativo derivado dos registros do inventário do Produto 03. Após agrupados em datas, os processos foram cruzados de forma matricial, contabilizando o número de dias em que os mesmos ocorreram concomitantemente, para então apontar quais eventos que apresentam maior conectividade. Ao fim, foi realizado um agrupamento semafórico arbitrário conforme o universo de dias com correlações, como apresentado abaixo e, em seguida, na **Tabela 4.1- 1**:

Intervalos Semafóricos

< 10 dias
> 10 e < 50 dias
> 50 e < 100 dias
> 100 e < 150 dias
> 150 dias

Tabela 4.1-1. Conectividade de tipologias de processos deflagrados, por quantidade de dias de ocorrência, a partir de análise do inventário apresentado no Produto 03.

Tipologia de ocorrência	Chuvas intensas	Colapso de edificações	Alagamento	Deslizamentos de solo e/ou rocha	Inundação	Rompimento/colapso de barragens	Enxurrada	Granizo	Vendaval	Laminar	Erosão de margem fluvial	Corridas de massa de solo e/ou lama	Desastres relacionados a transporte rodoviário de produtos perigosos	Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos	Infestações de animais	Onda de calor	Tempestade de raio	Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero	Corridas de massa de rocha/detrito	Doenças Infecciosas Virais	Onda de frio	Ravinas	Desastres relacionados a transporte dutoviário de produtos perigosos	Ondas de frio/Zonas de convergência	Desastres relacionados a transporte rodoviário de passageiros e cargas não perigosas
Chuvas intensas		28	26	24	33	0	14	3	9	4	6	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	6	0	3	0
Colapso de edificações	28		184	369	26	2	20	8	64	40	91	140	8	38	2	4	1	1	3	2	1	32	1	3	1
Alagamento	26	184		119	20	0	20	2	12	22	43	25	1	2	1	2	1	1	0	0	1	16	0	2	0
Deslizamentos de solo e/ou rocha	24	369	119		23	1	18	2	25	20	51	66	5	9	1	4	0	1	3	2	1	22	0	3	0
Inundação	33	26	20	23		0	11	2	5	4	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0
Rompimento/colapso de barragens	0	2	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enxurrada	14	20	20	18	11	0		2	6	3	6	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	6	0	1	0
Granizo	3	8	2	2	2	0	2		5	3	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Vendaval	9	64	12	25	5	0	6	5		2	6	8	1	1	0	2	3	2	0	0	0	1	0	0	0
Laminar	4	40	22	20	4	0	3	3	2		16	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	1	0
Erosão de margem fluvial	6	91	43	51	7	0	6	3	6	16		24	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0
Corridas de massa de solo e/ou lama	1	140	25	66	6	0	0	1	8	10	24		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Desastres relacionados a transporte rodoviário de produtos perigosos	0	8	1	5	0	0	0	0	1	0	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos	0	38	2	9	0	0	0	0	1	0	2	0	1		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Infestações de animais	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onda de calor	0	4	2	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempestade de raio	1	1	1	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0
Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero	1	1	1	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Corridas de massa de rocha/detrito	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0

Tabela 4.1-1. Conectividade de tipologias de processos deflagrados, por quantidade de dias de ocorrência, a partir de análise do inventário apresentado no Produto 03.

Tipologia de ocorrência	Chuvas intensas	Colapso de edificações	Alagamento	Deslizamentos de solo e/ou rocha	Inundação	Rompimento/colapso de barragens	Enxurrada	Granizo	Vendaval	Laminar	Erosão de margem fluvial	Corridas de massa de solo e/ou lama	Desastres relacionados a transporte rodoviário de produtos perigosos	Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos	Infestações de animais	Onda de calor	Tempestade de raio	Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero	Corridas de massa de rocha/detrito	Doenças Infecciosas Virais	Onda de frio	Ravinas	Desastres relacionados a transporte dutoviário de produtos perigosos	Ondas de frio/Zonas de convergência	Desastres relacionados a transporte rodoviário de passageiros e cargas não perigosas
Doenças Infecciosas Virais	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Onda de frio	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
Ravinas	6	32	16	22	4	0	6	1	1	20	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0		0	1	0
Desastres relacionados a transporte dutoviário de produtos perigosos	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Ondas de frio/Zonas de convergência	3	3	2	3	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0
Desastres relacionados a transporte rodoviário de passageiros e cargas não perigosas	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A correlação matricial da **Tabela 4.1-1** indica os seguintes destaques para conectividade de processos, por dias de ocorrência:

- Colapso de edificações x Deslizamento de solo e/ou rocha: 369 dias;
- Colapso de edificações x Alagamento: 184;
- Colapso de edificações x Corrida de massa de solo e lama: 140;
- Deslizamento de solo e/ou rocha x Alagamento: 119; e
- Colapso de edificações x Erosão de margem fluvial: 91.

O primeiro ponto a se considerar é o grande destaque de conectividade de colapso de edificações com outros processos. Pela presente interpretação, conclui-se que estes registros estão sendo feitos pela Proteção e Defesa Civil de Joinville como uma consequência de processos primários, como geológicos e hidrológicos. Nesse sentido, deve-se ressaltar apenas que a análise de risco apresentada no Produto 05 indica colapso como processo primário e não secundário / consequência, interpretando os fatores de meio físico que estão diretamente relacionados aos solos com baixa competência geotécnica, ou seja, colapsíveis, passíveis de recalques. Assim, assume-se que, pela grande conectividade observada, as interpretações abaixo são derivadas de colapso de edificações como consequência de atingimento e não como fruto de recalque de estruturas. Além disso, nota-se o predomínio dos processos geológicos em conectividade, principalmente, com colapso de edificações. Isso ocorre porque a deflagração deste tipo de processo possui grande força destrutiva quando atinge estruturas, a depender do volume mobilizado. Por fim, a conectividade entre processos geológicos e hidrológicos ocorre pelo fato de ambos possuírem o mesmo fator deflagrador (grande parte das vezes), sendo altos índices pluviométricos.

Quando se retira o colapso de edificações das análises, as conectividades em destaque ficam nitidamente com predomínio de processos geológicos, mostrando que esse tipo de ocorrência muitas vezes é registrado junto à deflagração de outros processos, principalmente os hidrológicos:

- Deslizamento de solo e/ou rocha x Alagamento: 119 dias; e
- Deslizamento de solo e/ou rocha x Corridas de massa de solo e/ou lama: 66; e
- Deslizamento de solo e/ou rocha x Erosão de Margem fluvial: 51.

Por outro lado, há de se elencar também as combinações aqui observadas que não podem ser atribuídas como conectividade direta, mas devido aos fatores deflagradores, entende-se possíveis conectividades, como:

- Deslizamento de solo e/ou rocha x Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos: 09 dias;
- Deslizamento de solo e/ou rocha x Desastres relacionados a transporte rodoviário de produtos perigosos: 05 - possivelmente relacionados, ou a eventos chuvosos que torna as rodovias mais propícias a acidentes, ou mesmo a queda de barreiras na estrada; e
- Deslizamento de solo e/ou rocha x Doenças infecciosas virais: 02 (relacionados a problemas sanitários do desastre de deflagração hidrológica).

Os processos descritos como laminar, considerados processos erosivos de baixo potencial de impacto, são, em geral, elementos que degradam a qualidade ambiental, os quais carregam sedimentos para os cursos d'água, agravando as situações de processos hidrológicos. Como existe evidências de processos erosivos, têm destaque nas observações, mas, para efeitos de avaliação de risco de desastres, estes se comportam mais como características e indicadores dos processos hidrológicos, geotécnicos e das chuvas intensas, do que para o deflagrador do desastre em si. A avaliação das sinergias do processo laminar apontou: Colapso de edificações (40), Alagamento (22), Deslizamentos de solo e/ou rocha (20), Erosão de margem fluvial (16), Corridas de massa de solo e/ou lama (10) e Ravinas (20), todos relacionados aos processos mais comuns de movimentos de massa e hidrológicos, com deflagrações em chuvas intensas.

Estes exemplos se referem aos tipos mais complexos de conectividade que podem ocorrer. Para os dois primeiros citados, há chance de a ocorrência de deslizamento afetar tanto locais industriais, como rodovias e outras obras de transporte lineares, como cargas de produtos perigosos e ter, por consequência, um incêndio ou desastre relacionado a transporte de produto perigoso. Já a terceira combinação apresentada não possui correlação alguma, mas pode ter início em condições sanitárias adversas causadas pela deflagração hidrológica, mas não se pode descartar o fator coincidência e acaso.

Há, ainda, um tipo de conectividade de extrema importância, mas que não pôde ser apontada quantitativamente aqui devido à limitação dos dados biológicos, a qual se refere às ocorrências de leptospirose em população afetada por processos hidrológicos. A sobreposição da localização de indivíduos com leptospirose nas manchas de inundação possui alta conectividade, devido ao contato da população com a água contaminada com resíduos de esgoto. Porém, para demonstrar isso quantitativa e espacialmente, seria necessário um registro de endereço dos pacientes diagnosticados, a fim de sobrepô-lo à mancha de suscetibilidade à inundação apresentada no Produto 05. Existe também a temporalidade do caso, uma vez que a leptospirose começaria a ser diagnosticada até semanas após o evento hidrológico.

Tendo em vista que a complexidade se refere a eventos nos quais são deflagrados mais de uma tipologia de processo, os quais podem estar interconectados ou apenas semelhantes ao fator deflagrador, analisou-se novamente as ocorrências do inventário, elencando-se os processos deflagrados por data, a fim de possibilitar a visualização temporal desses eventos e a recorrência de possíveis interdependências de deflagração entre os processos geológicos, hidrológicos, climatológicos, meteorológicos, biológicos e tecnológicos. Para tanto, foram selecionados apenas os dias que apresentaram mais de uma tipologia de processo registrada, independentemente da quantidade de registro.

Dessa forma, notou-se que, primeiramente, dias com até 5 tipologias caracterizavam-se por eventos comuns do município e, portanto, mais recorrentes. Destes, percebeu-se um padrão onde a ocorrência de processos meteorológicos deflagra processos hidrológicos e geológicos, o que é esperado em meio tropical úmido. A fim de analisar se esse padrão perpetua ou se há uma ampliação de abrangência entre as tipologias, optou-se, então, por apresentar os eventos tabelados abaixo e analisar os de maior destaque, dentro deste recorte do inventário de 24 anos, sendo aqueles com mais de 5 tipologias deflagradas.

O **Quadro 4.1-1** apresenta os eventos delimitados por suas datas de registro das ocorrências, quais tipologias de processo foram registradas e uma descrição e interpretação resumida do evento.

Quadro 4.1-1. Relação de eventos com mais de 5 tipologias de processos registrados, com base no inventário apresentado no Produto 03.

Data do evento	Tipologias de processo	Descrição do evento
18/7/2011	Alagamento Colapso de edificações Corridas de massa de solo e/lama Erosão de margem fluvial Inundação Laminar	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos
13/3/2015	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Enxurrada Erosão de margem fluvial Inundação Vendaval	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa.
23/10/2015	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Inundação Vendaval	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa
21/10/2016	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero Deslizamentos de solo e/ou rocha Enxurrada Vendaval	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa. A ocorrência de derramamento de produto químico, apenas por essa análise, não pode ser correlacionada a nenhum outro processo deflagrado no dia.
30/1/2017	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Erosão de margem fluvial Inundação Vendaval	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa
17/1/2018	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Enxurrada Erosão de margem fluvial Inundação Ravinas	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
9/2/2020	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Enxurrada Inundação	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
1/1/2021	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como

Quadro 4.1-1. Relação de eventos com mais de 5 tipologias de processos registrados, com base no inventário apresentado no Produto 03.

Data do evento	Tipologias de processo	Descrição do evento
	Enxurrada Inundação Ravinas	fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
2/1/2021	Alagamento Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Enxurrada Erosão de margem fluvial Ravinas	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos
10/8/2022	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Corridas de massa de solo e/lama Deslizamentos de solo e/ou rocha Erosão de margem fluvial Inundação	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
17/2/2022	Colapso de edificações Corridas de massa de solo e/lama Deslizamentos de solo e/ou rocha Erosão de margem fluvial Granizo Laminar Vendaval	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos, tendo chuva (atrelada à ocorrência de granizo) como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo possivelmente correlacionado à chuva de granizo.
18/2/2022	Chuvas intensas Colapso de edificações Erosão de margem fluvial Granizo Laminar Vendaval	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos, tendo chuva intensa (atrelada à ocorrência de granizo) como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo possivelmente correlacionado à chuva intensa.
20/12/2022	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Laminar Ravinas	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
28/11/2022	Alagamento Chuvas intensas Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Enxurrada Erosão de margem fluvial Granizo Inundação Laminar Ravinas	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa (atrelada à ocorrência de granizo) como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
30/11/2022	Alagamento Colapso de edificações Deslizamentos de solo e/ou rocha Erosão de margem fluvial Ravinas Vendaval	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos. Apesar de não estar registrada ocorrência de chuva intensa, pelas tipologias registradas presume-se que houve chuva com alto índice pluviométrico no dia, a qual pode estar atrelada também à ocorrência de vendaval.
19/1/2023	Alagamento Chuvas intensas	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos,

Quadro 4.1-1. Relação de eventos com mais de 5 tipologias de processos registrados, com base no inventário apresentado no Produto 03.

Data do evento	Tipologias de processo	Descrição do evento
	- Colapso de edificações - Deslizamentos de solo e/ou rocha - Inundação - Vendaval	respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa
3/1/2023	- Alagamento - Chuvas intensas - Colapso de edificações - Deslizamentos de solo e/ou rocha - Ondas de frio/Zonas de convergência - Inundação	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Há correlação, ainda, da atuação de ondas de frio com chuvas intensas, devido à ocorrência de chuvas pré-frontais, normalmente caracterizadas por altos índices pluviométricos.
4/10/2023	- Alagamento - Chuvas intensas - Colapso de edificações - Deslizamentos de solo e/ou rocha - Enxurrada - Ondas de frio/Zonas de convergência - Inundação - Laminar - Ravinas	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Há correlação, ainda, da atuação de ondas de frio com chuvas intensas, devido à ocorrência de chuvas pré-frontais, normalmente caracterizadas por altos índices pluviométricos.
11/1/2024	- Alagamento - Colapso de edificações - Deslizamentos de solo e/ou rocha - Enxurrada - Laminar - Ravinas	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Primeiramente, destaca-se o fato de que não são apontados, no quadro acima, eventos anteriores a 2011. Isso é reflexo direto da quantidade de registros do inventário. 2011, que se caracterizou como o ano com maior concentração de ocorrências, registrando 2.338 eventos. A partir deste ano, foram registradas mais de 400 ocorrências anuais, ao passo que, para o período anterior, observam-se inferiores a 100, exceto apenas em 2008, com 146. O expressivo aumento no número de registros a partir de 2011 não pode ser atrelado a fatores do meio físico. Presume-se, então, que este pode ser reflexo de alguma mudança institucional da Proteção e Defesa Civil de Joinville, ou mesmo sobre o padrão adotado para definir o que seria ou não cadastrado como ocorrência.

Dito isto, mesmo 2011 sendo o ano em que foi registrado o maior número de ocorrências no inventário, este não se apresentou como aquele de maior destaque em eventos complexos elencados no **Quadro 4.1-1**. A maior recorrência de eventos com mais de 5 tipologias de processos deflagrados ficou para o ano de 2022.

Por fim, com base na interconectividade de processos deflagrados e registrados em Joinville, nota-se que o cenário de complexidade local se apresenta, majoritariamente e independentemente da quantidade de processos deflagrados, composto pela seguinte lógica: deflagração de processos meteorológicos – principalmente altos índices pluviométricos – que desencadeiam em processos hidrológicos e geológicos, os quais podem, muitas vezes, apresentar colapso de edificações como consequência direta. Ademais, observou-se que conforme au-

menta a complexidade, aumenta a ocorrência de processos geológicos, e que processos hidrológicos são bem mais comuns e, por isso, possuem destaque em eventos de menor complexidade.

4.2 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCO GEOLÓGICO

4.2.1 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E NÍVEIS DE CONFIANÇA

A análise da sensibilidade e níveis de confiança foi realizada a partir da avaliação das variáveis que compuseram a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco geológico. Os subitens a seguir descrevem as condições sob as quais os mapas foram estabelecidos e como essas condições podem refletir na sensibilidade e no nível de confiança dos resultados.

Os desastres do tipo geológico abordados foram deslizamentos e corridas de massa (que apresentam áreas atingidas por sedimentos transportados), com avaliação de suas causas e impactos. O subitem abaixo apresenta as variáveis analisadas e a aderência da cartografia com as ocorrências registradas desses tipos de risco geológico a partir do cadastro.

4.2.1.1 Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises

O **Quadro 4.2.1.1-1** apresenta as variáveis analisadas e utilizadas para composição da suscetibilidade aos desastres, para os temas listados.

Quadro 4.2.1.1-1. Variáveis componentes da análise de suscetibilidade

Tipologia	Variáveis – Processos geológicos
Deslizamentos de solo e/ou rocha	Suscetibilidade 1:10.000 - Declividade, Curvatura Vertical e Curvatura horizontal; Risco 1:3.000 em campo, metodologia Brasil (2007); Fator de segurança de seções críticas, equilíbrio limite.
Erosão de margem fluvial e solapamento	Avaliado apenas em escala de detalhe, nos mapeamentos de campo em áreas alvo, metodologia Brasil 2007.
Corridas de massa de solo e/ou lama	Suscetibilidade 1:10.000 - Modelagem a partir do RAMMs*, selecionando as curvaturas horizontais do terreno divergentes e planares.
Corridas de massa de rocha/detrito	Suscetibilidade 1:10.000 - Modelagem a partir do RAMMs Buscando curvatura horizontal convergente, em especial canais encaixados e fundos de talvegues.
Ravinas e Laminar	Avaliado apenas em escala de detalhe, nos mapeamentos de campo em áreas alvo, metodologia Brasil (2007).

* RAMMs - Programa computacional RAMMS:Debrisflow (Rapid Mass Movement Simulation)

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As avaliações de campo se baseiam em metodologia clássica e se referem a avaliação qualitativa de riscos (Brasil 2007), com acurácia comprovada, e ainda nas seções críticas de cada área alvo de risco, também foi realizado método quantitativo por estabilidade de taludes por equilíbrio limite, com cálculo de fator de segurança. De maneira que esses dados de confiança podem balizar a análise da sensibilidade, tanto dos mapeamentos qualitativos em escala 1:3.000, quanto às análises de suscetibilidade 1:10.000.

Para os riscos 1:10.000 a partir das suscetibilidades, os parâmetros escolhidos para a análise apresentam ótima correlação com os movimentos gravitacionais de massa. Dias et. al (2021) em sua análise de revisão de metodologias de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa contabilizou quais parâmetros são mais frequentes para os estudos, e apontou a declividade do terreno como a mais frequente, e as curvaturas do terreno, com destaque das

mais utilizadas. Ao remeter as análises de estabilidade por equilíbrio limite, entende-se que a estabilidade depende da geometria do talude, resistência ao cisalhamento e as condições de saturação de água. Assim, nesse estudo de suscetibilidade, entende-se que as condições de saturação se referem aos processos de deflagração por chuva, e em escalas de semidetalle, a declividade representa a geometria do talude, e as curvaturas a resistência ao cisalhamento do maciço.

A sensibilidade da avaliação da suscetibilidade, passa pelo insumo de entrada, no caso o Modelo Digital de Terreno (MDT), a resolução do produto se mostrou adequada para o desenvolvimento do projeto.

4.2.1.2 Cenários de magnitude dos desastres e consequências

As descrições dos cenários e impactos, e como ocorre a classificação dos desastres, se referem a variáveis e grandezas que demonstram os impactos, e não necessariamente como se espacializa a suscetibilidade ao tipo de desastre.

Para os cenários de baixa magnitude de impactos, os eventos localizados são facilmente gerenciáveis. Para os cenários de média magnitude de impacto com vários escorregamentos sem corridas de massa, resultando em mobilização considerável e impacto moderado. Para os cenários de alta magnitude de impacto com grandes corridas de massa, causando devastação generalizada e necessitando de mobilização intensa e ampla.

Como apresentado no arranjo metodológico, aos cenários de magnitude dos desastres e consequências, também são inseridas as informações das condições do atingimento do cenário, bem como relaciona-os com as consequências, aplicando a possibilidade de determinado desastre atingir os níveis I a III, pela PORTARIA Nº 260, DE 2 DE FEVEREIRO DE 2022 do Ministério da Integração Nacional.

Quadro 4.2.1.2-1. Cenários de magnitude para risco geológico

Cenário	Risco geológico
Cenário 1	Em geral decorrentes de eventos deflagradores de TR menor que 2 anos Baixa Magnitude de Impacto: relacionada a ocorrências pontuais de movimentos de massa, com pequena abrangência ou com números limitados de escorregamentos em um único evento. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos pontuais, afetando poucas edificações, refletindo em uma gestão também pontual e de pouca mobilização municipal.
Cenário 2	Em geral decorrente de eventos deflagradores de TR até 25 anos. Média Magnitude de Impacto: relacionada a várias ocorrências de escorregamentos pelo município em um único evento, mas sem deflagração de corrida de massa. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de médio porte, afetando consideravelmente a dinâmica municipal e resultando em grande mobilização. Pode classificar-se como desastre de nível II até III, pela portaria supracitada, a depender das características socioeconômicas do município.
Cenário 3	Potencialmente relacionado a eventos maiores que TR 25 anos Alta Magnitude de Impacto: relacionada aos grandes eventos generalizados que culminaram em corridas de detritos de grande porte, causando devastação em suas áreas de deflagração, arraste e deposição. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de grande porte, afetando completamente a dinâmica municipal e resultando em grande mobilização, para além de municipal. Como referência desse cenário de desastre pode ser citado o desastre do Vale do Itajaí em 2008, Serra Fluminense em 2011 e São Sebastião em 2023. Classifica-se como desastre de nível III.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.2.1.3 Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário

Os mapas de suscetibilidade e de risco foram analisados espacialmente com uso das ocorrências do cadastro do inventário apresentado. A abrangência da suscetibilidade é realizada para todo o município, mas quando analisado o risco, a abrangência é reduzida para as áreas de exposição, analisadas pela vulnerabilidade. Assim, as análises de aderência dos mapas para as ocorrências do inventário foram apresentadas para as classes de suscetibilidade e das classes de risco. As **Tabelas 4.2.1.3-1 e 4.2.1.3-2** apresentam a distribuição das ocorrências nas classes para a discussão da sensibilidade e das variáveis.

Tabela 4.2.1.3-1. Teste de aderência para suscetibilidade e risco a corridas de massa.

Suscetibilidade - Corrida de Massa					Risco - Corrida de Massa				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	11	2,0	8,36	1,32	Alto	8	1,5	0,43	18,45
Médio	35	6,4	24,77	1,41	Médio	27	5,0	1,71	15,75
Baixo	27	5,0	6,03	4,48	Baixo	29	5,3	3,79	7,66
Não Calc.	471	86,6	175,84	2,68	Não Calc.	480	88,2	209,07	2,30
Soma	544		215,00		Soma	544		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.2.1.3-2. Teste de aderência para suscetibilidade e risco a deslizamentos.

Suscetibilidade - Deslizamentos					Risco - Deslizamentos				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Muito Alto	911	37,7	95,35	9,55	Muito Alto	0	0,0	0,00	0,00
Alto	659	27,2	22,37	29,47	Alto	887	36,7	13,55	65,46
Médio	683	28,2	19,31	35,36	Médio	797	32,9	20,54	38,81
Baixo	66	2,7	2,94	22,42	Baixo	126	5,2	5,50	22,89
Não Calc.	100	4,1	75,03	1,33	Não Calc.	609	25,2	175,41	3,47
Soma	2419		215,00		Soma	2419		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As Tabelas acima indicam que os mapeamentos de risco para deslizamentos realizados apresentaram-se efetivos, uma vez que as classes baixo de fato representam a menor proporção das ocorrências na suscetibilidade e risco. As situações relacionadas à suscetibilidade, nota-se que as classes alta (e muito alta somada), representam a maior parte das ocorrências, assim como os riscos altos. Importante estabelecer que os riscos também visam avaliar as consequências do desastre e, por isso, apenas a contagem de ocorrência pode não ser de fato efetivo, sem se avaliar pontualmente os danos e prejuízos.

Para as ocorrências relacionadas a corridas de massa, o critério de se restringir à área do perímetro urbano retira da análise a maior parte das classes mais severas de risco, que ocorrem no domínio das escarpas da Serra do Mar, e assim fora do perímetro urbano. Restando os atingimentos de deslizamentos a maior parte das ocorrências na área analisada, e como a altura de sedimentos mobilizados definem as classes de suscetibilidade. Assim, as áreas urbanas concentraram a maioria das áreas de risco baixo, e também dos registros de ocorrências realizado nas áreas com moradias.

Em suma, a aderência para os processos geológicos se apresentou, de uma maneira geral, efetiva ao que foi mapeado como risco e suscetibilidade no Produto 05.

4.2.1.4 Identificação de ameaças

As ameaças em geral se referem diretamente a eventos deflagradores sobre áreas suscetíveis. Foram abordados nesta análise os desastres geológicos relacionados aos escorregamentos, na qual a área do desastre é a própria cicatriz de escorregamento e adjacências próximas, e as de corridas de massa, quando o desastre se refere às áreas atingidas pelo sedimento. Os riscos associados à erosão e solapamento apenas podem ser abordados em mapeamento de detalhe, em situações já ocorridas, ou em processos instalados.

O grupo dos desastres geológicos apresentou um total de 4.108 ocorrências, divididas nos subgrupos erosão e movimento de massa. O subgrupo das erosões soma um total de 266 registros (6,5%), com destaque para 185 registros na sub-bacia do Rio Cachoeira, o subgrupo de movimentos de massa soma um total de 3.842 registros (93,5%), com destaque para 2.488 registros na sub-bacia do Rio Cachoeira e 521 registros na sub-bacia do rio Pirai.

4.2.2 ANÁLISE DA COMPLEXIDADE E CONECTIVIDADE

A análise dos dados sobre a tipologia de ocorrências de desastres naturais revela uma forte correlação entre eventos de chuvas intensas e a ocorrência de deslizamentos de solo e corridas de massa, como já foi mencionado. Conforme indicado na Tabela (ver item 4.1), as chuvas intensas são responsáveis por um número significativo de deslizamentos de solo e/ou rocha (24 ocorrências). Esses deslizamentos são desencadeados pelo aumento da saturação do solo, o que reduz a coesão entre as partículas e aumenta a probabilidade de movimentação de massa.

Para os deslizamentos e corridas de massa (movimentos gravitacionais de massa), a relação com a ameaça das chuvas intensas resulta em 25 ocorrências. Contudo, o inventário destaca que o colapso de edificações devido a esses movimentos de massa é uma correlação significativa para a análise, com mais de 500 ocorrências cruzadas. A conexão com outros subitens relacionados aos movimentos de massa, erosão e processos hidrológicos reforça a correlação direta com a precipitação intensa. Além disso, foram registrados ao menos 9 casos de incêndios e acidentes com produtos perigosos. As chuvas intensas também estão associadas a corridas de massa de solo e/ou lama, embora em menor escala (1). Essas corridas de massa, também conhecidas como fluxos de detritos, ocorrem quando grandes

volumes de material saturado se deslocam rapidamente encosta abaixo. A combinação de alta intensidade e curta duração das chuvas intensas pode criar condições ideais para esses eventos.

Outros tipos de desastres, como a formação de ravinas, também apresentam uma correlação notável com chuvas intensas (6). As ravinas são formadas pela erosão acelerada do solo superficial devido ao escoamento concentrado da água das chuvas, especialmente em áreas desprotegidas e de alta declividade.

4.2.3 ANÁLISE DA NATUREZA E MAGNITUDE DAS CONSEQUÊNCIAS

A descrição das consequências leva em conta os fatores que podem ameaçar a segurança das pessoas e das comunidades, afetar serviços essenciais como água, eletricidade, moradia, saneamento básico, telefonia e transporte, e identificar aqueles que necessitam de assistência devido aos impactos do desastre.

O item que trata dos cenários de magnitude das consequências relaciona os cenários de ocorrência dos desastres com as consequências esperadas. No caso dos desastres de movimentos de massa, frequentemente associados a chuvas intensas, estes se destacam por serem uma das principais causas de óbitos no Brasil. Exemplos notáveis incluem os desastres no Vale do Itajaí em 2008, nas Serras Fluminense em 2011 e em São Sebastião em 2023, que evidenciam o potencial de mortes, danos humanos e materiais. Esses desastres causam devastação não apenas em residências, mas também ao longo de infraestruturas de transporte, com o potencial de interagir com outros tipos de desastres. Além disso, podem causar danos ambientais relacionados à qualidade da água superficial devido aos sedimentos lançados nos cursos d'água.

A análise foi realizada com base na metodologia descrita no item 3.5, utilizando dados do S2iD, do Atlas de Desastres do MDR e do EM-DAT. Os resultados foram compilados na **Tabela 4.2.3-1**, que apresenta uma matriz com a tipologia de desastre, a descrição das consequências e um agrupamento dos cenários de magnitude de 1 a 3 (item 3.2).

Tabela 4.2.3-1. Descrição de consequências dos tipos de desastres geológicos.

Tipologia	Natureza das consequências - cenário 1	Natureza das consequências - cenário 2	Natureza das consequências - cenário 3
Escorregamentos e corridas de detritos	Danos humanos feridos diretos, afetados e desabrigados, potencial de mortes isoladas; Danos materiais incipientes principalmente em moradias; Prejuízos econômicos públicos ou privados diversos de pequena expressão;	Danos humanos de feridos, afetados, desabrigados e com potencial de óbitos; Danos materiais expressivos* em geral em unidades habitacionais e infraestrutura do município, principalmente vias; Prejuízos econômicos expressivos*; Danos ambientais extensos relacionados à erosão, assoreamento e qualidade da água.	Danos humanos, com óbitos múltiplos, enfermos diretos e indiretos (conexão de riscos biológicos); Danos materiais severos na infraestrutura urbana de saneamento, drenagem, pavimentação, destaque nas edificações habitacionais e instalações públicas. Prejuízos econômicos severos** em todos os segmentos, incluindo o sistema de saneamento e de saúde; Danos ambientais severos relacionados à erosão e assoreamento, qualidade da água, e ainda impactos ecossistêmicos marinhos lagunares.
Erosão	Danos humanos enfermos em grupos especiais vulneráveis;	Danos humanos afetados, enfermos e até óbitos; Danos ambientais incipientes erosão e assoreamentos;	Danos humanos afetados, enfermos e óbitos; Danos ambientais relacionados à erosão e assoreamento.

Tabela 4.2.3-1. Descrição de consequências dos tipos de desastres geológicos.

Tipologia	Natureza das consequências - cenário 1	Natureza das consequências - cenário 2	Natureza das consequências - cenário 3
	Prejuízos econômicos de pequena expressão no sistema de saúde, e atividade agrícolas e na infraestrutura rodoviária.	Prejuízos econômicos de expressão* infraestrutura urbana, de pavimentação, drenagem e saneamento, além das unidades habitacionais.	Prejuízos econômicos severos** devido ao setor de transporte e saneamento. Danos materiais no saneamento, serviços e unidades habitacionais.

* prejuízos expressivos, 74 milhões de reais de prejuízos públicos e 250 milhões de reais de prejuízos privados, que equivalem a 2,77% e 8,33% respectivamente, da receita líquida anual de 2,7Bi de reais para 2023 (IN°01/2014 do MI).

** prejuízos severos, 74 milhões de reais de prejuízos públicos e 673 milhões de reais de prejuízos privados, que equivalem a 8,33% e 24,93% respectivamente (IN°01/2014 do MI).

Fonte: Elaborado pelo Consórcio

4.2.4 Análise de desastres e estabelecimento de parâmetros de previsão de danos e prejuízos

Estabelecidos os tipos de danos e prejuízos, cabe analisar um breve histórico de eventos que causaram desastres para estabelecer parâmetros para o mapeamento de potenciais danos e prejuízos no município. No Sistema do BD do Atlas de 1991 a 2023, para Joinville consta apenas 1 evento, de 10 de janeiro de 2001, sem registro de mortes, 38 afetados como Danos Humanos, e R\$ 23 milhões (corrigidos) de danos materiais, sem informação de prejuízos.

Cabe ressaltar que os eventos de 2008, no vizinho Vale do Itajaí, foram registrados como Chuvas Intensas. As 3 descrições de maior vulto (em danos humanos, danos materiais e prejuízos) para todo o Brasil no Atlas de 1991 a 2023 foram:

- Danos humanos, Petrópolis em 2013, com 34 mortes e mais de 150 mil afetados;
- Danos materiais, Guarulhos em 2020, com R\$ 275.182.254,45, em unidades habitacionais e estruturas de ensino;
- Prejuízos econômicos, novamente em Petrópolis em 2013, com prejuízos econômicos de R\$ 220.343.059,17, como prejuízos no setor de serviços.

Os desastres geológicos raramente afetam todo o município, ao contrário dos eventos climatológicos, o que exige uma metodologia específica para espacializar os dados das consequências. O Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo, ao mapear a Região Metropolitana de São Paulo, aplicou um fator de atingimento de 1,7447% para danos materiais e 0,0122% para mortes e ferimentos, com base nos dados de pessoas de uma determinada Unidade Habitacional Coletiva (UHCT) do Atlas do Estado de São Paulo entre 1991 e 2010. Essa estimativa foi elaborada com base nas edificações habitacionais e no número de desabrigados e afetados.

Como não há dados específicos para Santa Catarina, foram utilizados dados da Região Sul do Brasil do Atlas de 1991 a 2023, aplicando a mesma metodologia. Os resultados foram: 209 desastres, 8 mortes, 0 desaparecidos, 1.189 desabrigados, 268.271 afetados, R\$ 229.537.684 em danos materiais e R\$ 153.214.834 em prejuízos econômicos. A análise também revelou que a soma de unidades habitacionais danificadas e destruídas foi de 5.814, destacando que o evento de Joinville em 2002 foi o de maior expressão nesta análise.

Com base nos dados do Atlas de 1991 a 2023 e nos resultados das proporções supramencionados, a aplicação para Joinville sugere uma taxa de mortalidade de 0,003% por afetado, uma taxa de desabrigados de 0,44%, e danos materiais de R\$ 855 por afetado. Além

disso, a taxa de moradias atingidas (danificadas + destruídas) foi de 2,1% em relação ao número de afetados. É importante notar que muitos desastres classificados como movimentos de massa são frequentemente registrados como chuvas intensas. Para dimensionar o cenário dos 10 piores casos no Brasil, em termos de unidades habitacionais danificadas, a taxa é de 9,7% (22.961 unidades danificadas e destruídas, com 237.872 afetados).

4.2.5 MAPEAMENTO DE DANOS E PREJUÍZOS

Com base na análise do item anterior, e levando em consideração o mapeamento de danos humanos, materiais e prejuízos econômicos, bem como os prognósticos futuros, como crescimento populacional e mudanças climáticas, e reconhecendo que os movimentos de massa afetam apenas parte de cada unidade de análise, introduz-se o conceito de Dano Potencial. Este conceito busca compreender que os desastres naturais impactam os bens materiais de maneiras distintas (IPA, 2020). Assim, foi calculado um valor econômico para cada unidade de análise, separando-as por processos específicos e, por fim, normalizando os valores encontrados.

O **Quadro 4.2.5-1** apresenta uma estimativa das consequências, expressa em termos de danos, com base em estatísticas de desastres de outras fontes, como o S2ID brasileiro e o Atlas Digital de Desastres. Essa estimativa considera os danos humanos em relação ao número de habitantes e os danos materiais, avaliando o nível de comprometimento de cada unidade de análise.

Quadro 4.2.5-1. Parâmetros de danos humanos por habitantes (mortes em 2022), danos materiais e prejuízos, em relação ao número de afetados e dos valores de cada UHCT.

Tipologia		Cenários			Observação
		1*	2**	3***	
Movimentos de massa	Danos Humanos	Apenas mortes em hipóteses acidentais	até 0,003% dos habitantes afetados	até 0,14% dos habitantes afetados	Atlas de desastres SC 1991 a 2023
	Danos Materiais	R\$ 85 por afetado	R\$ 855 por afetado*	R\$ 1.696 por afetado	
	Prejuízos	R\$57 por afetado	R\$ 571 por afetado*	até R\$ 44.514 por afetado	

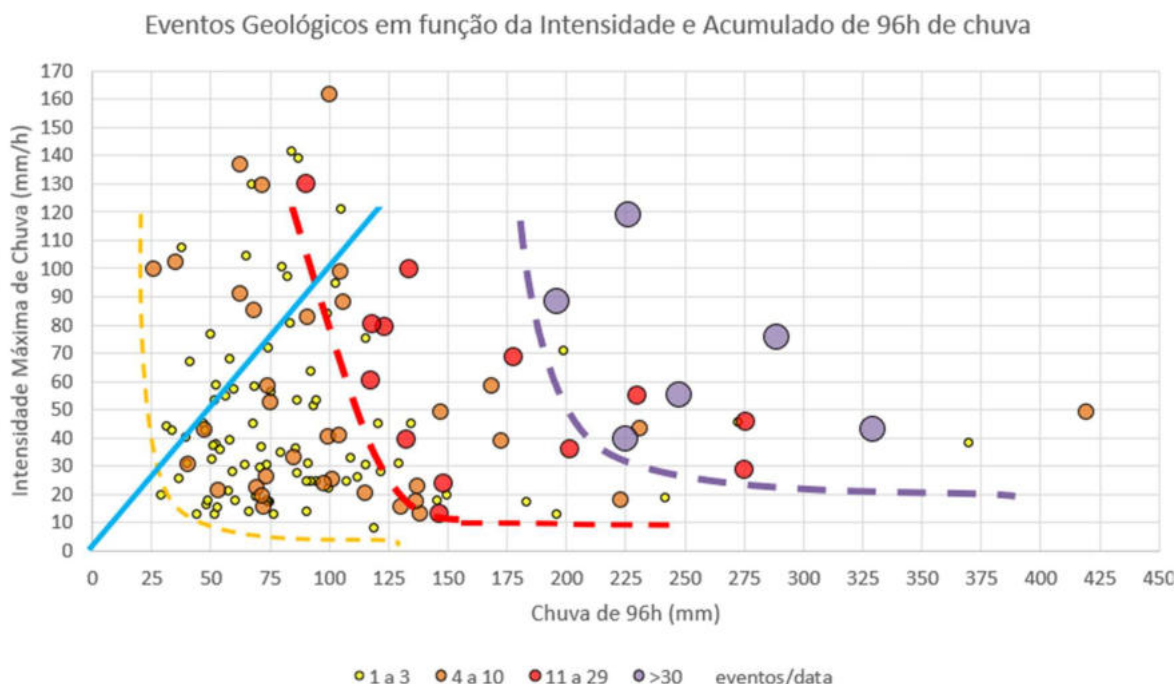
* 10% do cenário 2; ** construído pelos 209 desastres do Sul do Brasil, com destaque no evento de Joinville em 2002; e *** construído pelos 10 maiores registros do Atlas Brasil 1991 a 2023.

Fonte: Consórcio

4.2.6 ANÁLISE DA PROBABILIDADE DE EVENTOS E TEMPORALIDADE E VOLATILIDADE

Com base nos procedimentos expostos no item 3.3.1., apresenta-se abaixo a **Figura 4.2.6-1** com indicação de números prováveis de ocorrências / atendimentos em relação ao volume precipitado em até 96h, com base nos dados de inventário de desastres.

Figura 4.2.6-1. Gráfico de correlação de índices pluviométricos de intensidade e acumulado em 96h, em relação ao número de ocorrências de processos geológicos. A linha azul mostra a relação de chuva que ocorre em evento diário, a envoltória amarela, se refere ao início de ocorrência do cenário 1, a vermelha se refere ao cenário 2 e a lilás ao cenário que pode se relacionar com o 3, devido a grande quantidade de focos.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

No gráfico é possível observar:

- Os tipos de ocorrências mais preocupantes, estão relacionados às ocorrências múltiplas, e estas estão posicionadas acima da envoltória de cor vermelha;
- A linha azul, mostra a relação de 45°, que mostra que a chuva acumulada equivale a própria intensidade de chuva, sendo assim, as ocorrências acima da linha azul possivelmente ocorreram a partir de um único evento de chuva, sem necessariamente ter um acumulado de destaque;
- As ocorrências de até 3 eventos se posicionam em maioria abaixo da envoltória vermelha, que representa a passagem para o cenário de magnitude 2, que representa acumulados de chuva de 96 hrs da ordem de 110mm e uma intensidade de chuva de 10 a 80mm/hora;
- E as ocorrências de mais de 10 escorregamentos, novamente se posicionam acima da envoltória vermelha, de maneira que ocorre uma área de transição relacionada aos eventos múltiplos de 4 a 10 escorregamentos por evento;
- As ocorrências com registro de mais de 30 escorregamento por evento, de maior gravidade e que representa potencial de cenário 3, apenas ocorre acima da envoltória lilás, com números de intensidade de chuva superior a 40mm/hora e acumulados de 96h de chuva acima de 180mm;
- A maior concentração de ocorrências localiza-se na interpolação de 100 mm em 24h, 150 mm em 96h e registro inferior a 3 ocorrências, concentração qual está destacada pelas formas laranjas; e

- As chuvas corriqueiras que causam poucos escorregamentos (menos de 3 registros por evento) são caracterizadas por baixas intensidades de chuva e acumulados de 96hrs menores que 100 mm, e intensidades que não passam de 50 mm/hora.

A partir das análises de intensidade e acumulado de chuvas, definiu-se os TR de chuvas deflagradoras de intensidade, e o TR definiu a probabilidade e frequência de ocorrência. A **Tabela 4.2.6-1** apresenta a Análise da probabilidade de eventos e consequências, incluindo os extremos, maximizados pelos efeitos das mudanças climáticas.

Tabela 4.2.6-1. Análise de probabilidade de eventos geológico.

Tipologia	Cenários			Observação
	1	2	3	
Geológico	TR < 5 anos Referência maior que 20% ao ano	5 < TR < 25 anos Referência de 4 a 20% ao ano	TR > 25 anos Referência menor que 4% ano	Baseado na deflagração de eventos pelas chuvas
Erosão	126 ocorrências em 12 anos de histórico	1 evento com descrições de danos, em 12 anos	nenhuma ocorrência descrita	Baseado no inventário

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.3 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS RISCOS HIDROLÓGICOS

4.3.1 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E NÍVEIS DE CONFIANÇA

A análise da sensibilidade e níveis de confiança foi realizada a partir da avaliação das variáveis que compuseram a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco hidrológico. Os subitens a seguir descrevem as condições sob as quais os mapas foram estabelecidos e como essas condições podem refletir na sensibilidade e no nível de confiança dos resultados.

Os desastres do tipo hidrológico abordados foram inundações e enxurradas (que apresentam áreas atingidas por grandes volumes de água), com avaliação de suas causas e impactos. O subitem abaixo apresenta as variáveis analisadas e a aderência da cartografia com as ocorrências registradas desses tipos de risco hidrológico a partir do cadastro.

4.3.1.1 Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises

Escala de 1:10.000, foram sobrepostas as informações das cartas de suscetibilidade a deslizamentos e a inundação realizadas no âmbito do projeto, tendo como resultado um mapa unificado.

Quadro 4.3.1.1. Variáveis componentes da análise de suscetibilidade

Tipologia	Variáveis – Processos hidrológicos
Suscetibilidade de Inundação 1:10.000	Sem influência da elevação de maré. Modelo HAND (<i>Height Above the Nearest Drainage</i> – altura acima da drenagem mais próxima), a partir do insumo MDT disponibilizado pelo projeto; análise de declividades (abaixo de 3°) e da geomorfologia (planícies).
Inundação com ou sem maré qualitativo, na escala 1:3.000	Metodologia de classificação e delimitação de setores de riscos na metodologia Brasil (2007).
Inundação método hidráulico	Metodologia de avaliação de demanda do sistema de infraestrutura hidráulica, com cálculo de tempo de pico para a sub bacia de contribuição, e da capacidade de vazão do ponto exultório a partir de cálculos de hidráulica.

Quadro 4.3.1.1. Variáveis componentes da análise de suscetibilidade

Tipologia	Variáveis – Processos hidrológicos
Suscetibilidade a Inundação com maré, escala 1:10.000	Elevação da amplitude da maré nos níveis de base do MDT, e então analisando os afluentes que potencialmente atingem, e aplicação do método HAND, sobre o MDT corrigido para o nível de base; análise de declividades (abaixo de 3°) e da geomorfologia (planícies).
Suscetibilidade Alagamentos, escala 1:10.000	Análise das bacias do PDDU (Bacia do Cachoeira), e a espacialização em mapa de concentrações de ocorrências de alagamento na área urbanizada, analisando apenas as áreas de declividade menor que 7°, e que não apresentam alta suscetibilidade a inundação.
Alagamentos de escala de detalhe	Histórico de precipitações diárias acumuladas e intensidades. Delimitação das sub-bacias nas áreas contribuintes nos setores indicados como área de alagamento. Avaliação das curvas I-D-F (Intensidade- Duração-Frequência) do município. Cálculo das vazões das áreas de alagamento. Avaliação da suscetibilidade das estruturas atuais nas seções de estrangulamento. Nos setores de alagamento foram avaliadas as seções de estrangulamento para as vazões correspondentes aos períodos de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.3.1.2 Cenários de magnitude dos desastres

As descrições dos cenários e impactos, e como ocorre a classificação dos desastres, se referem a variáveis e grandezas que demonstram os impactos, e não necessariamente como se espacializa a suscetibilidade ao tipo de desastre.

Para os cenários de baixa magnitude de impactos, relacionado a chuvas com tempo de retorno (TR) de 2 a 5 anos. Ocorrências típicas incluem alagamentos em pontos de estrangulamento da drenagem urbana e inundações causadas pela elevação do nível dos canais, com extravasamento apenas em pontos críticos de convergência de fluxos.

Para os cenários de média magnitude de impacto envolvendo chuvas com TR de 10 a 25 anos, causando inundações devido à elevação dos canais por altos índices pluviométricos, tanto em Joinville quanto nas cabeceiras de drenagem a montante do município. Pode também ocorrer devido à elevação da maré, resultando em ampla mancha de inundação. Pontos de alagamento por estrangulamento da drenagem urbana são comuns.

Para os cenários de alta magnitude de impactos associados a chuvas com TR acima de 25 anos, resultando em inundações devido à convergência de índices pluviométricos críticos e maré alta. A área baixa do município é amplamente afetada, com possibilidade de enxurradas urbanas.

Como apresentado no arranjo metodológico, aos cenários de magnitude dos desastres e consequências, também são inseridas as informações das condições do atingimento do cenário, bem como relaciona-os com as consequências, aplicando a possibilidade de determinado desastre atingir os níveis I a III, pela PORTARIA Nº 260, DE 2 DE FEVEREIRO DE 2022 do Ministério da Integração Nacional.

Quadro 4.3.1.2-1. Cenários de magnitude para risco hidrológico

Cenário	Risco hidrológico
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: relacionada às chuvas TR* 2 e 5 anos, com ocorrência de alagamentos em pontos de estrangulamento da drenagem urbana e inundações relacionadas à elevação do nível dos canais, com extravasamento apenas em alguns pontos críticos de convergência de fluxos. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos pontuais, afetando poucas edificações, refletindo em uma gestão também pontual e de pouca mobilização municipal.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: relacionada às chuvas TR 10 e 25 anos, com ocorrência de inundações relacionadas à elevação dos canais por altos índices pluviométricos (deflagrados

Quadro 4.3.1.2-1. Cenários de magnitude para risco hidrológico

Cenário	Risco hidrológico
	em Joinville e/ou nas cabeceiras de drenagem à montante do município) ou ainda, por elevação da maré, com extravasamento e ampla mancha de inundação pelo município. Pode associar-se também a pontos de alagamento por estrangulamento da drenagem urbana. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de médio porte, afetando consideravelmente a dinâmica municipal e resultando em grande mobilização. Pode classificar-se como desastre de nível II, pela portaria supracitada, a depender das características socioeconômicas do município.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: relacionada às chuvas acima de TR 25 anos, com ocorrência de inundação resultante da convergência de dois fatores deflagradores: índices pluviométricos críticos (deflagrados em Joinville ou nas cabeceiras de drenagem à montante do município) e maré alta, tendo como resultado uma extensa mancha de inundação por toda área baixa do município. Devido aos altos índices pluviométricos, ainda há possibilidade de ocorrência de enxurradas urbanas. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de grande porte, afetando completamente a dinâmica municipal e resultando em grande mobilização, para além de municipal. Como cenário de referência de desastres hidrológicos dessa magnitude, pode ser citado as chuvas do Rio Grande do Sul, de 2024 e das inundações do Sul da Bahia de 2022. Classifica-se como desastre de nível III pela Portaria supracitada.

* Os intervalos de chuvas TR aqui expostos são resultantes das análises desenvolvidas no Produto 05 e no atual, levando em consideração as tendências de mudanças climáticas.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.3.1.3 Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário

Os mapas apresentados de suscetibilidade e de risco foram analisados espacialmente com uso das ocorrências do cadastro do inventário apresentado. A abrangência da suscetibilidade é realizada para todo o município, mas quando analisado o risco, a abrangência é reduzida para as áreas de exposição, analisadas pela vulnerabilidade. Assim, as análises de aderência dos mapas para as ocorrências do inventário foram apresentadas para as classes de suscetibilidade e das classes de risco. As **Tabelas 4.3.1.3-1 a 4.3.1.3-3** apresentam a distribuição das ocorrências nas classes para a discussão da sensibilidade e das variáveis.

Tabela 4.3.1.3-1. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade à alagamento.

Suscetibilidade - Alagamento					Risco - Alagamento				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km²	n/km²		n	%	km²	n/km²
Alto	98	9,4	0,99	99,13	Alto	117	11,2	1,21	96,91
Médio	414	39,8	6,51	63,60	Médio	365	35,1	11,64	31,37
Baixo	316	30,4	62,99	5,02	Baixo	360	34,6	79,47	4,53
Não Calc.	213	20,5	144,51	1,47	Não Calc.	199	19,1	122,68	1,62
Soma	1041		215,00		Soma	1041		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.3.1.3-2. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade à enxurrada.

Suscetibilidade - Enxurrada					Risco - Enxurrada				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km²	n/km²		n	%	km²	n/km²
Alto	0	0,0	26,11	0,00	Alto	1	3,1	23,28	0,04
Médio	2	6,3	12,83	0,16	Médio	1	3,1	13,64	0,07
Baixo	0	0,0	4,29	0,00	Baixo	0	0,0	6,29	0,00
Não Calc.	30	93,8	171,76	0,17	Não Calc.	30	93,8	171,79	0,17
Soma	32		215,00		Soma	32		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.3.1.3-3. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade à inundação.

Suscetibilidade - Inundação					Risco - Inundação				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km²	n/km²		n	%	km²	n/km²
Alto	9	5,3	26,11	0,34	Alto	14	8,3	23,28	0,60
Médio	7	4,1	12,83	0,55	Médio	2	1,2	13,64	0,15
Baixo	0	0,0	4,29	0,00	Baixo	0	0,0	6,29	0,00
Não Calc.	153	90,5	171,76	0,89	Não Calc.	153	90,5	171,79	0,89
Soma	169		215,00		Soma	169		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A análise dos dados das tabelas de aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade hidrológica revela importantes informações sobre a distribuição e frequência de alagamentos, enxurradas e inundações no perímetro urbano. A maior parte das ocorrências de alagamentos está em áreas de baixa e média suscetibilidade e risco. No entanto, ao analisarmos o número de ocorrências por km² no perímetro urbano, nota-se que, pelo fato de o alagamento ser um problema relacionado a infraestrutura urbana, a densidade de ocorrências é maior nas áreas classificadas como de alto risco. A maioria das ocorrências de enxurradas está na categoria não calculada, indicando uma necessidade urgente de avaliação e monitoramento mais detalhado para prever e mitigar riscos. Embora muitas áreas inundadas estejam identificadas como de alta suscetibilidade, e com risco calculado alto, a maior parte está na categoria não calculada, apontando para a necessidade de um melhor monitoramento das áreas identificadas.

Como forma de analisar outros aspectos da aderência, também buscou-se relacionar as classes de suscetibilidade com as áreas mapeadas em campo, no método qualitativo, escala

1:3.000. No mapeamento de campo realizou-se o detalhamento das áreas-alvo indicadas, em subdivisões, e descritos como setores de risco, descrevendo comportamentos homogêneos diante do risco hidrológico, totalizando 99 setores de análise. Em seguida, estes setores foram avaliados quanto à suscetibilidade à inundação, assim, contabilizando cerca de 87% destes setores inseridos na classificação alta. A seguir, o **Quadro 4.3.1.3-1** apresenta detalhadamente a distribuição dos setores e suas classificações de suscetibilidade.

Quadro 4.3.1.3-1. Distribuição das classes de suscetibilidade a inundação (HAND)

Suscetibilidade	Total Setores	Porcentagem
Nula	3	3,0
Baixa	2	2,0
Média	40	40,4
Alta	54	54,5
Total	99	100

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Essa análise mostrou a assertividade do mapa de suscetibilidades 1:10.000, vale destacar que a metodologia de mapeamento e classificação de inundação Brasil (2007) apenas mapeia eventos ocorridos, e suas classes refletem a magnitude dos eventos, quanto a energia cinética e a capacidade de destruição.

Em resumo, considera-se o produto suscetibilidade fiel às condições de desastres analisados (inventário e áreas-alvo de eventos ocorridos). E por isso, a metodologia da análise de suscetibilidade à inundação foi validada, e deve ser considerada como fator importante na aprovação dos projetos de obras nas áreas de expansão urbana.

4.3.1.4 Identificação de ameaças

As ameaças em geral se referem diretamente a eventos deflagradores sobre áreas suscetíveis. Foram abordados nesta análise os desastres hidrológicos relacionados aos alagamentos, onde a área do desastre é a própria região alagada e adjacências próximas, e as enxurradas e inundações, quando o desastre se refere às áreas atingidas pela água em movimento.

O grupo dos desastres hidrológicos apresentou um total de 1.997 ocorrências, divididas nos subgrupos alagamento, enxurrada e inundação. A seguir, analisamos cada subgrupo e suas respectivas sub-bacias para identificar as principais áreas ameaçadas.

O subgrupo de alagamentos soma um total de 1.264 registros, representando 63,3% do total de ocorrências hidrológicas. Destacam-se os seguintes pontos:

- Rio Cachoeira: 413 registros, representando a área mais afetada.
- Ind. da Vertente Leste: 363 registros.
- Rio Cubatão: 199 registros.
- Rio Pirai: 202 registros.
- Outras sub-bacias: Menos impactadas, como Ind. da Vertente Sul (81 registros) e Palmital (6 registros)

O subgrupo das enxurradas soma um total de 152 registros, ou 7,6% do total. As áreas mais destacadas incluem:

- Rio Cachoeira: 73 registros, novamente sendo a área mais afetada.
- Rio Cubatão: 38 registros.

- Ind. da Vertente Leste: 20 registros.
- Rio Pirai: 14 registros.

O subgrupo das inundações tem um total de 581 registros, representando 29,1% das ocorrências. As principais áreas incluem:

- Rio Cachoeira: 344 registros, a área mais afetada também neste subgrupo.
- Rio Pirai: 98 registros.
- Ind. da Vertente Sul: 42 registros.
- Rio Cubatão: 57 registros.
- Ind. da Vertente Leste: 36 registros.

A análise detalhada dos dados de ocorrência de desastres hidrológicos indica que a sub-bacia do Rio Cachoeira é a área mais vulnerável, com 830 ocorrências registradas. Os alagamentos representam a maior parte dos desastres, seguidos pelas inundações e enxurradas. A identificação dessas ameaças é crucial para direcionar os esforços de mitigação e planejamento urbano, a fim de minimizar os impactos futuros desses eventos hidrológicos.

Em outra vertente, é importante avaliar que a ameaça também deve se relacionar às chuvas intensas, e por isso, o avaliador do risco também precisa se orientar pela ameaça de chuvas intensas, que se apresenta em 2 domínios distintos, os da chuva convectiva e os das chuvas orográficas. Entende-se que tudo pode ser entendido como um sistema complexo e conectado, mas entende-se que os rios e corpos de água principais que vem drenando as áreas de captação do domínio orográfico, podem apresentar as propensões de elevação gradativa do nível médio do rio, tornando toda a área urbana mais propensa a ameaças de chuvas convectivas.

4.3.2 ANÁLISE DA COMPLEXIDADE E CONECTIVIDADE

A matriz de complexidade e conectividade apresentada com todos resultados foi apresentada no item 4.1. Neste item serão comentados os resultados relacionados aos grupos hidrológicos. Vale ressaltar que a matriz foi construída a partir do cadastro de ocorrências, destacando os dias em que houve registros múltiplos.

A correlação entre diferentes tipologias de ocorrências e os fenômenos de alagamento, inundação e enxurrada pode ser observada através da matriz de complexidade e conectividade fornecida. As principais correlações são as seguintes:

- Chuvas intensas: Este fenômeno está fortemente correlacionado com alagamentos (26 ocorrências), inundação (33 ocorrências) e enxurradas (14 ocorrências). Isso indica que chuvas intensas são um gatilho significativo para esses eventos hidrológicos adversos;
- Alagamento: Além de ser correlacionado com chuvas intensas, o alagamento também está relacionado com outras tipologias como deslizamentos de solo e/ou rocha (25 ocorrências) e erosão de margem fluvial (43 ocorrências);
- Inundação: Além das correlações com chuvas intensas, inundação também está associada a deslizamentos de solo e/ou rocha (23 ocorrências) e erosão de margem fluvial (7 ocorrências); e

- Enxurrada: Além das chuvas intensas, enxurradas estão correlacionadas com alagamentos (20 ocorrências) e deslizamentos de solo e/ou lama (6 ocorrências).

Esses dados demonstram a interdependência entre os diferentes fenômenos naturais e os riscos hidrológicos enfrentados pelas comunidades. Indicam que chuvas intensas são frequentemente associadas a eventos de alagamento, inundação e enxurrada, refletindo a capacidade desses eventos pluviométricos em desencadear problemas significativos em áreas urbanas e rurais.

4.3.3 ANÁLISE DA NATUREZA E MAGNITUDE DAS CONSEQUÊNCIAS

A descrição das consequências considera fatos que possam ameaçar a condição de segurança das pessoas e comunidades, afetar os serviços essenciais (água, luz, moradia, saneamento básico, telefonia, estradas e ruas, dentre outros) e pessoas que devem ser assistidas e auxiliadas por serem afetadas pelo desastre.

O Item de cenários de magnitude de consequências, relaciona os cenários de ocorrência dos desastres, com as consequências esperadas. No caso dos desastres hidrológicos, embora muitas vezes associados aos desastres de chuvas intensas, estes por si, acabam por ser um dos desastres que mais acarretam óbitos e danos no Brasil. Casos em específico, buscando os cenários 3, como os desastres do Vale do Itajaí em 2008, do Sul da Bahia em 2022 e do Rio Grande do Sul em 2024, são emblemáticos por revelarem o potencial de mortes, danos humanos e danos materiais. Esse tipo de desastre causa devastação não apenas em moradias, mas também ao longo dos transportes de obras lineares, com potencial de sinergia com outros desastres. Além disso, pode acarretar danos ambientais relacionados à qualidade da água superficial devido aos sedimentos lançados nos cursos de água.

Joinville apresentou ao menos 13 eventos de enxurrada registrados, com danos que chegaram a ser superior de 300 milhões de reais, prejuízos superiores a dez milhões de reais e até 3 mortes,

A partir da análise conforme metodologia (do item 3.5) das bases de dados do S2iD, do Atlas de desastres 1991 a 2023, foi realizada uma análise descritiva de dados, e compilados na **Tabela 4.3.3-1** a seguir, que apresenta uma matriz da tipologia de desastre, descrição da natureza das consequências, e um agrupamento em cenários de magnitude de 1 a 3, conforme apresentado no item 3.2.

Tabela 4.3.3-1. Descrição de consequências dos tipos de desastres hidrológicos.

Tipologia	Natureza das consequências - cenário 1	Natureza das consequências - cenário 2	Natureza das consequências - cenário 3
Inundação e alagamento	Danos humanos feridos diretos, afetados e desabrigados, baixo potencial de mortes isoladas; Danos materiais incipientes principalmente em moradias; Prejuízos econômicos públicos ou privados diversos de pequena expressão;	Danos humanos afetados, desabrigados/desalojados e com potencial de óbitos; Danos materiais expressivos* em geral em unidades habitacionais e infraestrutura do município, principalmente vias; Prejuízos econômicos expressivos*; Danos ambientais extensos relacionados à erosão, assoreamento e qualidade da água.	Danos humanos, com óbitos múltiplos, enfermos diretos e indiretos (conexão de riscos biológicos), desabrigados e desalojados; Danos materiais severos** na infraestrutura urbana de saneamento, drenagem, pavimentação, destaque nas edificações habitacionais e instalações públicas. Prejuízos econômicos severos** em todos os segmentos, incluindo o sistema de saneamento e de saúde, e com destaque no comércio; Danos ambientais severos relacionados à erosão e assoreamento,

Tabela 4.3.3-1. Descrição de consequências dos tipos de desastres hidrológicos.

Tipologia	Natureza das consequências - cenário 1	Natureza das consequências - cenário 2	Natureza das consequências - cenário 3
Enxurrada	Danos humanos enfermos em grupos especiais vulneráveis; Prejuízos econômicos de pequena expressão no sistema de saúde, e atividade agrícolas e na infraestrutura rodoviária.	Danos humanos afetados, enfermos e até óbitos; Danos ambientais incipientes erosão e assoreamentos; Prejuízos econômicos de expressão* infraestrutura urbana, de pavimentação, drenagem e saneamento, além das unidades habitacionais.	qualidade da água, e ainda impactos ecossistêmicos marinhos lagunares. Danos humanos afetados, enfermos e óbitos múltiplos; Danos ambientais relacionados à erosão e assoreamento. Danos materiais no saneamento, infraestruturas urbanas e destaque em unidades habitacionais. Prejuízos econômicos severos** devido ao setor de transporte, mas destaque nas atividades de serviços.

* prejuízos expressivos, 74 milhões de reais de prejuízos públicos e 250 milhões de reais de prejuízos privados, que equivalem a 2,77% e 8,33% respectivamente, da receita líquida anual de 2,7Bi de reais (2023).

** prejuízos severos, 74 milhões de reais de prejuízos públicos e 673 milhões de reais de prejuízos privados, que equivalem a 8,33% e 24,93% respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.3.4 ANÁLISE DE DESASTRES E ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS DE PREVISÃO DE DANOS E PREJUÍZOS

Estabelecidos os tipos de danos e prejuízos, cabe analisar um breve histórico de eventos que causaram desastres para estabelecer parâmetros para o mapeamento de potenciais danos e prejuízos no município. No Sistema do BD do Atlas de 1991 a 2023, para Joinville consta apenas 13 eventos de enxurrada, 8 inundações e 3 alagamentos.

Cabe ressaltar que os eventos de 2008, no vizinho Vale do Itajaí, foram registrados como Chuvas Intensas. As 3 descrições de maior vulto (em danos humanos, danos materiais e prejuízos) para todo o Brasil no Atlas de 1991 a 2023 foram:

- Danos humanos, Belo Horizonte em 2011, com mais de R\$ 2.006.222;
- Danos materiais, Rio Branco em 2012, com R\$ 305.176.058,67, em unidades habitacionais e obras de infraestrutura;
- Prejuízos econômicos, Rio do Sul-SC em 2015, R\$ 7.327.278.445,06 com destaque no setor de comércio.

De maneira similar aos eventos de desastres geológicos, os desastres hidrológicos raramente atuam na totalidade do município, como seria um evento climatológico, e por isso as estimativas das consequências necessitam de uma metodologia, para poder espacializar os dados. O Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo, no mapeamento da Região Metropolitana de São Paulo, com os números do Estado de São Paulo estimados pelo Atlas do período 1991 a 2010, aplicou um fator de atingimento 1,448 % para danos materiais e 0,0073% para mortos e feridos, baseado no número de pessoas de uma determinada UHCT. Destacando, que a estimativa foi montada a partir das edificações habitacionais, relacionando o número de desabrigados e afetados. Para enxurradas os dados foram 7,651 E-05 (mortos/afetados) e 1,845% (destruídos e danificados/afetados).

O universo dos dados selecionados foram os maiores desastres de Santa Catarina, 20 maiores de DH, DM e PE, e compilados numa lista apenas. Os dados foram tratados para os processos hidrológicos (alagamento, inundação e enxurrada), e a lista final ficou com 46 eventos, que resultaram em 115 mortos (0,003% dos afetados), 127424 unidades habitacionais atingidas (3,49%), Danos materiais de R\$ 4.723.714.169,20 (R\$ 1.293,14 por afetado) e Prejuízos econômicos em R\$ 17.778.671.617,91 (R\$ 4.866,99 por afetado).

4.3.5 MAPEAMENTO DE DANOS E PREJUÍZOS

A partir da análise do item anterior, o mapeamento de danos humanos, danos materiais, prejuízo econômico e considerando prognósticos futuros, tal como crescimento populacional e mudanças climáticas, e sabendo que o processo de movimentos de massa atinge apenas parte de cada unidade de análise, lança-se o conceito do Dano Potencial para perdas materiais compreende naturalmente o entendimento que processos de desastres naturais atingem os bens materiais de formas diferentes (IPA, 2020). Dessa maneira, esta variável foi calculada atribuindo-se um determinado valor econômico para cada unidade de análise avaliada, separando-as por processos e, por fim, procedendo a uma normalização dos valores encontrados.

O Quadro a seguir apresenta uma estimativa de consequências, expressas em danos a partir de estatísticas de desastres de outras bases (S2ID brasileiro, o Atlas Digital de Desastres), em que se pondera os danos humanos a partir do número de habitantes, e dos danos materiais avaliando o nível de comprometimento de cada unidade de análise.

Quadro 4.3.5-1. Parâmetros de danos humanos por habitantes, danos materiais e prejuízos, em relação ao número de afetados e dos valores de cada UHCT.

Tipologia		Cenários			Observação
		1	2	3	
Processos hidrológicos	Danos Humanos	Apenas mortes em hipóteses acidentais	até 0,003% dos habitantes afetados	até 0,18% dos habitantes afetados	Atlas de desastres SC 1991 a 2023
		0,35% da área	Até 3,49% da área	até 16,38% da área	
	Danos Materiais	R\$ 129,31 por afetado	R\$ 1.293,14 por afetado*	R\$ 22.826,87 por afetado	
	Prejuízos Econômicos	R\$ 486,70 por afetado	R\$ 4.866,99 por afetado*	até R\$ 62.404,52 por afetado	

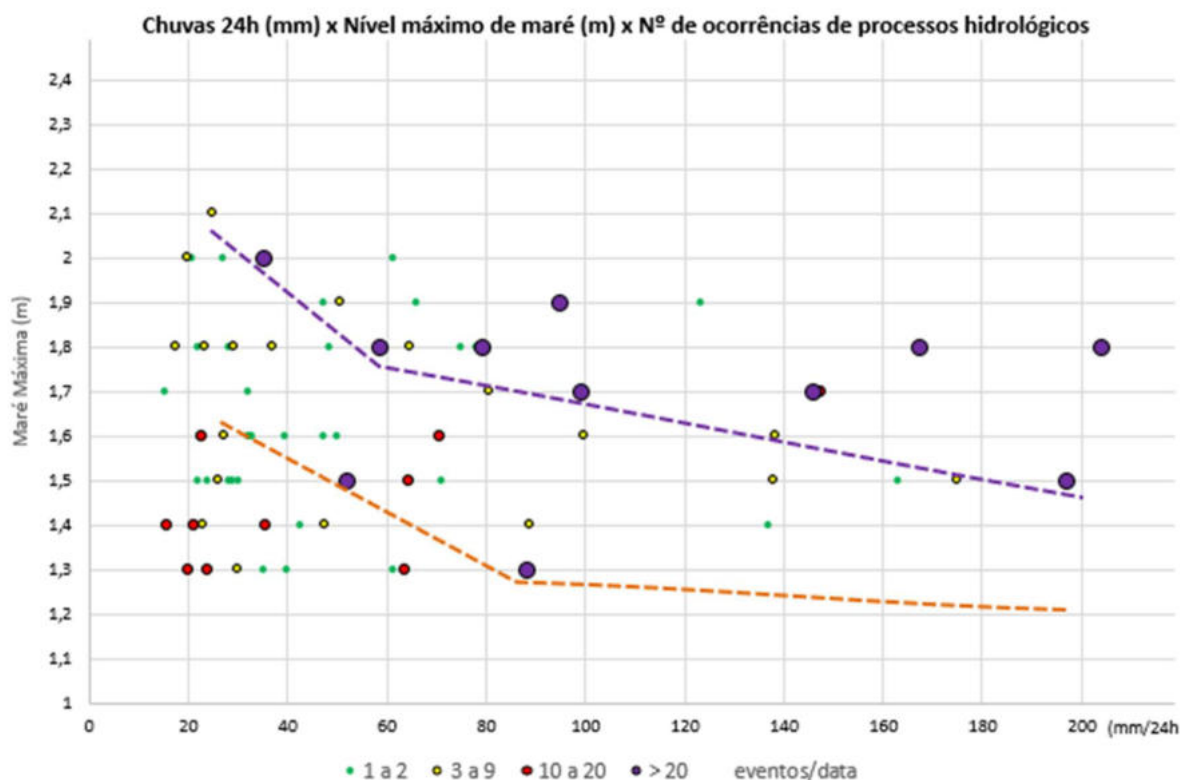
* 10% do cenário 2; ** construído pelos 47 maiores desastres de Santa Catarina; e *** construído pelos 10 maiores registros brasileiros do Atlas Brasil 1991 a 2023.

Fonte: Consórcio.

4.3.6 ANÁLISE DA PROBABILIDADE DE EVENTOS E TEMPORALIDADE E VOLATILIDADE

Com base nos procedimentos expostos no item 3.3.1, apresenta-se abaixo a **Figura 4.3.6-1** com indicação de números prováveis de ocorrências / atendimentos em relação ao volume precipitado em até 24h, com base nos dados de inventário do Produto 03.

Figura 4.3.6-1. Gráfico de correlação de índices pluviométricos registrados em 24h e variação da maré, em relação ao número de registro ocorrências de processos hidrológicos.



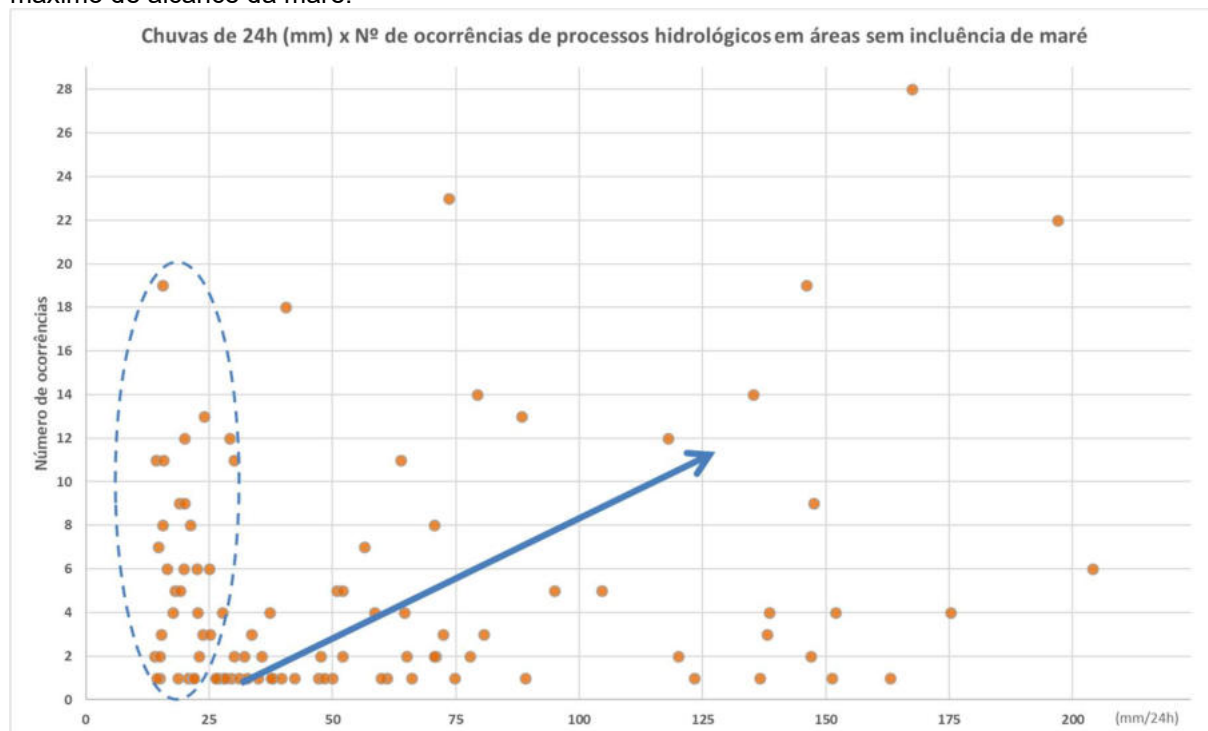
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Como principal observação, constatou-se que as ocorrências de eventos hidrológicos não se relacionam exclusivamente aos valores de chuva precipitada, os eventos ocorrem também em função da variação da maré, ou ainda, podem estar sendo deflagrados e potencializados pela soma do volume de chuva precipitada e da elevação da maré. Assim as principais observações são apresentadas a seguir:

- Existem ocorrências pontuais de eventos hidrológicos associados a elevações da maré, associados a volumes de chuva pouco expressivos (inferiores a 20mm em 24h);
- Existem ocorrências pontuais de eventos hidrológicos deflagrados por chuvas superiores a 20mm em 24h, mesmo com medições de maré máxima pouco expressivas (inferiores a 1,5m);
- Para os episódios mais graves de inundação, com mais de 20 registros de ocorrência por evento, constata-se que estes ocorrem mais frequentemente nas marés superiores a 1,6m;
- Chuvas entre 15 mm e 50 mm em 24h se relacionam com episódios com menos de 20 atendimentos;
- Chuvas superiores a 50 mm em 24h relacionam-se a ocorrências múltiplas, e com marés acima de 1,6m, passa a ser frequente o registro de mais de 20 atendimentos de eventos hidrológicos; e
- Marés acima de 1,8m causa eventos de inundação para quaisquer chuvas acima de 15mm, este cenário é agravado a partir de acumulados de chuva superiores a 60mm em 24h.

Com o objetivo de detalhar deflagração por chuva de eventos hidrológicos, foi desenvolvida um aprofundamento da análise, que contemplou apenas as ocorrências do inventário que apresentam localização fora da área de influência direta da maré. O limite das áreas de influência direta da maré, definido no mapeamento, a partir da comparação da suscetibilidade obtido por modelagem HAND sobre o MDT, sem a maré e com alcance da maré de 2,10m. A seguir, a **figura 4.3.6-2** apresenta o gráfico das chuvas de 24h associadas às datas com ocorrências de processos hidrológicos no inventário (fora da área de maré), indicando também o número de ocorrências registradas em cada data avaliada.

Figura 4.3.6-2. Gráfico de correlação de índices pluviométricos registrados em 24h em relação ao número de ocorrências de processos hidrológicos, para localizadas em cotas superiores ao nível máximo de alcance da maré.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O gráfico apontou uma área com múltiplas ocorrências deflagrados por chuvas de baixo volume, a área destacada no gráfico apresenta 167 ocorrências, distribuídas em 29 datas, onde a chuva acumulada em 24h foi igual ou inferior a 25mm. No mesmo gráfico, observou-se que chuvas com volume superior a 25mm em 24h foram associadas a 337 ocorrências, distribuídas em 68 datas. Este segundo grupo de ocorrências apresenta uma linha de tendencia na qual volumes maiores de chuva tendem a gerar um número maior de ocorrências em uma mesma data.

Este resultado pode ocorrer por uma série de fatores, que de maneira isolada ou combinados entre si, podem gerar essa distribuição gráfica observada, destacam-se alguns a seguir:

- A zona de influência direta da maré pode ter sido subestimada, a partir das limitações e precisão do MDT utilizado para a análise;
- A maré exerce influência indireta sobre extensa área de planície do município, uma vez que pode formar uma barreira natural ao escoamento superficial das águas de chuva nas áreas além da sua zona de influência direta. E ainda, pode elevar o nível de base da água subterrânea nestas áreas, diminuindo a zona vadosa, e assim diminuindo o reservatório de infiltração e facilitando a formação de inundações e alagamentos no município;

- A frequência de chuvas de até 25mm em 24h é muito maior do que de chuvas com volumes superiores, gerando assim uma amostra muito maior de datas com esses valores menores de chuva, e consequentemente ocasionando um maior número total de registros nestas datas, que associado à Limitação do dado de chuva coletado, pode, em alguns casos, potencialmente subestimar a chuva que efetivamente deflagrou uma ocorrência de processo hidrológico, por não haver pluviômetro (em operação) suficientemente próximo aos pontos de ocorrência;
- Limitação dos dados coletados que formaram o inventário, uma vez que é possível que ocorrências podem ter sido registradas com datas incorretas, ou ainda, atendimentos à população podem ter sido realizados em dias posteriores aos dias de chuva, gerando novos registros;
- As ocorrências do inventário utilizadas na análise contemplam pontos verdes e amarelos, ou seja, pontos definidos com nome de logradouro com ou sem nº de imóvel de referência. Podendo haver distorções da localização precisa da ocorrência quando ela não apresenta numeração de imóvel, especialmente em vias de maior comprimento.

A partir do cenário supracitado, a análise da probabilidade de eventos e consequências, incluindo os extremos, maximizados pelos efeitos das mudanças climáticas está apresentado a seguir no **Quadro 4.3.6-1**.

Quadro 4.3.6-1. Análise de probabilidade de eventos hidrológicos.

Tipologia	Cenários			Observação
	1	2	3	
Hidrológico	TR < 10 anos maior que 10% ao ano	10 < TR < 25 anos de 10 a 4% ao ano	TR > 25 anos Menores que 4% ao ano	Baseado na deflagração de eventos pelas chuvas de 20 anos (CPRM, 2014).

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O cenário 3 das chuvas intensas de fevereiro de 2024, foram observadas na série histórica de 24 anos (portanto avaliando apenas altura da chuva diária). Como histórico anterior, apenas 8 ocorrências (2022, 2019, 2011, 2008, 2003 e 2001). Como cenário 2, foram contabilizadas 27 ocorrências (não foram observados nos anos de 2023, 2015, 2013, 2004 a 2007, 2002). E no cenário 1 ocorreu 70 chuvas, nos últimos 24 anos.

4.4 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS RISCOS CLIMATOLÓGICOS E METEOROLÓGICOS

4.4.1 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E NÍVEIS DE CONFIANÇA

A análise da sensibilidade e níveis de confiança foi realizada a partir da análise das variáveis que compuseram a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco. Os subitens a seguir discorrem sobre as condições que foram estabelecidos os mapas, e como podem refletir a sensibilidade e nível de confiança.

Os desastres do tipo meteorológico e climatológico abordados foram as chuvas intensas (com avaliação de granizo e tempestades de raio), as ondas de calor e frio e vendavais. O subitem abaixo apresenta as variáveis analisadas e a aderência da cartografia com as ocorrências registradas desses tipos de desastres a partir do cadastro. Em seguida, são identificadas as

ameaças, apresentadas as hipóteses acidentais e por fim, quando aplicável, apresentado áreas de riscos.

4.4.1.1 Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises

O Quadro a seguir apresenta as variáveis analisadas e utilizadas para composição da suscetibilidade aos desastres, para os temas listados.

Quadro 4.4.1.1-1. Variáveis componentes da análise de suscetibilidade

Tipologia	Variáveis – Processos climatológicos e meteorológicos
Chuvas intensas	i) Altura de chuva anual (mm), das classes de isoietas para as zonas de domínio de chuvas orográficas. ii) Contagem de dias de chuvas de TR acima de 2 anos, no período e espacializados pelas estações analisadas, para as zonas de domínio de chuvas convectivas.
Ondas de calor	Temperatura do solo a partir do LANDSAT 8 Banda 10 das cenas dos dias de verão com calor intenso (cenários 2 e 3)
Ondas de frio	Espacialização em isolinhas da variação de temperatura no município em dias frios (seleção dos 10 dias mais frios), definição de classe alta a partir da cota altimétrica 100m.
Vendaval	Espacialização do domínio convectivo das chuvas intensas a partir dos dados de velocidade máxima de vento em cada estação meteorológica.
Estiagem	Avaliação de dias consecutivos sem chuva (índice de dias secos-IDS) em comparação a média histórica das estações pluviométricas analisadas.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.4.1.2 Cenários de magnitude dos desastres e consequências

As descrições dos cenários e impactos, e como ocorre a classificação dos desastres, se referem a variáveis e grandezas que demonstram os impactos, e não necessariamente como se espacializa a suscetibilidade ao tipo de desastre. Como exemplo, tem-se a descrição das ondas de calor a seguir, na qual a espacialização da suscetibilidade foi descrita a partir da relação do relevo com a sensação térmica acima da média em dias de calor, enquanto o cenário de magnitude do desastre foi elaborado baseado no índice de calor, que relaciona a temperatura máxima com a umidade relativa do ar, em faixas potencialmente impactantes à saúde.

Para os cenários de magnitude relacionados a ondas de calor, com literatura citando como *Heatwave*, o critério adotado aqui para a deflagração, e com potencial de uso nas etapas subsequentes do estudo, foi o Índice de Calor - IC, estabelecido pelo *National Weather Service* - NWS (Serviço nacional de meteorologia dos Estados Unidos da América), que propõe um sistema de classificação do calor, relacionando a temperatura com a umidade relativa do ar (sendo que quanto maior, maiores os problemas para saúde humana, quando associados ao calor), o sistema classifica a combinação dos fatores em números que indicam precaução (IC>80), precaução extrema (IC>91), Perigo (IC>103) e Perigo extremo (IC>126), a metodologia completa de correlação pode ser acessado em <https://www.weather.gov/ama/heatindex>. Para Joinville, os índices de calor utilizados foram aferidos pelos dados da série histórica de 11 anos (2013 a 2023) das estações meteorológicas Águas-CIA, Ceasa, Cubatão, Estrada Sul, FlotFlux, latclub e Itaum.

Quadro 4.4.1.2-1. Cenários de magnitude para risco climatológico e meteorológico: ondas de calor

Cenário	Risco climatológico e meteorológico – Ondas de calor
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: Baixa atuação de massas de ar quente, com 3 dias de IC acima 103 - Perigo -, correspondendo a somatória de 3 dias acima de 309 (referência de para URA de 90% temperaturas acima de 30°C). Nível de calor tolerado por muitos, e apenas grupos de risco devem sofrer consequências. Algum risco para a população em geral que está exposta ao sol por períodos mais longos. Para aqueles sem ar-condicionado, os espaços de convivência podem tornar-se desconfortáveis durante a tarde e à noite, mas os ventiladores e deixar as janelas abertas à noite ajudam. Indivíduos saudáveis expostos ao calor de longa duração, sem resfriamento ou hidratação eficazes, como ao sol em um local ao ar livre. Alguns sistemas de saúde verão uma demanda maior, com aumento nas visitas de emergência.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: Temperaturas de índices acima de 3 dias acima de perigo (IC > 125 ou somatória de 366,2), com referência de temperaturas acima de 32° para e URA de 90%). Alto perigo para todos os indivíduos expostos ao sol e ativos ou pertencentes a um grupo sensível ao calor. Perigoso para qualquer pessoa sem hidratação adequada ou resfriamento adequado. Para aqueles sem ar-condicionado, os espaços de convivência podem se tornar mortais durante a tarde e à noite. Ventiladores e janelas abertas não são tão eficazes. É possível má qualidade do ar associado. Podem ocorrer interrupções de energia à medida que as demandas elétricas aumentam. Os sistemas de saúde provavelmente sofrerão um aumento na demanda, refletindo com aumentos significativos aumentos nas visitas de emergência, por isso, especificamente é considerado um desastre com consequências à saúde humana. Desastres de nível II pela portaria nº220 do Ministério da Integração Nacional.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: Tempo de atuação mais de 6 dias com índices acima de perigo (IC>125, somatória de 750), a partir de 32°C e URA de 90%, admitindo temperaturas maiores quando a umidade relativa do ar desce. Risco extremo para toda a população, muito perigoso para qualquer pessoa sem hidratação adequada ou resfriamento adequado. Em geral, se associa com uma má qualidade do ar, devido a umidade relativa do ar e particulados de queimadas e poeira. As interrupções de energia são cada vez mais prováveis, pois as demandas elétricas podem atingir níveis críticos, devido aos efeitos do calor na condução elétrica, e na demanda excessiva do sistema. Toda a população exposta ao calor está em risco, principalmente para pessoas sem refrigeração eficaz, especialmente grupos sensíveis ao calor, este nível de calor pode ser mortal. É altamente provável que os sistemas de saúde registrem um aumento da procura, com aumentos significativos nas visitas de urgências. Como cenário desse tipo de desastre, pode ser descrito o onda de calor da Índia de 2015, quando picos de calor de 45 a 50°C, causaram mais de 2.500 mortes (WHO 2024 <https://www.who.int/health-topics/heatwaves#tab=tab_2>), e ainda da Argentina de 2013, onde temperaturas superiores a 40° em dezembro e janeiro, causaram mais de 1000 mortes. Desastres de nível III

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

No que diz respeito às ondas de frio, a literatura internacional se refere às *cold waves* como um fenômeno preocupante em duas frentes. Primeiro, há a questão das quedas bruscas de temperatura, superiores a 5 graus abaixo da média histórica em um único dia. Além disso, considera-se a média histórica das temperaturas mínimas e o período durante o qual essas condições persistem. Um índice de referência para esse fenômeno é o *Cold Wave Duration Index* (CWDI), que é definido como a soma do número de dias consecutivos com temperaturas abaixo de um determinado limiar de frio. Esse limiar, geralmente expresso em graus Celsius, é específico para cada localidade e leva em conta as características climáticas da região.

Para descrever os cenários de ondas de frio, foram observados os procedimentos estabelecidos pela metodologia e consultada a série histórica de 11 anos (2013 a 2023) das estações meteorológicas Águas-CIA, Ceasa, Cubatão, Estrada Sul, FlotFlux, latclub e Itaum.

Quadro 4.4.1.2-2. Cenários de magnitude para risco climatológico e meteorológico: Ondas de frio

Cenário	Risco climatológico e meteorológico – Ondas de frio
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: Situações de queda de temperatura mínima de 1 dia, com variações maiores que 5°C abaixo da média histórica e que culminem em temperaturas abaixo de 10°C. Exposições de frio podem causar problemas de saúde na população, como hipotermia, doenças respiratórias e agravar condições cardíacas, mas de ocorrência em populações mais vulneráveis, socialmente ou com histórico de doenças. Requer preparo comum das temporadas de inverno do sistema de saúde. Podem prejudicar incipientemente as plantações e a criação de animais, causando pequenas perdas econômicas para os produtores rurais, mas sem necessidade de intervenção expressiva do poder público nessas consequências. Podem prejudicar algumas atividades de trabalhadores expostos. Entende-se que eventualmente pode relacionar-se com chuvas, vendavais, geadas e ressacas.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: Situações de queda de temperatura mínima de 1 dia, com variações maiores que 5°C em relação ao dia anterior, com temperaturas mínimas abaixo de 5°C. Exposições de frio que causam problemas de saúde na população, como hipotermia, doenças respiratórias e podem agravar condições cardíacas, mas de ocorrência ampla no município, cuidados emergenciais com populações vulneráveis são necessários. O sistema de saúde sofrerá pressões de demanda, bem como o sistema de assistência social. Prejudicam as plantações e a criação de animais, causando perdas econômicas para os produtores rurais, com necessidade de intervenção do poder público nessas consequências. Podem paralisar algumas atividades de trabalhadores expostos, pode eventualmente ocorrer congelamentos em dutos, com consequências para a população. Deve relacionar-se a chuvas, vendavais, geadas e ressacas. Desastres de nível II
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: Situações de queda de temperatura mínima de 1 dia, com variações maiores que 5°C em relação ao dia anterior, culminando em temperaturas mínimas abaixo de 1°C. Exposições de frio que causam problemas graves de saúde na população, como hipotermia, doenças respiratórias e podem agravar condições cardíacas, mas de ocorrência ampla no município, espera-se que ocorram óbitos. O sistema de saúde deverá ter aporte adicional de ajuda para vencer as demandas, bem como o sistema de assistência social. Prejudicam as plantações e a criação de animais, causando perdas econômicas para os produtores rurais, com necessidade de intervenção do poder público nessas consequências. Deve ocorrer paralisação de atividades não emergenciais de atividades de trabalhadores expostos, pode ser necessário que serviços não-essenciais possam ser paralisados para evitar deslocamentos e exposição. Ocorrerá congelamentos em dutos, com consequências para a população. Deve relacionar-se a chuvas, vendavais, geadas e ressacas. Possivelmente ocasionará problemas relacionados a incêndios e intoxicações por fumaça em ambientes domésticos. Podem ser citadas as ondas de frio de julho de 2013, quando nevou nas serras de Florianópolis e em mais 88 municípios de Santa Catarina Potencial de Desastres de nível III

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para as chuvas intensas, foram consultados estudos que descrevem seus efeitos adversos diretos, incluindo a ocorrência de raios (tempestades elétricas) e granizo. A análise dos efeitos da altura das chuvas e dos vendavais no meio físico é abordada em itens separados. Para associar as chuvas intensas, utiliza-se o tempo de recorrência das chuvas (TR), similar ao método empregado para desastres hidrológicos, com base nos dados da publicação sobre chuvas intensas de Joinville (CPRM, 2014). Foi consultada a série histórica de 11 anos (2013 a 2023) das estações pluviométricas em Joinville-RVPSC (2648014), Ponte SC-301 (2648028), Pirabeiraba (2648033), Estrada dos Morros (2648034) e Primeiro Salto do Cubatão (2649060), disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA). Além disso, foram analisados os dados das estações meteorológicas Águas-CIA, Ceasa, Cubatão, Divobras, Estrada Sul, FlotFlux, Guanabara, latclub, Itaum e J. Paraíso, no mesmo período de 11 anos.

Quadro 4.4.1.2-3. Cenários de magnitude para risco climatológico e meteorológico: chuvas intensas, tempestade de raio e granizo

Cenário	Risco climatológico e meteorológico - Chuvas intensas, tempestade de raio e granizo
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: Chuvas locais intensas, com ocorrências esparsas de raios e estragos locais e incipientes por granizo. As chuvas intensas podem deflagrar desastres hidrológicos rápidos (enxurradas e alagamentos), e podem se associar com efeitos de vendavais. A população pode precisar de abrigos e cuidados esparsos. São associadas a chuvas de TR maior que 2 anos e TR menor que 10 anos.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: Chuvas locais intensas, com ampla ocorrência de raios e tempestade de raio, e/ou chuvas de granizo em área ampla, com potencial de estrago em telhados, automóveis, rede elétrica e pessoas. Prejudicam as plantações e a criação de animais, causando perdas econômicas para os produtores rurais, com eventual necessidade de intervenção do poder público nessas consequências. Devem ocorrer acompanhados de vendavais, enxurradas e alagamentos, que podem dificultar eventuais socorro, ajuda e serviços de restabelecimento de infraestrutura. São associados a chuvas de tempo de retorno de 10 a 25 anos. Desastres de nível II
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: Chuvas generalizadas intensas, com ampla ocorrência de raios e tempestade de raio, e/ou chuvas de granizo em área ampla, com potencial de estrago em telhados, automóveis, rede elétrica e pessoas. Devem acarretar destruição de telhados de moradias em amplas áreas. Prejudicam as plantações e a criação de animais, causando perdas econômicas para os produtores rurais, com necessidade de intervenção do poder público nessas consequências. Devem ocorrer acompanhados de vendavais, enxurradas e alagamentos, que podem dificultar eventuais socorro, ajuda e serviços de restabelecimento de infraestrutura. Associados a chuvas de TR acima de 25 anos. Desastres de nível III

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As referências para a avaliação dos desastres relacionados a vendavais seguem a metodologia estabelecida para a avaliação de impactos e diretrizes de redução de riscos associados à força dos ventos, conforme descrito nas *Engineering Guidelines for Incorporating Climate Change into the Determination of Wind Forces on Buildings and Other Structures*. Para a descrição dos ventos não associados à chuva, foi utilizada a escala Beaufort. Para os tornados, aplicou-se a escala Fujita melhorada, enquanto para ciclones acompanhados de chuvas de tempestade, também foram usadas referências da escala Fujita. Foram consultados dados da série histórica de 11 anos (2013 a 2023) das estações meteorológicas Águas-CIA, Ceasa, Cubatão, Estrada Sul, FlotFlux, latclub e Itaum.

Quadro 4.4.1.2-4. Cenários de magnitude para risco climatológico e meteorológico: vendaval

Cenário	Risco climatológico e meteorológico - Vendaval
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: Vendavais, podendo ser do tipo tempestade (<i>windstorm</i>), ou Ventania fortes (<i>squall</i>), com velocidades de 60 a 74 km/h. Nesse cenário, espera-se danos pontuais em telhados, placas e problemas relacionados à queda de árvores previamente comprometidas (mortas, doentes ou danificadas). Podem causar prejuízos econômicos esparsos, e eventuais ferimentos e até óbitos, em situações atípicas.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: Vendavais simples (gale, ventos de 74 a 92 km/h), Vendavais com chuvas em categoria Ciclone extra, ou tornados F0 velocidades até 110 km/h. De maneira múltipla ocorrem telhados arrancados, árvores derrubadas, postes de luz quebrados, quedas de energia e interrupções de serviços de linhas de energia, redes de comunicação e outras estruturas. Danos a atividades econômicas, principalmente agrícolas. Na saúde, espera-se múltiplos casos de ferimentos e óbitos. É certa a necessidade de abrigos temporários, realocação de comunidades e necessidade de assistência social. Desastre de nível II.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: Ocorrem eventos de nível F1, Ciclones ou tornados. Em Santa Catarina, a referência o Ciclone Catarina (Furacão Catarina). Os estragos são generalizados, causando estragos a moradias, do telhado até partes estruturais, árvores arrancadas pela raiz e arremessadas contra a infraestrutura. Serviços essenciais interrompidos, como energia, água e outros. As atividades econômicas são paralisadas, com a produção agrícola severamente afetada. Na saúde, mortes e ferimentos generalizados. O estabelecimento de rede de abrigos e assistência humanitária se faz necessário. Desastre de Nível III.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para a avaliação de estiagem, incêndios florestais e baixa umidade relativa do ar, foi utilizada a metodologia baseada no índice de dias secos (IDS), que considera estiagem apenas quando são registrados mais de 30 dias consecutivos sem chuva. Essa análise envolveu a comparação dos anos e meses com esses registros em relação à média histórica anual e mensal. Foram consultados dados da série histórica de 24 anos (2000 a 2023) das estações pluviométricas Joinville-RVPSC (2648014), Ponte SC-301 (2648028), Pirabeiraba (2648033), Estrada dos Morros (2648034) e Primeiro Salto do Cubatão (2649060), disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Quadro 4.4.1.2-5. Cenários de magnitude para risco climatológico e meteorológico: estiagem, baixa umidade relativa do ar e incêndios florestais

Cenário	Risco climatológico e meteorológico - Estiagem
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: Início de estiagem, meses com mais de 30 dias sem chuva e com média do mês anterior e dos últimos 12 meses abaixo da média histórica. Este cenário acarreta em ondas de baixa umidade relativa do ar e índices prejudiciais à saúde, causando propensão a focos isolados de incêndio. Medidas educativas e de controle de abastecimento devem ser implantadas.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: Mais de 60 dias sem chuva. Desastre de nível II. Neste cenário entende-se que ocorre sobrecarga do sistema de saúde em decorrência de doenças respiratórias pela qualidade do ar. A propensão a incêndios é alta, com dezenas de focos ao dia. Prejuízos econômicos são esperados na agricultura e, devido ao racionamento necessário, são esperados impactos nas atividades econômicas.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: Mais de 90 dias sem chuva. Desastre de Nível III. Espera-se incêndios florestais colocando em risco as atividades agrossilvopastoris, em destaque a silvicultura. O abastecimento público deve necessitar de racionamento, e com isso prejuízos econômicos são amplamente difundidos. O sistema de saúde deve apresentar fortes impactos, devido aos feridos e enfermos. Situações de estiagens prolongadas acompanhadas de altas amplitudes de marés, podem resultar na entrada de cunha salina nos principais rios do município, impactando ainda mais o uso consuntivo e não consuntivo, colocando infraestruturas de saneamento em riscos.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.4.1.3 Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário

Os mapas apresentados de suscetibilidade e de risco foram analisados espacialmente com uso das ocorrências do cadastro do inventário apresentado. A abrangência da suscetibilidade é realizada para todo o município, mas quando analisado o risco, a abrangência é reduzida para as áreas de exposição, analisadas pela vulnerabilidade. Assim, as análises de aderência dos mapas para as ocorrências do inventário foram apresentadas para as classes de suscetibilidade e das classes de risco. As **Tabelas 4.4.1.3-1** e **4.4.1.3-2** apresentam a distribuição das ocorrências nas classes para a discussão da sensibilidade e das variáveis.

Tabela 4.4.1.3-1. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a chuvas intensas (avaliando granizo e tempestade de raio).

Suscetibilidade a Tempestades - chuvas intensas					Risco a Tempestades - chuvas intensas				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%				n	%		
Alto	369	64,7	139,69	2,64	Alto	93	16,3	37,53	2,48
Médio	196	34,4	73,56	2,66	Médio	93	16,3	48,31	1,92
Baixo	5	0,9	1,74	2,87	Baixo	21	3,7	6,47	3,24
Não Calc.	0	0,0	0,00	0,00	Não Calc.	363	63,7	122,68	2,96
Soma	570		215,00		Soma	570		215,00	

Suscetibilidade a chuvas intensas - granizo					Risco a chuvas intensas – granizo				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%				n	%		
Alto	67	49,6	139,69	0,48	Alto	43	31,9	37,53	1,15
Médio	68	50,4	73,56	0,92	Médio	63	46,7	48,31	1,30
Baixo	0	0,0	1,74	0,00	Baixo	2	1,5	6,47	0,31
Não Calc.	0	0,0	0,00	0,00	Não Calc.	27	20,0	122,68	0,22
Soma	135		215,00		Soma	135		215,00	

Suscetibilidade a chuvas intensas - Tempestade de raio					Risco a chuvas intensas - Tempestade de raio				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%				n	%		
Alto	15	57,7	139,69	0,11	Alto	5	19,2	37,53	0,13
Médio	11	42,3	73,56	0,15	Médio	7	26,9	48,31	0,14
Baixo	0	0,0	1,74	0,00	Baixo	1	3,8	6,47	0,15
Não Calc.	0	0,0	0,00	0,00	Não Calc.	13	50,0	122,68	0,11
Soma	26		215,00		Soma	26		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.4.1.3-2. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a ondas de calor.

Suscetibilidade a ondas de calor					Risco a ondas de calor				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km²	n/km²		n	%	km²	n/km²
Alto	5	41,7	43,40	0,12	Alto	2	16,7	74,72	0,03
Médio	7	58,3	99,53	0,07	Médio	3	25,0	15,12	0,20
Baixo	0	0,0	41,37	0,00	Baixo	0	0,0	2,33	0,00
Não Calc.	0	0,0	30,69	0,00	Não Calc.	7	58,3	122,83	0,06
Soma	12		215,00		Soma	12		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.4.1.3-3. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a ondas de frio.

Suscetibilidade a ondas de frio					Risco a ondas de frio				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km²	n/km²		n	%	km²	n/km²
Alto	2	9,1	28,51	0,07	Alto	1	4,5	8,53	0,12
Médio	2	9,1	33,99	0,06	Médio	1	4,5	63,46	0,02
Baixo	18	81,8	152,50	0,12	Baixo	6	27,3	20,55	0,29
Não Calc.	0	0,0	0,00	0,00	Não Calc.	14	63,6	122,46	0,11
Soma	22		215,00		Soma	22		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.4.1.3-4. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a vendavais.

Suscetibilidade a vendaval					Risco a vendaval				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	99	64,3	100,62	0,98	Alto	28	18,2	39,36	0,71
Médio	54	35,1	114,38	0,47	Médio	32	20,8	28,87	1,11
Baixo	1	0,6	0,00	0,00	Baixo	3	1,9	24,09	0,12
Não Calc.	0	0,0	0,00	0,00	Não Calc.	91	59,1	122,68	0,74
Soma	154		215,00		Soma	154		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A análise de aderência mostrou-se adequada para os desastres relacionados a chuvas intensas, incluindo chuvas, granizo e tempestades de raios, para suscetibilidade ao evento. No entanto, as chuvas intensas foram espacializadas com base nas isoietas e nas estações meteorológicas, e as diferenças nas precipitações anuais podem levar a classes de unidades com maior pluviosidade anual na região de serra, refletindo as chuvas orográficas de maior volume anual. Além disso, esta região possui uma baixa ocupação de pessoas, mostrando que a relação da vulnerabilidade está de certo modo atenuando a classe de risco, pois a maior parte das ocorrências estão na classe não calculada.

Dessa forma, é crucial avaliar a base de dados das ocorrências, que são registradas pelo sistema de defesa e proteção civil ou pela imprensa, uma vez que áreas mais densamente povoadas e com ocupações mais vulneráveis tendem a reportar mais os impactos. A sensibilidade e a precisão da análise de suscetibilidade e riscos podem ser influenciadas pela quantidade e localização dos registros, concentrando-se mais nas áreas urbanizadas e sendo menos frequentes nas áreas menos urbanizadas na serra.

As chuvas de tempestades intensas ocorrem predominantemente na parte sudeste do município, entre as morrarias isoladas e a baía da Babitonga, que representa a entrada de frentes a partir do oceano, favorecendo a ocorrência de raios e granizo. Dessa forma, a aderência ao risco na área do perímetro urbano mostrou-se adequada, pois a maior parte das ocorrências estão nas classes de risco médio e alto.

Para as ondas de calor e ondas de frio, problemas semelhantes foram encontrados devido ao número reduzido de registros de eventos, alguns dos quais abrangem a cidade inteira. Esses fenômenos afetam áreas regionais e todo o município de maneira semelhante. Assim, a suscetibilidade varia de acordo com a relação com o vento, a insolação solar e a morfologia das vertentes do município. As direções das vertentes são relevantes apenas quando há uma inclinação significativa; em inclinações muito baixas, os ventos e a insolação solar se distribuem de forma mais uniforme.

Ainda é importante notar que existem lacunas nas bases de dados da série histórica de 11 anos das estações meteorológicas Águas-CIA, Ceasa, Cubatão, Estrada Sul, FlotFlux, latclub e Itaum, o que pode ter afetado a elaboração das suscetibilidades e consequentemente do risco, já que para ondas de frio a maior parte das ocorrências está na classe baixa.

Para a avaliação da aderência desses desastres, os cenários de magnitude foram selecionados na série histórica e a frequência das ocorrências foi analisada, conforme descrito no item

sobre a natureza e magnitude dos desastres. Para cada cenário de magnitude 2, seria apropriado verificar dados do sistema de saúde para aferir taxas de enfermidades respiratórias, crises vasculares e hipotermia.

Por fim, para os vendavais, a análise indicou que a classe alta de suscetibilidade e a classe média de risco concentram a maior parte das ocorrências, possivelmente devido à grande extensão das áreas planas, que coincidem com áreas urbanizadas onde ocorrem mais registros.

Para estiagem, incêndios florestais e baixa umidade do ar, não foi realizado teste de aderência, pois não há ocorrências registradas no inventário.

4.4.1.4 Identificação de ameaças

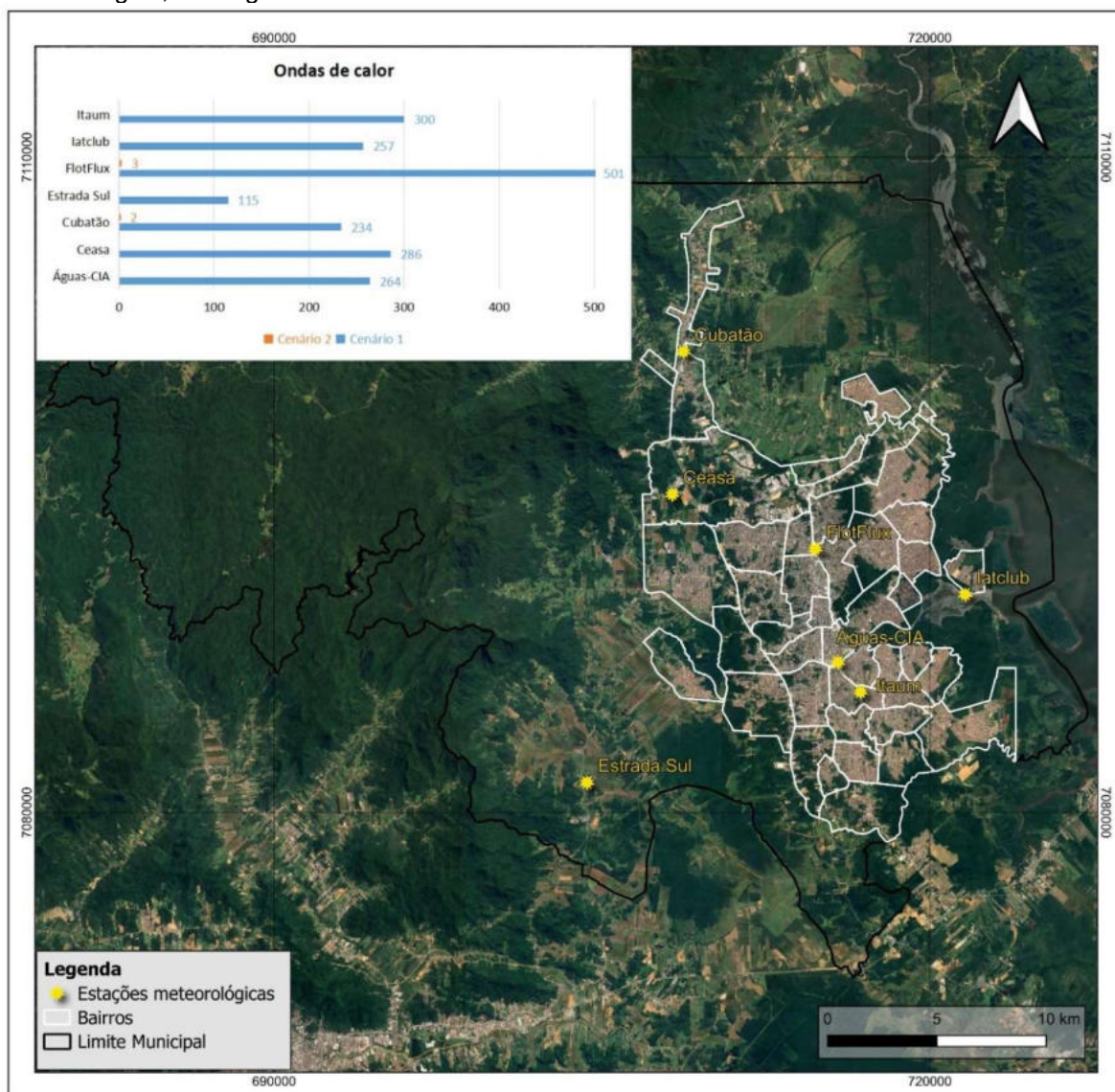
As ameaças se constituem em situações meteorológicas/climatológicas que ocorrem regionalmente. Os desastres por si envolvem, além das situações de ameaça, também a relação com a exposição dos elementos. A partir disso, os mapas de suscetibilidade apresentaram-se como uma forma de espacialização e zoneamento, bem como mostraram a relação com o relevo, o quanto ele é favorável ou desfavorável à atuação das ameaças.

Dessa maneira, para uma melhor descrição das ameaças meteorológicas e climatológicas, entende-se que o ideal foi contabilizar as situações de desastres, por cenários de magnitude, e avaliar como as ocorrências desses cenários influenciaram os impactos. Em linhas gerais avaliou-se que ocorreram:

- Ondas de calor
 - Cenários de magnitude baixa: 20 dias nas 7 estações analisadas, 48 dias em 6 estações, 73 dias em 5 estações, 106 dias em 4 estações, 120 dias em 3 estações, 123 dias em duas estações e 134 dias em uma estação, totalizando 624 dias de cenário de magnitude baixa em 11 anos;
 - Cenários de magnitude média: 2 dias em duas estações e 1 dia em uma estação, totalizando 3 dias de cenário de magnitude média em 11 anos;
 - Cenários de magnitude alta: nenhum evento no período de 11 anos.
- Ondas de frio
 - Cenários de magnitude baixa: 6 dias nas 7 estações analisadas, 8 dias em 6 estações, 13 dias em 5 estações, 21 dias em 4 estações, 28 dias em 3 estações, 41 dias em duas estações e 69 dias em uma estação, totalizando 186 dias de cenário de magnitude baixa em 11 anos;
 - Cenários de magnitude média: 1 dia em 6 estações, 1 dia em 5 estações, 2 dias em 4 estações, 4 dias em 3 estações, 8 dias em duas estações e 24 dias em uma estação, totalizando 40 dias de cenário de magnitude média em 11 anos;
 - Cenários de magnitude alta: 1 dia em duas estações e 4 dias em uma estação, totalizando 5 dias de cenário de magnitude alta em 11 anos.
- Vendavais
 - Cenários de magnitude baixa: 1 dia em 4 estações, 1 dia em 3 estações, 2 dias em duas estações e 38 dias em uma estação, totalizando 42 dias de cenário de magnitude baixa em 11 anos;
 - Cenários de magnitude média: 2 dias em duas estações e 9 dias em uma estação, totalizando 11 dias de cenário de magnitude média em 11 anos;

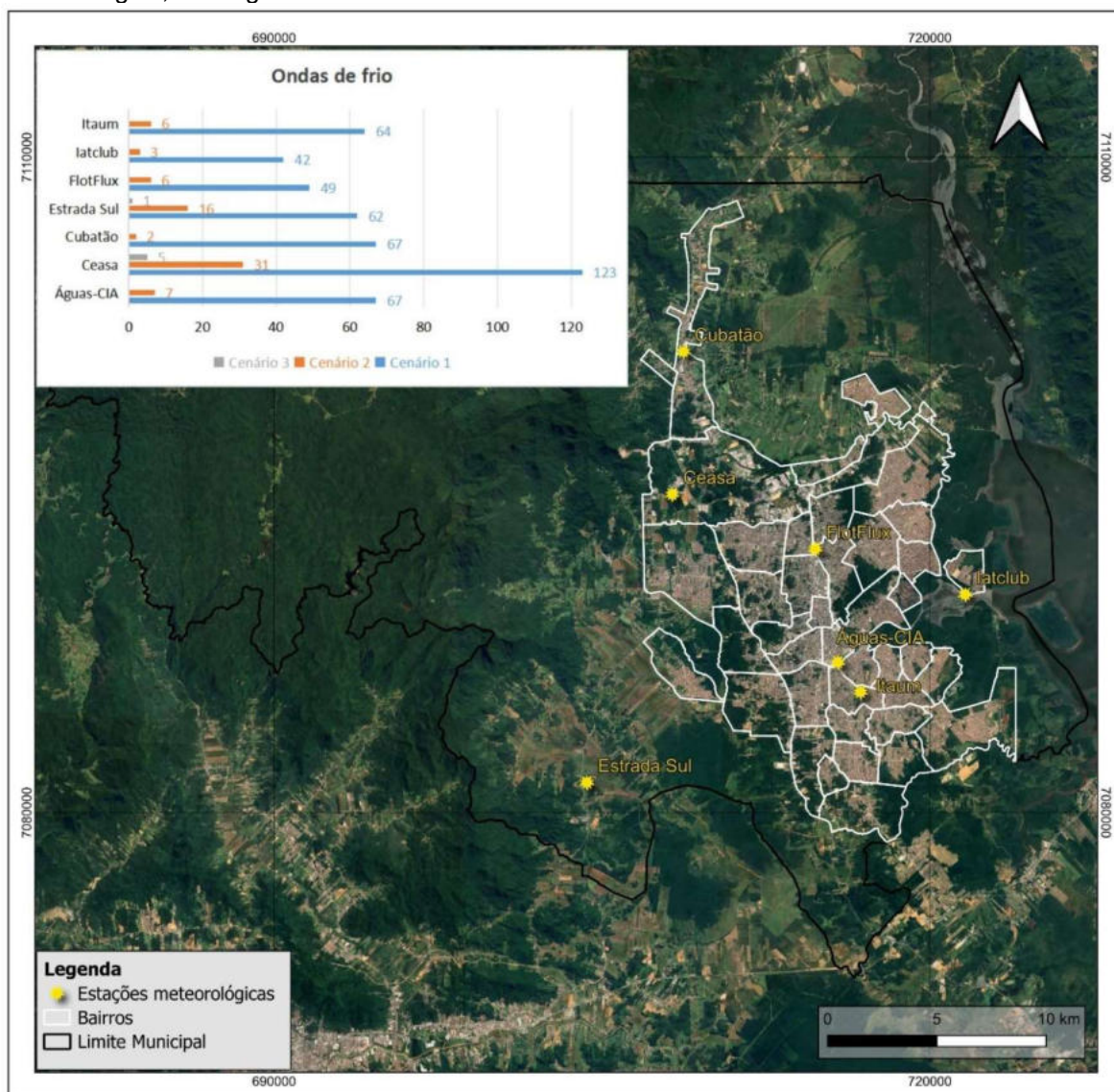
- Cenário de magnitude alta: nenhum evento no período de 11 anos.
- Chuvas intensas
 - Cenários de magnitude baixa: 1 dia em 6 estações, 4 dias em 3 estações, 11 dias em duas estações e 30 dias em uma estação, totalizando 46 dias de cenário de magnitude baixa em 11 anos;
 - Cenários de magnitude média: 1 dia em 3 estações, 2 dias em duas estações e 11 dias em uma estação, totalizando 14 dias de cenário de magnitude média em 11 anos;
 - Cenários de magnitude alta: 1 dia em duas estações e 2 dias em uma estação, totalizando 3 dias de cenário de magnitude alta em 11 anos.
- Estiagem, incêndios florestais e baixa umidade do ar
 - Cenários de magnitude baixa: 4 eventos de cenário de magnitude baixa em 24 anos: em 2006, 2007, 2017 e 2019.
 - Cenários de magnitude média: nenhum evento no período de 24 anos;
 - Cenários de magnitude alta: nenhum evento no período de 24 anos.

Figura 4.4.1.4-1. Distribuição de eventos de cenários 1 e 2 de ondas de calor, por estação meteorológica, ao longo da série de dados.



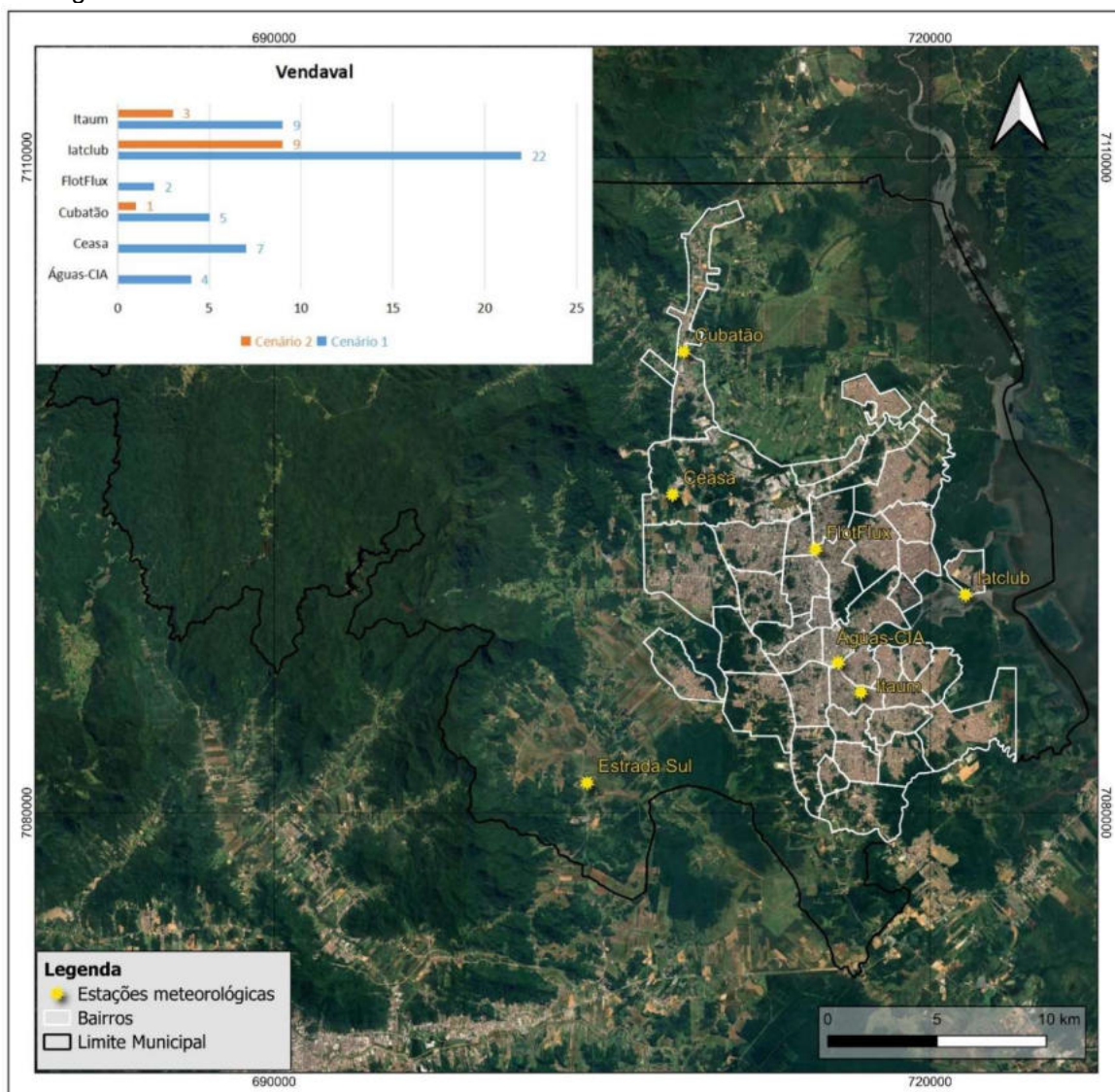
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.1.4-2. Distribuição de eventos de cenários 1, 2 e 3 de ondas de frio, por estação meteorológica, ao longo da série de dados.



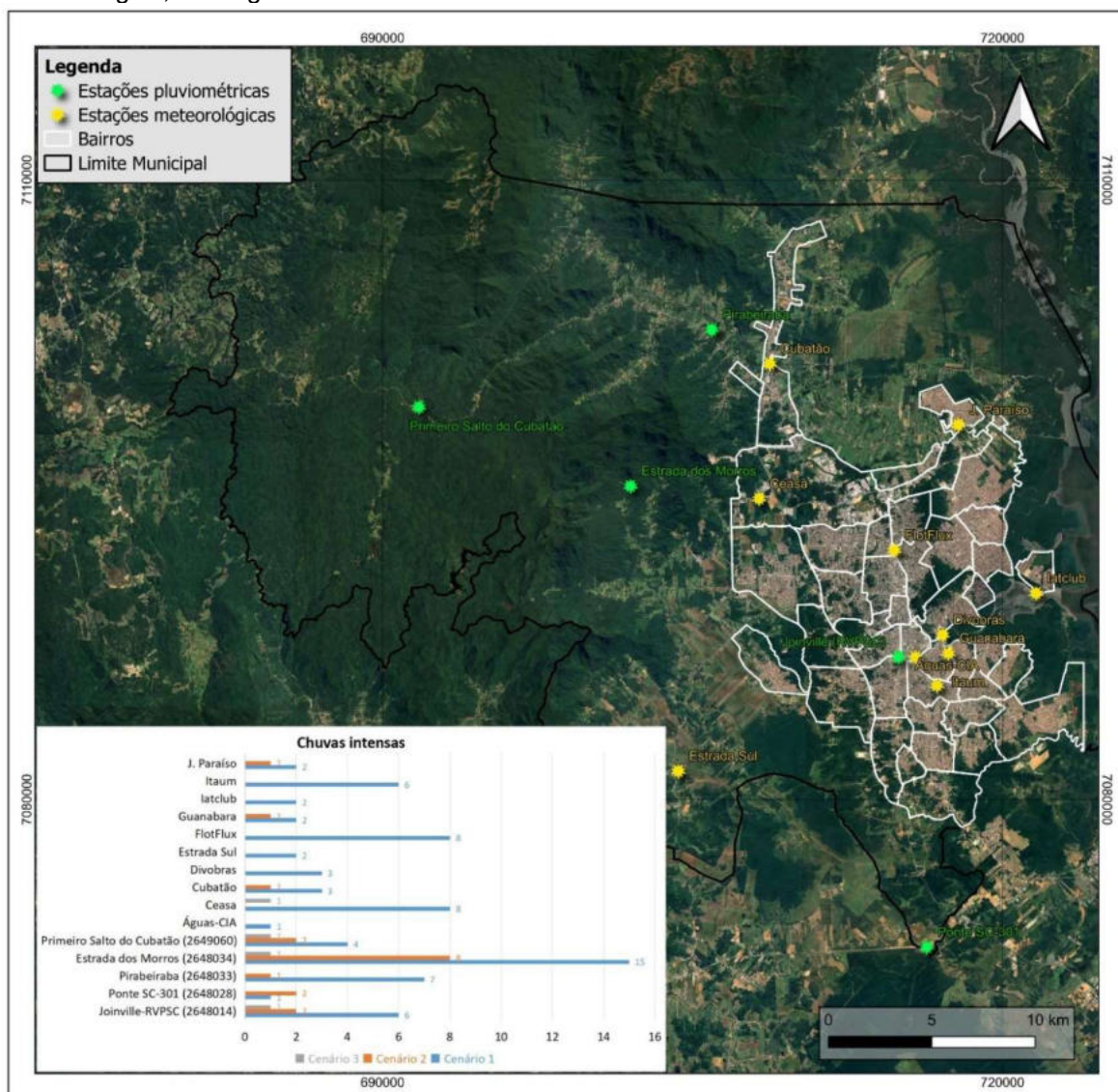
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.1.4-3. Distribuição de eventos de cenários 1 e 2 de vendaval, por estação meteorológica, ao longo da série de dados.



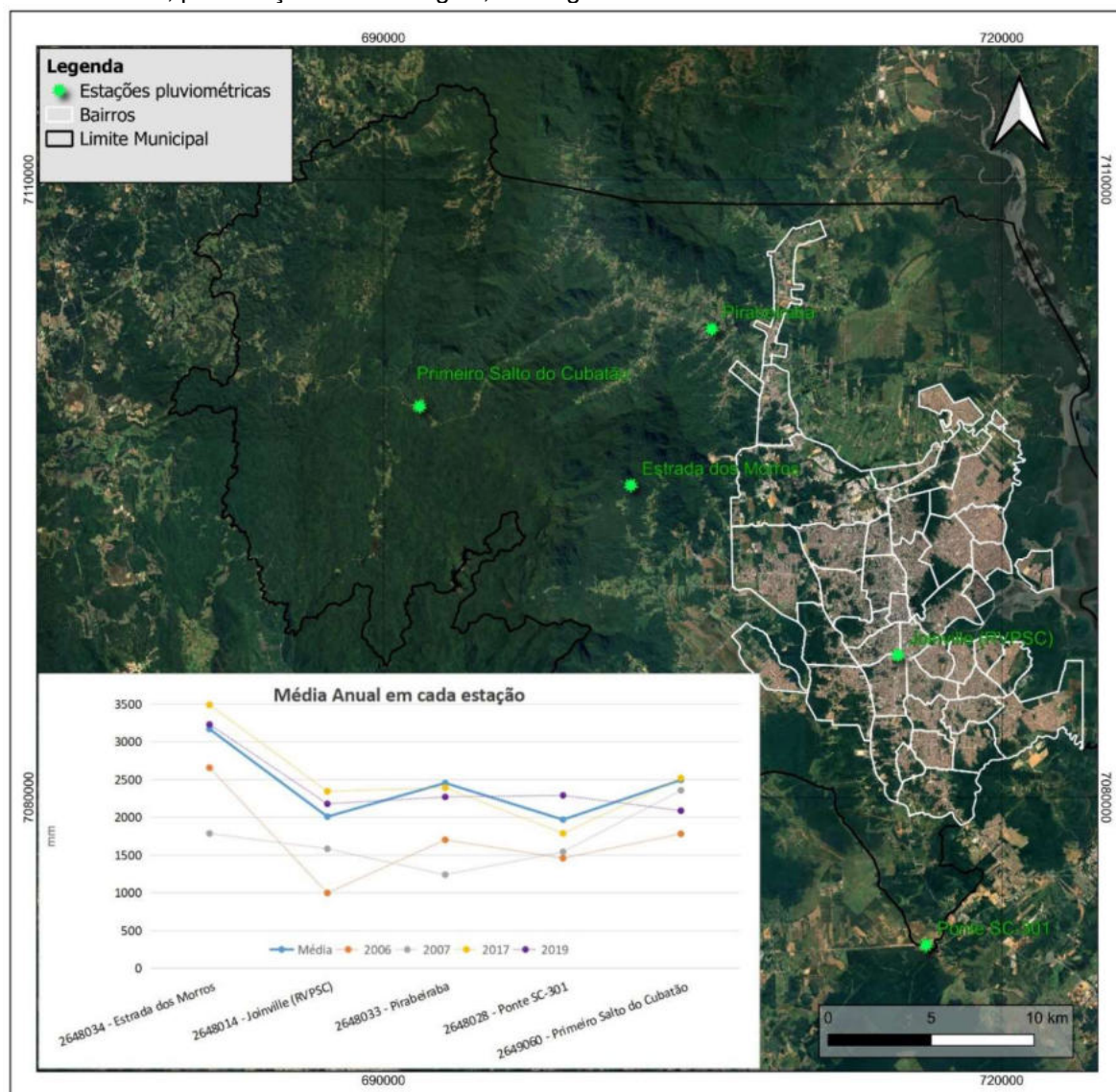
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.1.4-4. Distribuição de eventos de cenários 1, 2 e 3 de chuvas intensas, por estação meteorológica, ao longo da série de dados.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.1.4-5. Distribuição de eventos de cenário 1 de Estiagem, incêndios florestais e baixa umidade do ar, por estação meteorológica, ao longo da série de dados.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.4.2 ANÁLISE DA COMPLEXIDADE E CONECTIVIDADE

A matriz de complexidade e conectividade apresentada com todos resultados foi apresentada no item 4.1. Neste item serão comentados os resultados relacionados aos grupos climatológicos e meteorológicos. Vale ressaltar que a matriz foi construída a partir do cadastro de ocorrências, destacando os dias em que houve registros múltiplos. Contudo, entende-se que por vezes os registros podem acabar não tendo seus registros devidamente realizados, como por exemplo, registros de vendavais, eventualmente pode ter sido acompanhado de tempestades, mas os registros de ocorrências do inventário apenas destacaram os vendavais, e por isso, a matriz pode apontar uma correlação com menor coincidência de eventos.

As maiores correlações estão relacionadas aos eventos de deflagração direta por atuação das chuvas intensas (com mais de 500 registros) que se relacionam com Inundação (33), Colapso de edificações (28), Alagamento (26), Deslizamentos de solo e/ou rocha (26), Enxurrada (24), seguindo por vendaval (14). Aparecendo com menos correlações (menos de 6), aparecem processos erosivos diversos, mas que somados tem uma participação na classe

acima de 10. E com baixa correlação destacamos os desastres biológicos, tecnológicos e as frentes de calor, de frio e destaque para as tempestades de granizo e tempestades de raio cujo pequeno número de registros possam se relacionar ao baixo número de registros de ocorrências, e não por falta de correlação com chuvas intensas. O caso dos colapsos de edificações se refere a alta correlação entre esse tipo de desastre com o escorregamento e processos hidrológicos, resultando numa correlação com as chuvas intensas.

Das tipologias tratadas dentro do universo das chuvas intensas, as ocorrências de granizo apresentaram 8 coincidências com Colapso de edificações (possivelmente relacionados a outros processos), 5 de vendavais, e 3 para Erosão de margem fluvial e laminar, mesmo número das chuvas intensas, mostrando a baixa correlação desses eventos com as demais tipologias. As ocorrências de tempestades de raio apresentam situação similar, de baixa correlação, apenas os vendavais ocorreram mais de uma vez simultaneamente.

As ocorrências de vendaval (115), se relacionaram com Colapso de edificações (64), Deslizamentos de solo e/ou rocha (25), Alagamento (12). Chuvas intensas (9) e Corridas de massa de solo e/ou lama (8). A correlação de colapso de edificações acaba sendo de destaque, para o colapso de edificações e aos movimentos de massa. Possivelmente, a causa é indireta, uma vez que um processo comum é a queda de árvores ser consequência de vendavais, que podem acarretar colapso direto de edificações, e ainda a queda de árvores ocasiona movimentos de massa devido ao arrancamento das raízes.

As ondas de calor, com poucos registros no inventário (12), apresentaram a conectividade com Colapso de edificações (4), Deslizamentos de solo e/ou rocha (4), Alagamento (2) e Vendaval (2). Para eventos de correlação, pode ser considerado um número baixo de registros, contudo nota-se a relação com tempestades, provavelmente pancadas de chuva em dias quentes, com enxurradas, e deslizamentos pela chuva e/ou vendaval, que culminaram em colapso de edificações.

As ondas de frio analisadas com as ondas de frio (frentes de convergência), apontam ao todo apontam 23 ocorrências, e mostraram correlação máxima de 4 eventos para colapsos de edificações e deslizamentos, e 3 ocorrências para chuvas intensas e inundações. Apontando para ondas de frio, associadas a processos hidrológicos e/ou de deflagração por chuvas.

Como falado anteriormente, para estiagem, incêndios florestais e baixa umidade do ar não há ocorrências no inventário, por isso não foi incluído na matriz de complexidade e conectividade.

4.4.3 ANÁLISE DA NATUREZA E MAGNITUDE DAS CONSEQUÊNCIAS

A descrição das consequências considera fatos que possam ameaçar a condição de segurança das pessoas e comunidades, afetar os serviços essenciais (água, luz, moradia, saneamento básico, telefonia, estradas e ruas, dentre outros) e pessoas que devem ser assistidas e auxiliadas por serem afetadas pelo desastre.

O Item de cenários de magnitude de consequências, relaciona os cenários de ocorrência dos desastres, com as consequências esperadas. Nesse sentido, entende-se que alguns tipos de desastres e cenários devem causar problemas de saúde e até morte, em decorrência direta do fenômeno, como as ondas de calor e frio, e cujos impactos necessariamente devem ser avaliados a partir das estatísticas do Sistema de Saúde do município. Algumas consequências adversas ainda podem ser observadas, como as apontadas pela análise de complexidade e conectividade, quando ondas de calor, acompanhadas de umidade relativa do ar muito baixa, podem propiciar incêndios.

Em outra mão, entende-se que vendavais e chuvas intensas, acabam por afetar diretamente a infraestrutura e edificações, e com isso causar acidentes, que por sua vez podem causar óbitos e ferimentos, numa abordagem indireta. Contudo, esse item se relaciona diretamente

com prejuízos e danos nas infraestruturas e serviços, como vendavais derrubarem árvores e estas interromperem o serviço de fornecimento de energia, e ocasionalmente causarem acidentes com pessoas. Cabe ressaltar aqui, que mesmo cenários de magnitude baixa podem, em casos específicos, afetar um conjunto grande de pessoas em situações de exposição atípicas, como vendavais atingir árvores que causem acidentes rodoviários, ou mesmo situações repentinas atingirem edificações frágeis como acampamentos, ou situações ainda mais adversas e inesperadas como circos e festivais.

Em outras situações, admite-se que chuvas com tempestades de raio, tem potencial de agir das duas maneiras descritas, diretamente em pessoas causando ferimentos e óbitos, como as costumeiras ocorrências em campos de futebol, praias e outros ambientes aquáticos de condições propícias. Enquanto, as tempestades de raio também podem afetar infraestrutura e causar danos e prejuízos adversos, como transformadores e subestações, que por sua vez podem acarretar ferimentos e óbitos.

A partir das bases de dados do S2iD, do Atlas de desastres do MDR e do EM-DAT, foi realizada uma análise descritiva de dados, e compilados no **Quadro 4.4.3-1**, que apresenta uma matriz da tipologia de desastre, descrição da natureza das consequências, e um agrupamento em cenários de magnitude de 1 a 3, conforme apresentado no item 4.4.1.2.

Quadro 4.4.3-1. Descrição de consequências dos tipos de desastres meteorológicos e climatológicos.

Tipologia	Natureza das consequências - cenário 1	Natureza das consequências - cenário 2	Natureza das consequências - cenário 3
Chuvas intensas	Danos humanos feridos diretos (tempestades de raio e enxurradas, ocasionalmente causando óbitos) e indiretos (colapsos e vendavais), afetados e desabrigados; Danos materiais incipientes em infraestrutura urbana de drenagem, pavimentação e rede elétrica; Prejuízos econômicos públicos ou privados diversos de pequena expressão;	Danos humanos de feridos, afetados, desabrigados e com potencial de óbitos; Danos materiais expressivos* em infraestrutura urbana de drenagem, pavimentação e rede elétrica; Prejuízos econômicos expressivos* em todos os segmentos, destacando o sistema de saúde; Danos ambientais extensos relacionados à erosão, assoreamento e qualidade da água.	Danos humanos, com óbitos múltiplos, enfermos diretos e indiretos (conexão de riscos biológicos); Danos materiais severos na infraestrutura urbana de saneamento, drenagem, pavimentação, rede elétrica e comunicação, destaque nas edificações habitacionais e instalações públicas. Prejuízos econômicos severos** em todos os segmentos, destacando o sistema de saúde; Danos ambientais severos relacionados à erosão e assoreamento, qualidade da água, e ainda impactos ecossistêmicos marinhos lagunares.
Ondas de calor	Danos humanos enfermos em grupos especiais vulneráveis; Prejuízos econômicos de pequena expressão no sistema de saúde e em atividade agropastoril, com destaque para criações intensivas.	Danos humanos afetados, enfermos e óbitos; Danos ambientais incipientes relacionados a focos de incêndios; Prejuízos econômicos de expressão* devido ao sistema de saúde e impactos nas atividades agropastoril.	Danos humanos afetados, enfermos e óbitos; Danos ambientais relacionados a incêndios, e o comprometimento da qualidade do ar; Prejuízos econômicos severos** devido ao sistema de saúde, e atividade agropastoril, efeitos na indústria da construção civil. Danos materiais no abastecimento de energia e abastecimento de água.
Ondas de frio	Danos humanos: enfermos em grupos especiais vulneráveis; Prejuízos econômicos de pequena expressão devido ao sistema de saúde, além dos efeitos em atividades agropastoris.	Danos humanos: afetados e enfermos amplos, ocorrência de óbitos diretos (hipotermia); Prejuízos econômicos de expressão* no sistema de saúde e atividades agropastoril, relacionadas a geadas.	Danos humanos: enfermos, afetados e óbitos indiretos e diretos (hipotermia); Danos materiais relacionados ao abastecimento de água e as vias de transporte;

Quadro 4.4.3-1. Descrição de consequências dos tipos de desastres meteorológicos e climatológicos.

Tipologia	Natureza das consequências - cenário 1	Natureza das consequências - cenário 2	Natureza das consequências - cenário 3
			Prejuízos econômicos severos* no sistema de saúde, e atividades agropastoril relacionadas a geadas.
Venda-val	Danos humanos: feridos e afetados; Danos materiais diversos incipientes em infraestrutura urbana devido à queda de galhos e árvores comprometidas e telhados frágeis; Prejuízos econômicos de pequena expressão; Danos ambientais incipientes e pontuais relacionados a danos em árvores.	Danos humanos: potenciais óbitos, feridos, desabrigados e afetados; Danos materiais expressivos* na rede elétrica, comunicação, e moradia, relacionado a queda de árvores; Prejuízos econômicos públicos ou privados expressivos*, na atividade agropastoril; Danos ambientais e relacionados à queda de árvores.	Danos humanos: óbitos, feridos, desabrigados e afetados; Danos materiais severos, envolvendo todos os tipos de infraestrutura, com ênfase nas redes aéreas de energia e comunicação, e nas edificações habitacionais; Prejuízos econômicos severos**, em todas as atividades, destacando o sistema de saúde e atividade agropastoril; Danos ambientais severos à vegetação urbana.
Estiagem, incêndios florestais e baixa umidade do ar	Danos humanos: afetados pelas estiagens. Danos Materiais não relatados. Danos ambientais com pequenos focos de incêndio. Prejuízos econômicos relacionados ao abastecimento, na indústria e principalmente nas atividades agropastoris.	Danos humanos: afetados pelas estiagens, e pela qualidade do ar. Danos Materiais não relatados. Danos ambientais com descrições de incêndios. Prejuízos econômicos expressivos* relacionados ao abastecimento e do sistema de saúde pública, na indústria e principalmente nas atividades agropastoris.	Danos humanos: afetados pelas estiagens e pela qualidade do ar. Danos Materiais não relatados. Danos ambientais com descrições de incêndios. Prejuízos econômicos severos* relacionados ao abastecimento e do sistema de saúde pública, na indústria, comércio e serviços e principalmente nas atividades agropastoris.

* prejuízos expressivos, 74 milhões de reais de prejuízos públicos e 250 milhões de reais de prejuízos privados, que equivalem a 2,77% e 8,33% respectivamente, da receita líquida anual de 2,7Bi de reais (2023).

** prejuízos severos, 74 milhões de reais de prejuízos públicos e 673 milhões de reais de prejuízos privados, que equivalem a 8,33% e 24,93% respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.4.4 ANÁLISE DE DESASTRES E ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS DE PREVISÃO DE DANOS E PREJUÍZOS

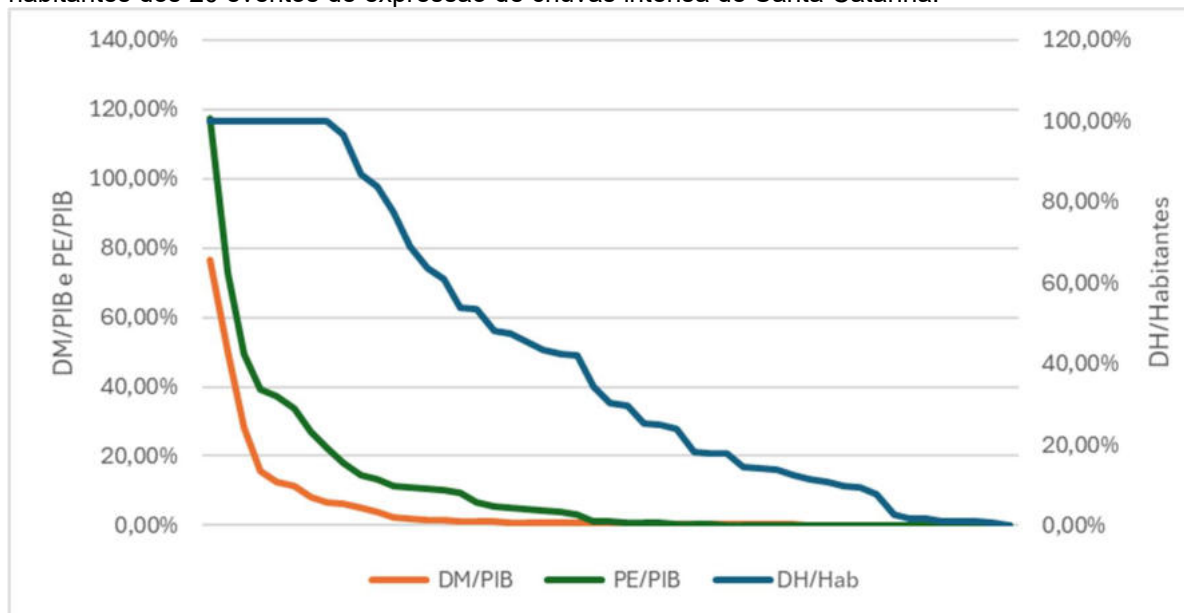
Estabelecidos os tipos de danos e prejuízos, cabe analisar um breve histórico de eventos que causaram desastres para estabelecer parâmetros para o mapeamento de potenciais danos e prejuízos no município.

Em 26 de fevereiro de 2024, já fora da série histórica utilizada para definir os cenários e os critérios de consequências, ocorreu um evento de chuva intensa em Joinville. Foram registrados 98 mm de chuva em apenas 3 horas, e 148 mm em 24 horas, de acordo com a estação Itinga, do CEMADEN. Esse volume e intensidade analisado na publicação de chuvas intensas de Joinville (CPRM, 2020), resultou em TR acima de 25 anos (pela intensidade de 98 mm em 3 hrs), contudo se avaliado pelo valor diário, apenas passou de TR 10 anos. Essa análise é importante, devido ao histórico de chuvas analisado no projeto foi construído a partir de leituras diárias, e na avaliação histórica seria categorizada no cenário 2, e assim demonstra a importância de estações pluviométricas automatizadas, como as do CEMADEN.

Para esse evento supra descrito, a avaliação de prejuízos que consta no S2iD, avaliado pela Defesa Civil de Joinville (PARECER TÉCNICO SEI Nº 0020281154), apontou danos e prejuízos compatíveis com o desastre de Nível III, adequado aos cenários 3 conforme estabelecido. Com 3 óbitos, 88 mil desabrigados, 195 feridos, e 175 mil afetados, R\$ 1,37 bilhões em danos materiais (ligeiramente acima de 3% do PIB) e R\$ 366 milhões de prejuízos totais. Nos outros períodos o atlas de desastres do MDR aponta mais 14 eventos de chuvas intensas em Joinville, sem nenhum óbito, e com prejuízos totais menores que R\$ 156 milhões e danos materiais menores de R\$ 317 milhões.

Para as chuvas intensas foi utilizado a base do atlas de desastres de 1991 a 2023, e selecionado os 20 maiores eventos de dano humano (DH-afetados totais), os 20 maiores do dano material e os 20 maiores do prejuízo, e analisados em conjunto (após separar os eventos repetidos, restou total de 50 eventos), frente aos PIB e nº habitantes da data do evento, com valores em reais corrigidos para 2023. Os gráficos da **Figura 4.4.1-1** a seguir apresentam as estimativas.

Figura 4.4.1-1. Parâmetros de danos humanos, materiais e prejuízos, e relação com PIB e habitantes dos 20 eventos de expressão de chuvas intensa de Santa Catarina.



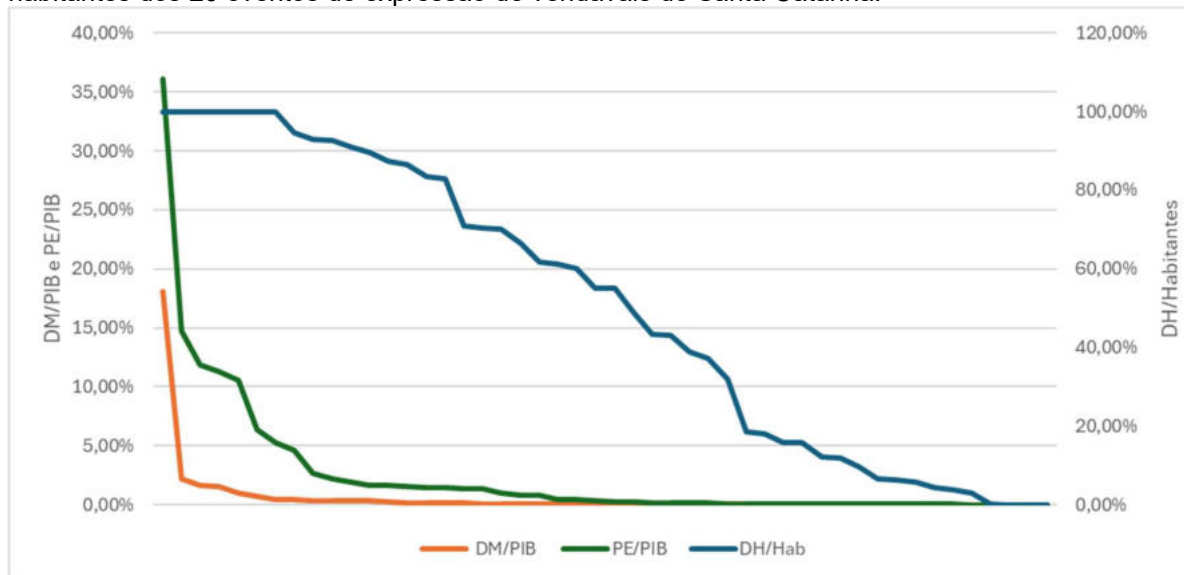
Fonte: Elaborado pelo Consórcio, a partir do Atlas de desastres de 1991 a 2023.

Para os eventos de vendaval, o atlas apontou em Joinville, 7 eventos, que somados apresentam apenas R\$13 milhões (média de 1,85 Mi) de prejuízos e R\$4 milhões (média de 570 mil reais) de danos materiais. Contudo, para analisar os dados também foram verificados o universo de Santa Catarina, onde consta 1288 registros, com média de R\$ 4Mi de prejuízos e R\$832 mil de danos materiais. Mas para destacar os eventos de maior magnitude, os cinco maiores prejuízos em Santa Catarina ficaram de R\$2,3 Bi a R\$81 Mi, e dos danos de R\$111 Mi a R\$30 Mi. Como análise do prejuízo do valor de 2,3 bilhões de reais, foi na cidade de Tubarão em 2016, com 3,5 bi, e 100 mil habitantes (em 2016). A análise permite entender as magnitudes de eventos de cenário 3 que podem acarretar um município com receita e número de habitantes maiores que Tubarão.

Ainda como referência, das consequências do Ciclone Catarina (27 e 28 de março de 2004), a base de dados do Atlas de desastres do MDR apontou 22 municípios com relatos de efeitos de chuva intensa, meteorológicos, hidrológicos e movimentos de massa, com R\$529 milhões de prejuízos e R\$252 milhões de danos materiais, contudo estimativas apresentadas na imprensa e estudos posteriores colocaram os prejuízos e danos, em valores atuais, em patamares acima de 1 bilhão de reais.

Para os vendavais e ciclones foi utilizado a base do atlas de desastres de 1991 a 2023, e selecionado os 20 maiores eventos de dano humano (DH-afetados totais), dano material e prejuízo, e analisados conjuntamente (48 registros), frente aos PIB e nº habitantes da data do evento, com valores corrigidos para 2023. Os gráficos da **Figura 4.4.4-2** a seguir apresentam as estimativas.

Figura 4.4.4-2. Parâmetros de danos humanos, materiais e prejuízos, e relação com PIB e habitantes dos 20 eventos de expressão de vendavais de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio, a partir do Atlas de desastres de 1991 a 2023.

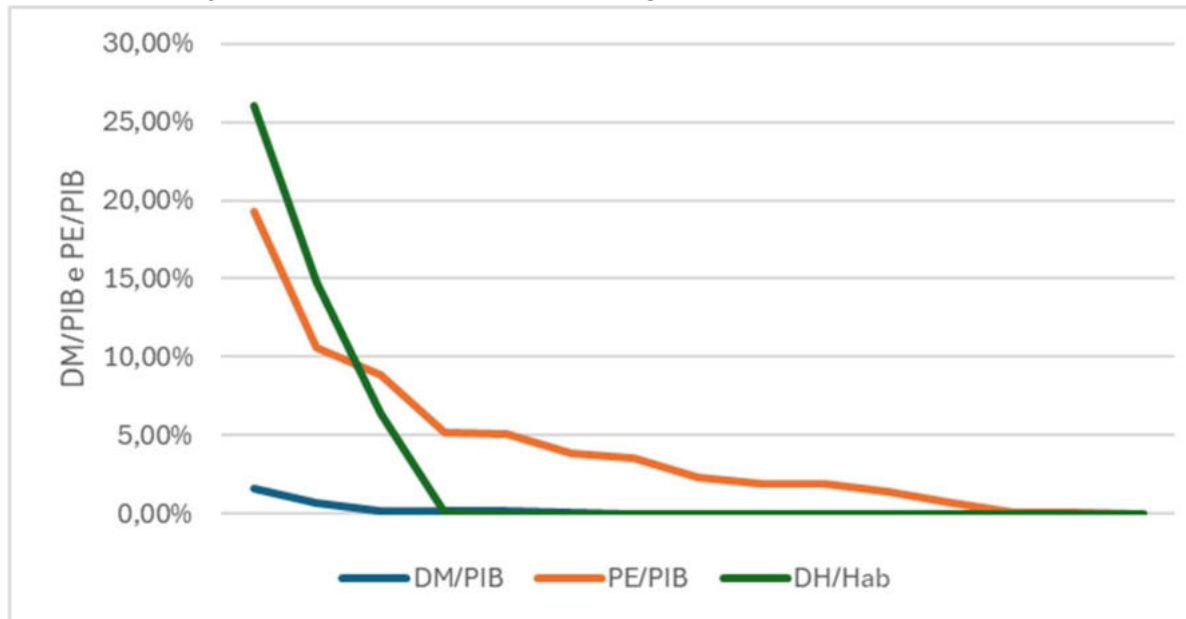
As ondas de calor, de acordo com os registros brasileiros, ainda não permitem avaliar os danos, uma vez que apenas prejuízos privados, em maioria relacionados com atividades agropastoris foram relatadas. Como danos humanos, nenhum relato foi adicionado em 174 registros, e apenas 3 deles em Santa Catarina. Por isso, foi consultado o EM-DAT de bases mundiais, nele 184 registros apontaram uma média de 1370 mortes e 8100 afetados, além de média de 629 milhões de reais atualizados (conversão do dólar para 8 de junho de 2024), por cada evento, lembrando que estes são números de regiões inteiras, ou países, e por isso acabam por refletir valores maiores, e maior acurácia, na centralização dos dados. Também se refere a algum método de cálculo que permitiu sinergia com outros processos (como incêndios florestais), uma vez que, após 2010 nenhum registro financeiro foi reportado, apenas os números de danos humanos, sem apresentar os prejuízos econômicos com sistemas de saúde.

As ondas de frio, em Santa Catarina, apresentaram no Atlas de Desastres, 15 ocorrências, com média de quase R\$ 13 milhões de prejuízos, com 566 mil de danos materiais, mas destacando que houve sinergia com outros processos como vendavais, chuvas e geada. Como danos humanos houve registro de óbito, pelo vendaval, e de média de 708 afetados. O destaque foi para a cidade de Angelina, que com 5 mil habitantes, teve impacto no Sistema de Saúde ao necessitar de cuidados aos enfermos (100 pessoas) e os 4000 afetados, que equivalem a 80% da população, e graves prejuízos nas atividades agropastoris. Extrapolado esses efeitos para municípios de maior porte, os cenários de consequências se agravam. Ainda vale constar a validade das bases de dados, nenhum dos registros de mortes, contudo o sistema de saúde aponta dezenas de óbitos por hipotermia por ano, principalmente entre população em situação de rua. Essa subnotificação também atinge a correlação com mortes de doenças agravadas pelo frio, como as cardiovasculares, e número de afetados e enfermos no sistema de saúde.

Os parâmetros de estimativas de consequências das Ondas de frio foram realizados considerando todos 15 eventos do Atlas de 1991 a 2013, para caracterizar o cenário 2: DM/PIB

(0,12%), Prejuízo/PIB (2,88%), DH/Hab (1,5%). Para o cenário 3, selecionou-se os 3 piores eventos (incluindo o município de Angelina), os valores: DM/PIB (0,8%), Prejuízos (12%), DH/Hab (16%).

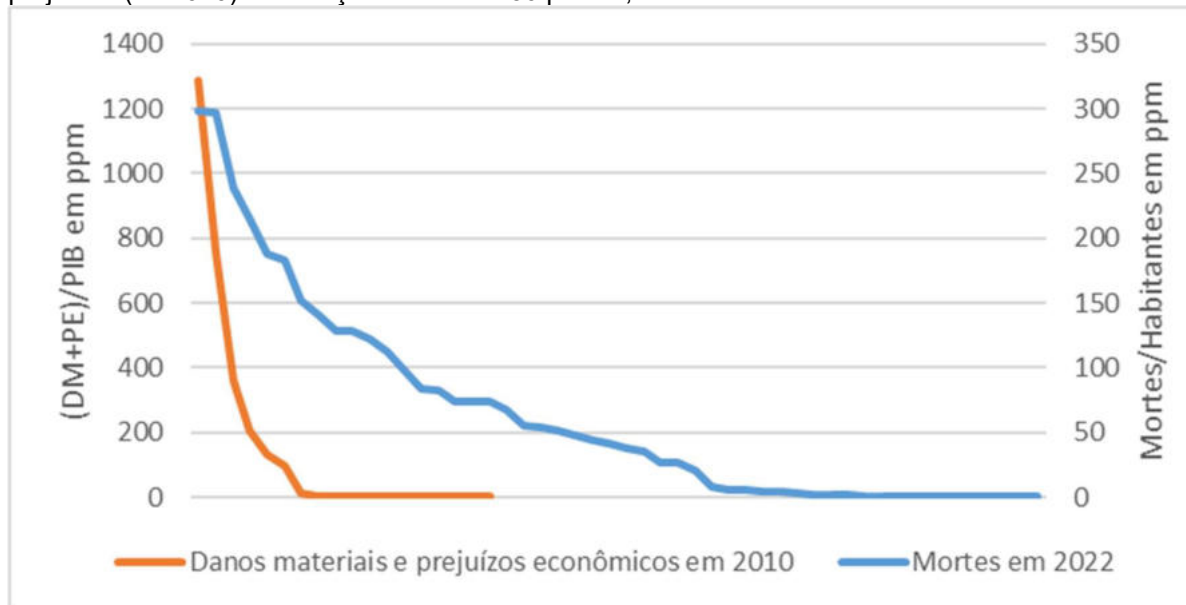
Figura 4.4.4-3. Parâmetros de danos humanos, materiais e prejuízos, e relação com PIB e habitantes dos 15 eventos de ondas de frio de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio, a partir do Atlas de desastres de 1991 a 2023.

As Ondas de calor (fonte EM-DAT) foram analisadas apenas reportado o número de mortos e afetados no ano de 2022, uma lista de 74 países apresentou o gráfico da **Figura 4.4.4-4** a seguir, Para os cenários 1, entende-se valores de até 10 partes por milhão, para o cenário 2, até 80 ppm, e no cenário 3, houve registros de até 300 ppm, no caso dos danos os eventos de seca de 2010, apontaram no cenário 1 valores de até 10 ppm de Prejuízos e danos por PIB, no cenário 2 valores de até 200 ppm e no cenário 3 valores de até 1200 ppm.

Figura 4.4.4-4. Parâmetros de danos humanos por habitantes (mortes em 2022), danos materiais e prejuízos (de 2010) em relação ao PIB de 50 países, relacionados às ondas de calor.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio, a partir do banco de dados do EM-DAT.

4.4.5 MAPEAMENTO DE DANOS E PREJUÍZOS

O Quadro a seguir apresenta uma estimativa de consequências, expressas em danos a partir de estatísticas de desastres de outras bases (S2ID brasileiro, o Atlas Digital de Desastres e o *Emergency Disaster Database* - EM-DAT), em que se pondera os danos humanos a partir do número de habitantes, e dos danos materiais avaliando o nível de comprometimento de cada unidade de análise.

Quadro 4.4.5-1. Parâmetros de danos humanos por habitantes (mortes em 2022), danos materiais e prejuízos (de 2010) em relação ao PIB de 50 países.

Tipologia		Cenários			Observação
		1	2	3	
Chuvas intensas	Danos Humanos	até 1% dos habitantes afetados	até 40% dos habitantes afetados	até 100% dos habitantes afetados	Atlas de desastres SC 1991 a 2023
	Danos Materiais	até 1% DM/PIB	até 3% DM/PIB	até 80% DM/PIB*	
	Prejuízos	até 0,01% PE/PIB	até 0,1% PE/PIB	até 100% PE/PIB*	
Ondas de calor	Danos humanos - Óbitos	até 10 ppm dos habitantes	até 80 ppm dos habitantes	até 300 ppm dos habitantes	EM-DAT
	Danos materiais e prejuízos	até 10 ppm do PIB	até 200 ppm do PIB	até 1200 ppm do PIB	
Ondas de frio	Danos humanos - Afetados	até 1% DH/PIB	até 10% DH/PIB	até 26% DH/PIB	Atlas de desastres SC 1991 a 2023
	Danos materiais	até 0,1% DM/PIB	até 0,5% DM/PIB	até 2% DM/PIB	
	Prejuízos	até 1% PE/PIB	até 5% PE/PIB	até 20% PE/PIB	
Vendaval	Danos Humanos	até 1% dos habitantes afetados	até 40% dos habitantes afetados	até 100% dos habitantes afetados	Atlas de desastres SC 1991 a 2023
	Danos Materiais	até 1% DM/PIB	até 3% DM/PIB	até 18% DM/PIB	
	Prejuízos	até 2,5% PE/PIB	até 12,5% PE/PIB	até 35% PE/PIB	
Grupo estiagem	Danos humanos	afetados pela estiagem, média de 450	Enfermos (estiagem) 0,01% dos afetados Afetados em média de 4500 por evento	Enfermos 2,5% dos afetados Afetados em média de 63000 por evento	Atlas de desastres SC 1991 a 2023
	Danos materiais	Sem registros	Sem registros	Sem registros	
	Prejuízos econômicos	Incipientes relacionados a atividades agrícolas	Relevantes, R\$50 milhões por evento	Severos de R\$150 milhões por evento	

* Joinville sofreu evento de chuvas intensas, cenário 3 com impactos de 3% de DM/PIB e 0,008% de PE/PIB.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

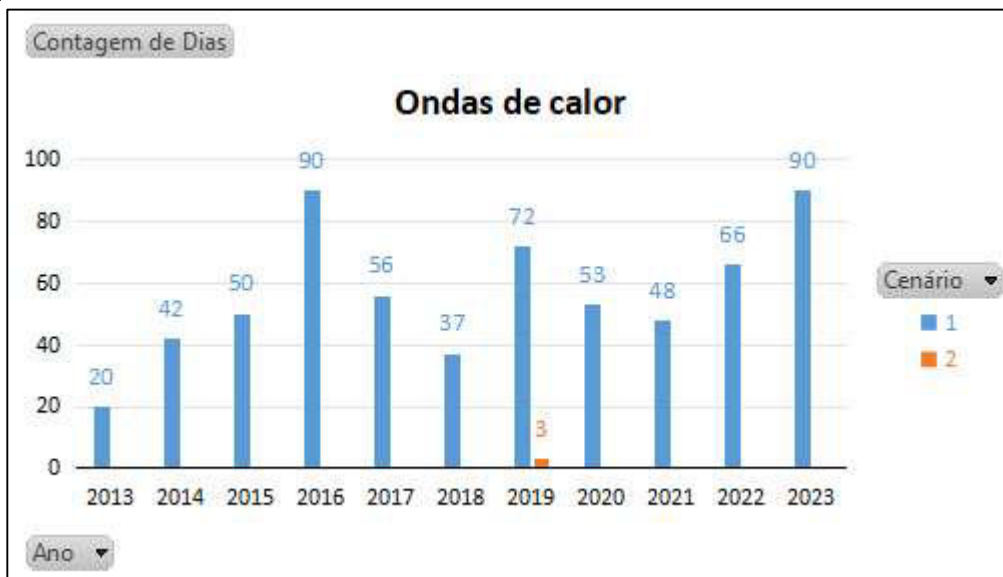
4.4.6 ANÁLISE DA PROBABILIDADE DE EVENTOS E TEMPORALIDADE E VOLATILIDADE

Análise da probabilidade de eventos e consequências, incluindo os extremos, maximizados pelos efeitos das mudanças climáticas, para os desastres climatológicos e meteorológicos

devem seguir os padrões usuais de tempo de retorno, relacionando diretamente os cenários com o TR, conforme item de descrição dos cenários. Para os desastres de ondas de calor e frio, foi utilizado a análise da série histórica de 11 anos das 7 estações meteorológicas do município, que classificou em cenários de 1 a 3, e descartou a contagem quando mais de uma estação registrou o cenário no dia, contabilizando apenas o dia.

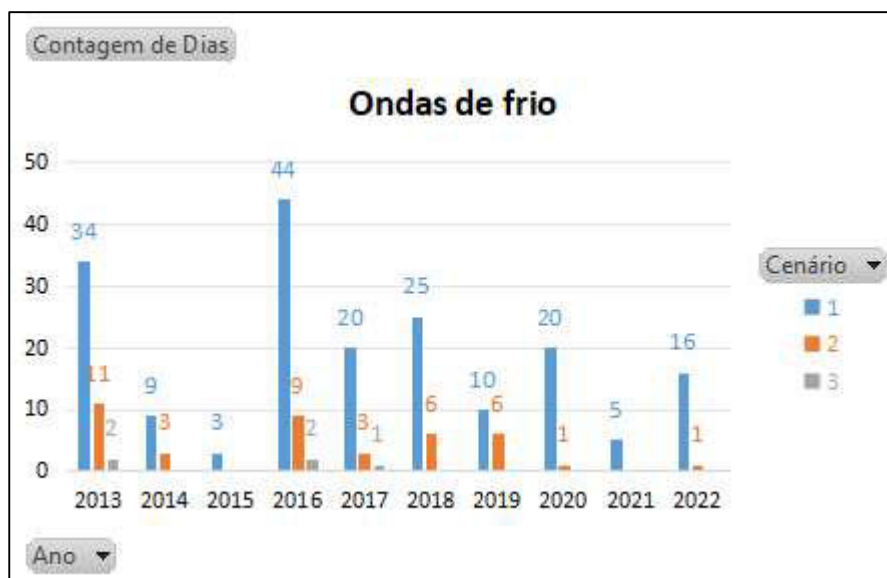
As séries históricas das bases de dados disponíveis foram avaliadas e descritas quantas vezes ocorreram os cenários no espaço temporal. A seguir são apresentados os dados de cenários ocorridos por tipo de desastre.

Figura 4.4.6-1. Distribuição de eventos de cenários 1 e 2 de ondas de calor, ao longo da série de dados.



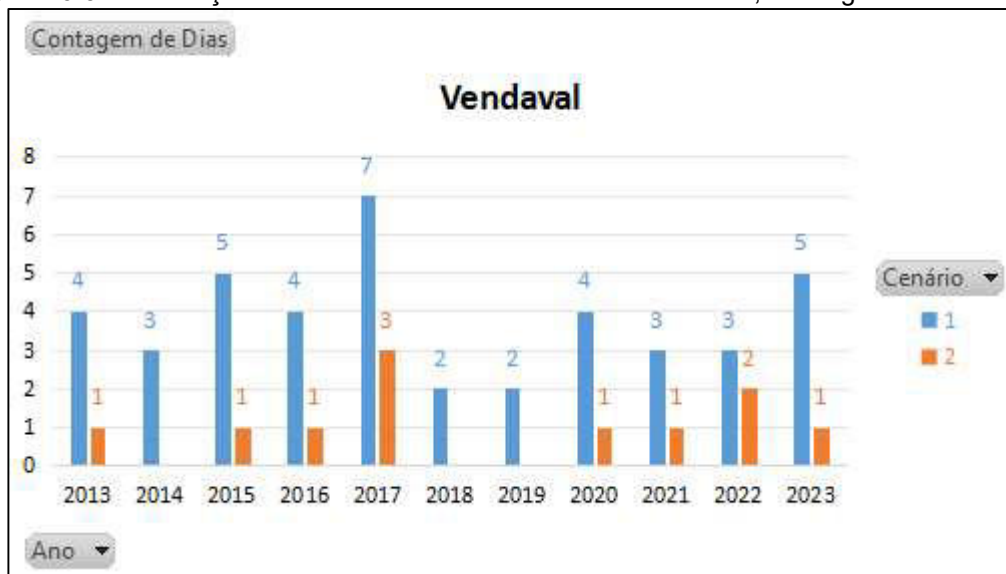
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.6-2. Distribuição de eventos de cenários 1, 2 e 3 de ondas de frio, ao longo da série de dados.



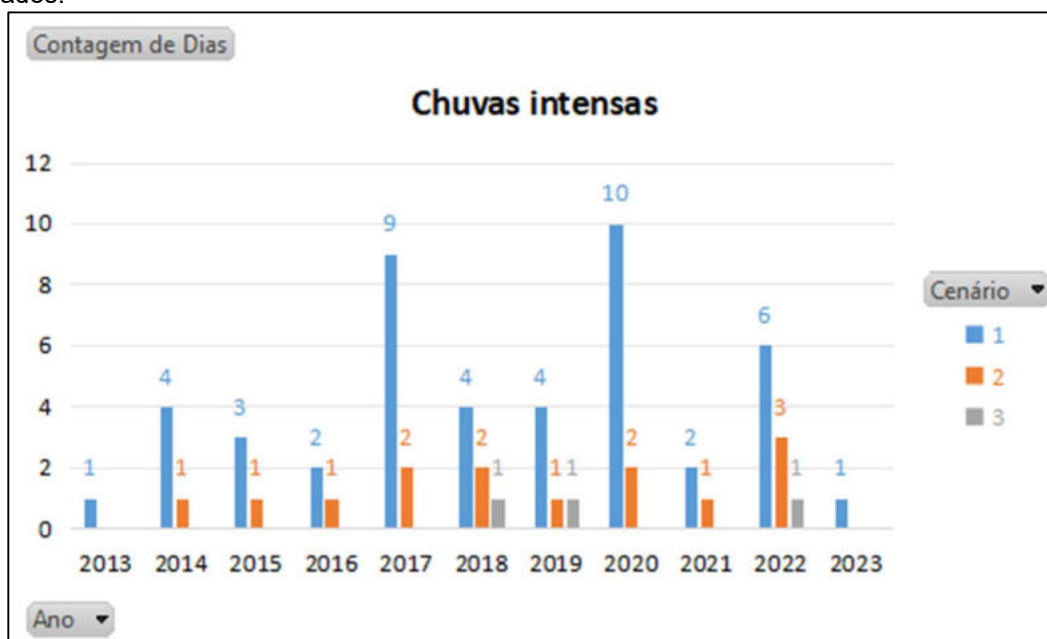
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.6-3. Distribuição de eventos de cenários 1 e 2 de vendaval, ao longo da série de dados.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

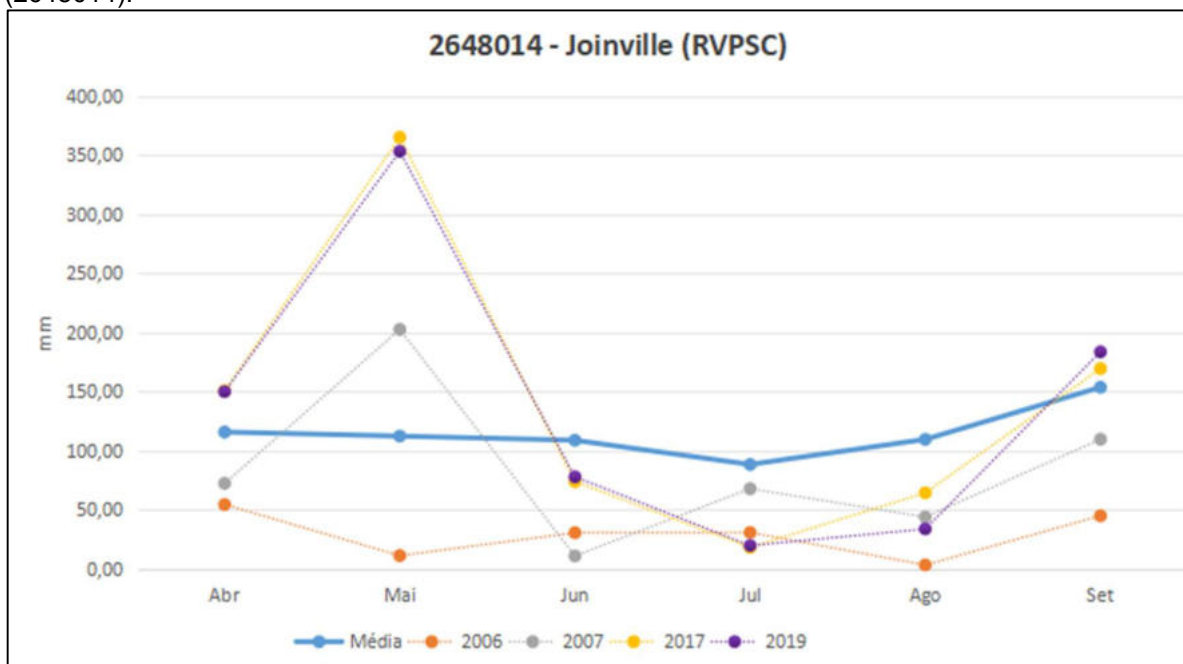
Figura 4.4.6-4. Distribuição de eventos de cenários 1, 2 e 3 de chuvas intensas, ao longo da série de dados.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

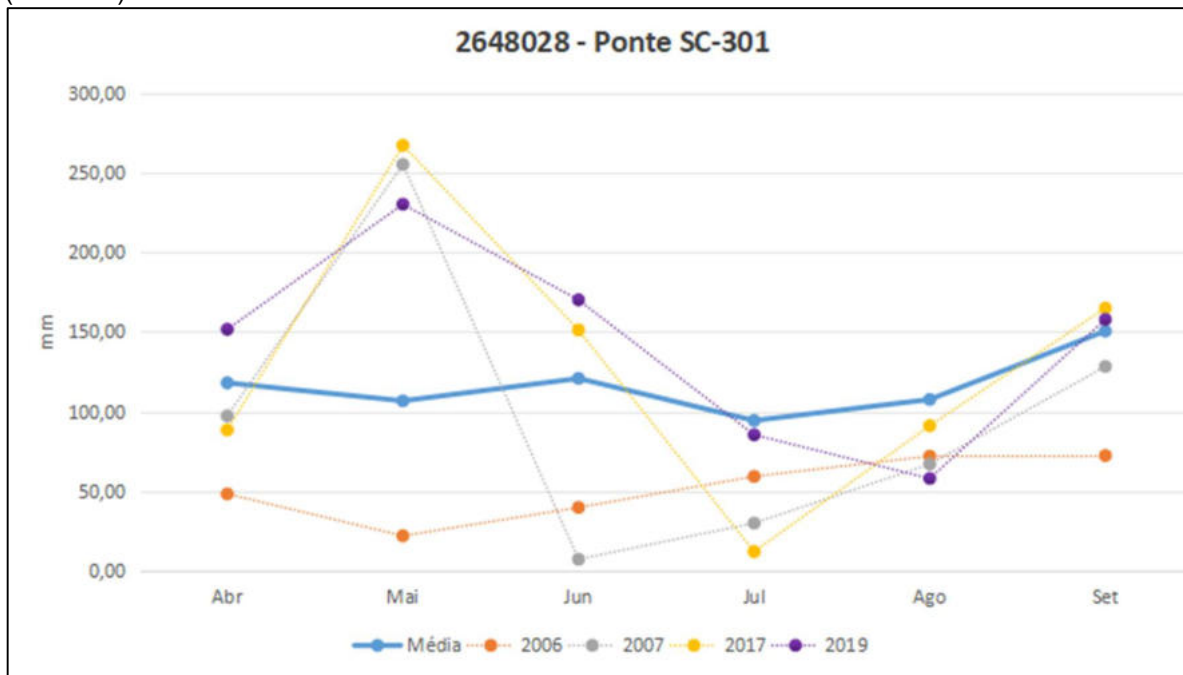
Para estiagens, baixa umidade relativa do ar e incêndios florestais, foram analisados os meses em que apresentaram mais de 30 dias consecutivos sem chuva. Com isso, foi separado os anos de 2006, 2007, 2017 e 2019 com esses registros e os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro destes anos. Foi comparado com a média histórica anual e mensal do histórico de 24 anos (2000-2023) das estações pluviométricas analisadas. Os gráficos a seguir apresentam a variação em relação à média mensal em cada ano por estação.

Figura 4.4.6-5. Variação em relação à média mensal em cada ano para a estação Joinville - RVPSC (2648014).



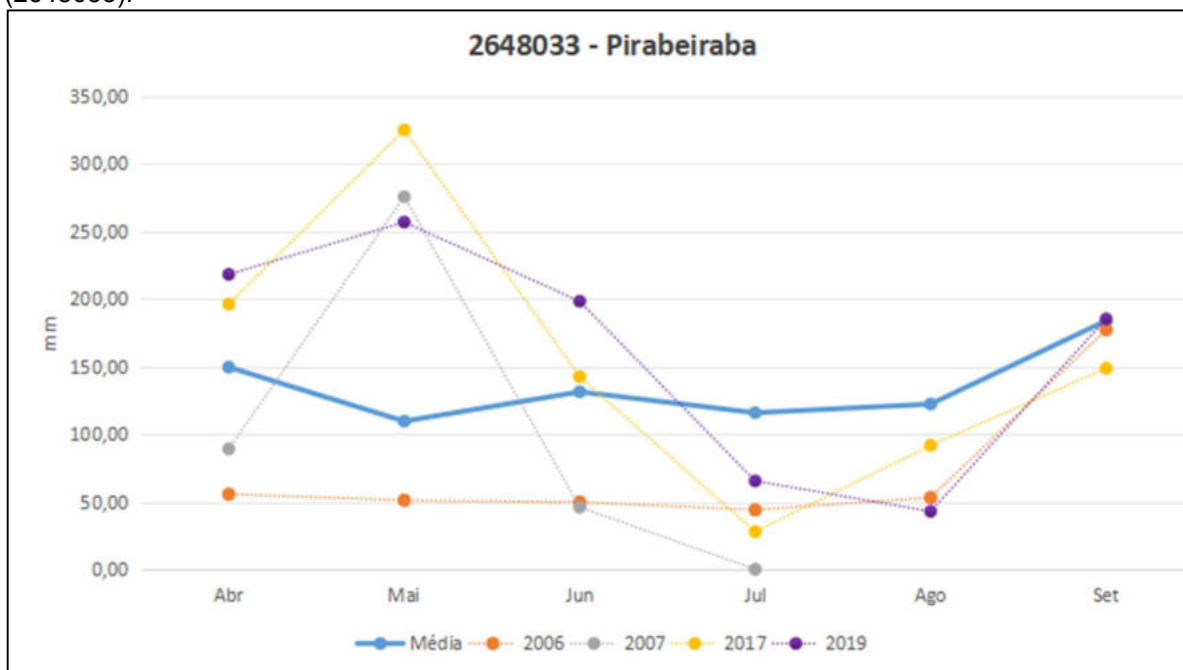
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.6-6. Variação em relação à média mensal em cada ano para a estação Ponte SC-301 (2648028).



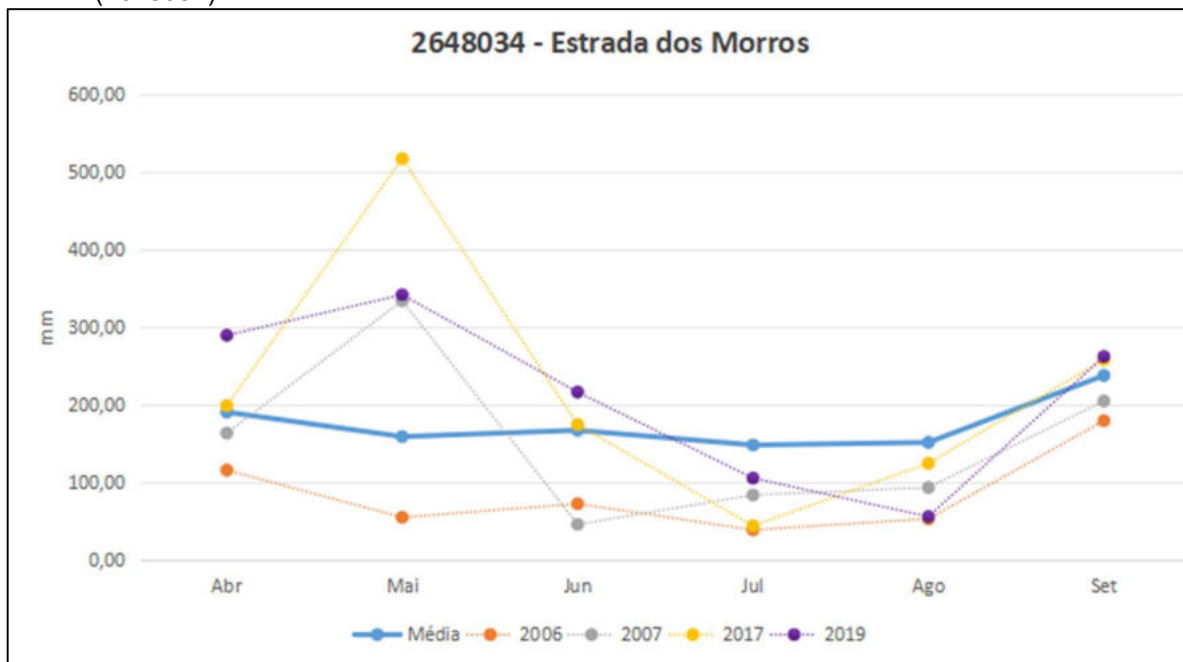
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.6-7. Variação em relação à média mensal em cada ano para a estação Pirabeiraba (2648033).



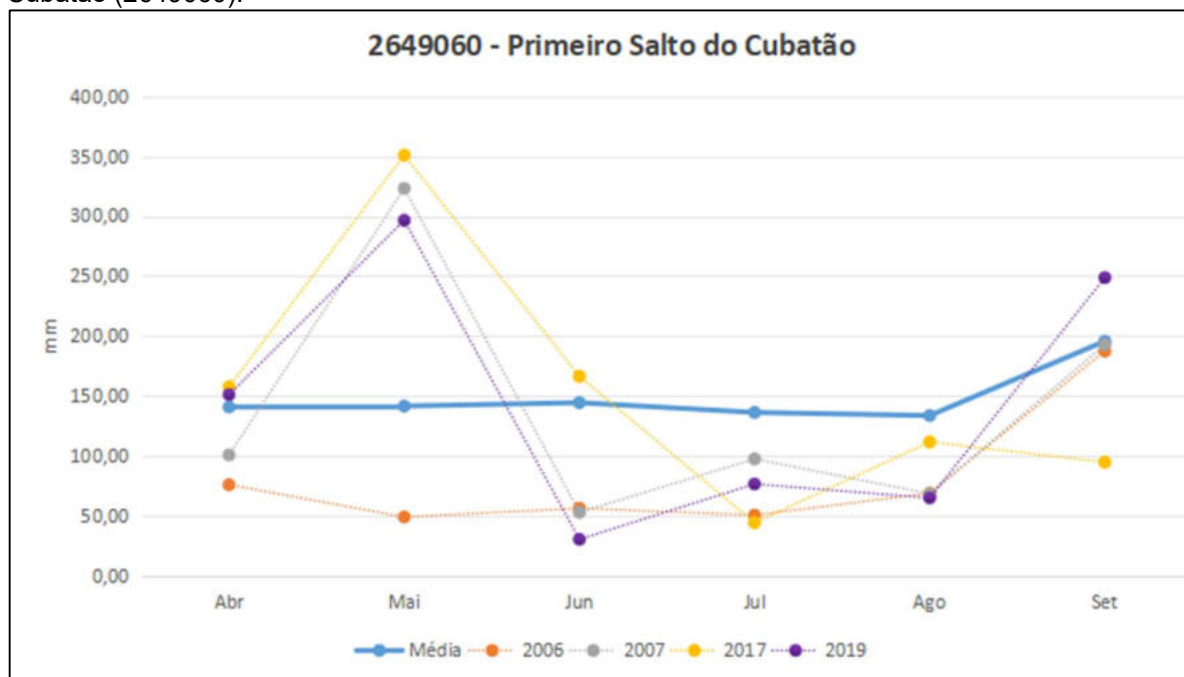
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.6-8. Variação em relação à média mensal em cada ano para a estação Estrada dos Morros (2648034).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Figura 4.4.6-9. Variação em relação à média mensal em cada ano para a estação Primeiro Salto do Cubatão (2649060).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Embora a média anual de 2006 e 2007 se manteve abaixo da média histórica anual para todas as estações analisadas, apenas o ano de 2006 se manteve abaixo da média mensal nos meses menos chuvosos para todas as estações analisadas.

Quadro 4.4.6-1. Probabilidades baseadas nos gráficos dos desastres na série temporal.

Tipolo- gia	Cenários			OBS
	1	2	3	
Chuvas intensas	2 < TR < 10 anos de 50 a 10% de chances de ocorrer a cada ano	10 < TR < 25 anos de 10% a 4% de chance de ocorrer a cada ano	TR > 25 anos Menos de 4% de chances de ocorrer esse tipo de evento	Baseado na deflagração de eventos pelas chuvas
Ondas de calor	20 a 90 dias por ano	3 dias em 1 ano, em 11 anos, 27% de probabilidade	menor que 1 dias em 13 anos, menor de 9%	Série histórica de 11 anos das estações meteorológicas
Ondas de frio	3 a 44 dias por ano	0 a 11 dias no ano	5 dias em 11, 45% de ocorrer no ano *	
Venda-val	2 a 7 eventos por ano	1 a 3 eventos no ano	Não existe registros na série histórica, e nem consta no Atlas**, menor que 3%	
Grupo Estiagem	4 ocorrências em 24 anos	Não existe registros na série histórica	Não existe registros na série histórica	Série histórica de 24 anos das estações pluviométricas

* Nota-se que vem diminuindo a frequência desses eventos; ** Atlas de desastres de 1991 a 2023.

Fonte: Consórcio

As tendências dos eventos meteorológicos e climáticos descritos tendem ao aumento gradativo das chuvas intensas, como detalhado no item 4.7 de mudanças climáticas. Contudo, os dias de ondas de calor e frente fria não foram avaliados, em específico para o litoral de Santa Catarina, nenhuma informação sobre estiagens foi encontrada. Segundo ANA (2024), espera-se aumentos da razão variação de precipitação pela precipitação atual de 10 a 30%, no período de 2041 – 2070, sendo que essas probabilidades deverão ser aumentadas.

4.5 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCOS BIOLÓGICOS

4.5.1 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E NÍVEIS DE CONFIANÇA

A análise da sensibilidade e níveis de confiança foi realizada a partir da análise das variáveis que compuseram a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco para os eventos de natureza biológica. Os subitens a seguir discorrem sobre as condições que foram estabelecidos os mapas, e como podem refletir a sensibilidade e nível de confiança.

Os desastres do tipo biológico abordados foram, no caso de doenças infecciosas virais (COBRADE 1.5.1.1.0), as arboviroses - compreendendo febre amarela urbana, dengue, *zika* e *chikungunya* e a febre amarela silvestre. E no caso das doenças infecciosas bacterianas, tratou-se da febre maculosa e da leptospirose. No item pragas e infestações foram desenvolvidos os temas infestação de escorpiões e esporotricose. O subitem abaixo apresenta as variáveis analisadas para esses tipos de desastres e a aderência da cartografia aos eventos registrados a partir do cadastro de ocorrências. Em seguida, são identificadas as ameaças, apresentadas as hipóteses acidentais e por fim, quando aplicável, são apresentadas as áreas de risco.

4.5.1.1 Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises

O **Quadro 4.5.1.1-1** a seguir apresenta as variáveis analisadas e utilizadas para composição da suscetibilidade aos desastres, para os temas listados.

Quadro 4.5.1.1-1. Variáveis componentes da análise de suscetibilidade

Tipologia	Variáveis
Arboviroses causadas por <i>Aedes Aegypt</i>	Indicadores demográficos (densidade populacional, renda média e idade) e número médio de focos do mosquito registrados de 2020 a 2023.
Febre Amarela Silvestre	Fragmentos florestais conectados por corredores ecológicos e densidade populacional da UHCT casos registados em mamíferos.
Leptospirose	Densidade populacional da UHCT e áreas suscetíveis à inundação.
Febre Maculosa	Fragmentos florestais conectados por corredores ecológicos e densidade populacional e casos registrados.
Infestação de escorpiões	Densidade populacional da UHCT, índice de consolidação da UHCT e número médio de focos.
Esporotricose	Por se tratar de doença negligenciada, buscou-se destacar as classes de uso do solo relacionadas a baixa consolidação do solo, realçadas pela análise da ocorrência de esporotricose no município.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.5.1.2 Cenários de magnitude dos desastres e consequências

As descrições dos cenários e impactos, e como ocorre a classificação dos desastres, se referem a variáveis e grandezas que demonstram os impactos, e não necessariamente como se espacializa a suscetibilidade ao tipo de desastre. Assim, para cada tipologia de evento abordada nas análises foram definidos limiares para cada uma das variáveis da suscetibilidade, que caracterizam a mudança do cenário de riscos, com magnitude crescente e que acompanha mudança na necessidade de atenção dos agentes responsáveis.

Para a febre amarela silvestre (**Quadro 4.5.1.2-1**) a definição dos cenários baseou-se, para a caracterização da Baixa Magnitude (cenário 1), na identificação de epizootia em primatas não-humanos (PNH), hospedeiros da doença em sua modalidade silvestre e indicadores-chave para o monitoramento da circulação viral, assim como 2) a detecção do vírus em mosquito e/ou 3) caso suspeito em humano. Para a Média Magnitude (cenário 2), definiu-se como parâmetro a detecção de evidência ($n \geq 1$) da circulação viral (confirmação de caso humano e/ou epizootias em PNH e/ou detecção de vírus em vetor). O cenário 3, de Alta Magnitude de Impacto, baseia-se na identificação da circulação viral em ambiente urbano.

Quadro 4.5.1.2-1. Cenários de magnitude para risco biológico – Febre amarela silvestre

Cenário	Risco biológico – febre amarela
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: Registro de caso de epizootia em primata não humano; detecção do vírus em mosquitos; casos suspeitos em humanos
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: Detecção de evidência ($n \geq 1$) da circulação viral (casos humanos confirmados e/ou epizootias em PNH e/ou detecção do vírus em vetor)
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: Detecção de evidência da circulação viral em ambiente urbano.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quanto à febre maculosa (**Quadro 4.5.1.2-2**), os cenários de magnitude definidos por 1) presença do vetor (carrapato do gênero *Amblyomma*) apontada por pesquisa acarológica em área de possível circulação de pessoas (cenário 1, Baixa Magnitude de Impacto); 2) presença de animais sentinelas sororreagentes para a bactéria *Rickettsia* e confirmação de um caso humano de febre maculosa (cenário 2, de Média Magnitude) ou 3) áreas com presença frequente de população humana, com pesquisa acarológica positiva para carrapatos do gênero *Amblyomma* e presença significativa de animais sororreagentes para *Rickettsia* do grupo da febre maculosa apontada por estudo de soroprevalência.

Quadro 4.5.1.2-2. Cenários de magnitude para risco biológico – Febre maculosa

Cenário	Risco biológico – febre maculosa
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: Toda e qualquer área que apresenta pesquisa acarológica positiva para a presença de carrapatos do gênero <i>Amblyomma</i> . A classificação dessa área se faz necessária somente quando houver a possibilidade de circulação de pessoas no local.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: Presença de animais sentinelas sororreagentes para <i>Rickettsia</i> e confirmação de um caso humano de febre maculosa.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: Toda e qualquer área com frequência de população humana, pesquisa acarológica positiva para carrapatos do gênero <i>Amblyomma</i> e presença significativa de animais sentinela sororreagentes para <i>Rickettsia</i> do grupo da febre maculosa, conforme evidenciado em estudo de soroprevalência.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Para a definição de cenários relativos às arboviroses e à meningite (**Quadro 4.5.1.2-3**), foram agrupadas considerando-se sua semelhança quanto às variáveis de suscetibilidade. Dessa forma, os cenários definidos foram: 1) alta na taxa de incidência de casos prováveis por 2 semanas epidemiológicas consecutivas, sem óbitos (Baixa Magnitude de Impacto); 2) taxa

de incidência de casos em alta por mais de 2 semanas epidemiológicas consecutivas, com 1 óbito em caso suspeito ou confirmado neste período (Média Magnitude de Impacto); 3) alta na taxa de incidência pelo mesmo período, com 2 ou mais óbitos (Alta Magnitude de Impacto).

Quadro 4.5.1.2-3. Cenários de magnitude para risco biológico – Arboviroses por *Aedes Aegypt*

Cenário	Risco biológico – arboviroses e meningite
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: A taxa de incidência de casos prováveis permanece em ascensão por 02 semanas epidemiológicas consecutivas e sem óbito.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: A taxa de incidência de casos prováveis permanece em ascensão por mais de 02 semanas epidemiológicas consecutivas e notificação de óbito suspeito ou confirmado nestas 02 semanas.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: A taxa de incidência de casos prováveis permanece em ascensão por mais de 02 semanas epidemiológicas consecutivas e confirmação de pelo menos 2 óbitos nestas 02 semanas

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Os cenários de magnitude de impacto definidos para a leptospirose (**Quadro 4.5.1.2-4**), baseando-se nas variáveis de suscetibilidade mencionadas, se caracterizam 1) pelo prognóstico de chuvas e/ou ocorrência de inundação sem desabrigados ou desalojados - com manutenção da curva epidêmica normal (cenário de Baixa Magnitude); 2) Ocorrência de inundações com desabrigados e desalojados, com notificação de caso suspeito (cenário de Média Magnitude); 3) inundação de longa duração, com desabrigados e desalojados e incidência de casos acima da curva epidemiológica (cenário de Alta Magnitude).

Quadro 4.5.1.2-4. Cenários de magnitude para risco biológico – Leptospirose

Cenário	Risco biológico - leptospirose
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: prognóstico de chuva, ocorrência de inundação, porém sem desabrigados e desalojados; incidência de casos dentro da curva epidêmica
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: ocorrência de inundação com desabrigados e desalojados; notificação de um caso suspeito;
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: ocorrência de inundação com desabrigados e desalojados por longo período; taxa de incidência acima da curva epidêmica.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Os cenários de magnitude de impacto definidos para a infestações por escorpião e esporotricose, baseando-se nas variáveis de suscetibilidade mencionadas, e pensando em sobrecarga de sistema de saúde, e a dinâmica de infestação de escorpiões e fungos, não se justifica avaliar cenários de magnitude, sendo assim apenas um cenário será considerado para essas tipologias.

4.5.1.3 Teste de aderência entre mapas de suscetibilidade, risco e inventário

Os mapas apresentados de suscetibilidade e de risco foram analisados especialmente com uso das ocorrências do cadastro do inventário apresentado. A abrangência da suscetibilidade é realizada para todo o município, mas quando analisado o risco, a abrangência é reduzida para as áreas de exposição, analisadas pela vulnerabilidade. Assim, as análises de aderência dos mapas para as ocorrências do inventário foram apresentadas para as classes de suscetibilidade e das classes de risco. As **Tabela 4.5.1.3-1** e **Tabela 4.5.1.3-2** apresentam a distribuição das ocorrências nas classes para a discussão da sensibilidade e das variáveis.

Tabela 4.5.1.3-1. Aderência das ocorrências de risco e suscetibilidade a febre amarela silvestre.

Suscetibilidade a febre amarela silvestre					Risco a febre amarela silvestre				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	0	0,0	109,13	0,00	Alto	0	0,0	84,26	0,00
Médio	0	0,0	5,41	0,00	Médio	0	0,0	51,98	0,00
Baixo	0	0,0	3,40	0,00	Baixo	0	0,0	23,87	0,00
N.Calc.	0	0,0	97,06	0,00	N.Calc.	0	0,0	54,88	0,00
Soma	0		215,00		Soma	0		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.5.1.3-2. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a leptospirose.

Suscetibilidade a leptospirose					Risco a leptospirose				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	213	39,4	35,88	5,94	Alto	263	48,6	43,56	6,04
Médio	66	12,2	12,26	5,38	Médio	38	7,0	7,19	5,29
Baixo	27	5,0	4,02	6,72	Baixo	5	0,9	1,39	3,60
N.Calc.	235	43,4	162,84	1,44	N.Calc.	235	43,4	162,87	1,44
Soma	541		215,00		Soma	541		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

É importante destacar que, dadas as particularidades da espacialização dos registros de eventos biológicos tratados no escopo deste trabalho, em muitos casos, entende-se que as pessoas podem se expor aos agentes biológicos, em situações adversas ao da residência, como no trabalho, no transporte público etc.

No caso da febre amarela silvestre, como as análises se deram dentro do perímetro urbano, notamos uma baixa aderência, o que está correto, dado que a maior suscetibilidade e risco se dão em grande parte fora do perímetro urbano, assim como as ocorrências. Para leptospirose, a aderência se mostrou eficaz, principalmente ao risco, onde a maior parte das ocorrências se deram em risco alto.

Para as arboviroses, a febre maculosa, as infestações de escorpião e a esporotricose, a suscetibilidade foi baseada na espacialização do número de casos e focos de mosquito (arboviroses), de modo que a avaliação da aderência perde o sentido, pois ela consiste em comparar o número de ocorrências com a suscetibilidade e risco, e, nessa situação, o número de ocorrências já foi utilizado diretamente para gerar estes produtos.

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

região
GEOLOGIA, ENGENHARIA E ESTUDOS AMBIENTAIS

Nesse sentido, para as arboviroses causados por *Aedes Aegypt* (dengue, Zika, Chikungunya e febre amarela urbana), para a meningite, destacam-se:

- A relação direta entre períodos chuvosos e o número médio de focos do mosquito em áreas urbanas (ou áreas alagáveis próximas a áreas urbanas); e
- Em caso de cenários de atenção deflagrados pela vigilância epidemiológica, a relação entre aglomerações e o aumento da probabilidade de transmissão - seja pelo aumento de elementos expostos no raio de ação individual do vetor, no caso das arboviroses e da febre amarela, ou pelo aumento da probabilidade de contato para outros casos.

Considerando que ambas as ameaças se expressam na maioria das vezes em contexto privado, entende-se que a ação demandada do poder público no sentido da prevenção tem caráter educativo, e objetiva a percepção do risco pela população e ensinar o combate a focos do mosquito nos domicílios, a vacinação (quando disponível) e a auto prevenção frente aos vetores.

Por sua vez, a febre amarela silvestre apresenta, além do condicionante fitogeográfico para a infecção no atual cenário epidemiológico (de persistência apenas da modalidade silvestre), impõe atenção especial a:

- Monitoramento da circulação viral nos animais sentinela da doença, no caso, os primatas não humanos - PNH - dos gêneros *Cebus* (macaco prego), *Alouatta* (guariba), *Ateles* (macaco aranha) e *Callithrix* (saqui).

- Monitoramento dos criadouros dos vetores em áreas de mata e áreas próximas - com especial atenção para os mosquitos do gênero *Haemagogus*, mas também ao gênero *Sabethes*. Em caso de identificação da modalidade urbana, a atenção deve se estender ao combate ao *Aedes aegypti*, em meio urbano.
- Ações e campanhas educativas a respeito dos riscos e das medidas de prevenção voltadas à população residente ou que circule nas áreas de mata mais densa.

A leptospirose, como mencionado, é associada à bactéria *Leptospira* presente na urina de diferentes animais (apesar da maior incidência em roedores urbanos). Assim, a contaminação de corpos d'água, lama e solo por esta substância é o primeiro passo para que se encontre as vias de infecção da população. Estas características epidemiológicas, permitem distinguir entre a presença regular e extraordinária das ameaças. De modo regular, entende-se que há serviços públicos (como limpeza urbana, limpeza de esgotos e coleta de lixo) e privados (como veterinários e agricultores), cujas atribuições envolvem maior exposição à ameaça.

Ainda de modo regular, são necessárias a elaboração, execução e a manutenção de um plano de controle de roedores urbanos, bem como a promoção de ações educativas e de comunicação com enfoque nas áreas com menores índices de coleta de lixo e tratamento de esgoto. Depreende-se disso que, para um combate eficaz ao risco de leptospirose, é importante ainda o investimento em infraestrutura urbana para aumento da salubridade das condições de vida da população das áreas de maior risco. Estes cuidados, em especial as campanhas e ações de comunicação, devem ser intensificados nos períodos chuvosos, em especial nas áreas inundáveis do município.

No que diz respeito à febre maculosa, as ameaças se relacionam à exposição aos carrapatos do gênero *Amblyomma*, que infectam os animais e seres humanos em seu processo de alimentação. Dessa forma, a identificação e diminuição das ameaças passa necessariamente por controle das populações destes animais e da minimização da exposição humana a eles, nos contextos de maior probabilidade de contato.

O controle sobre os carrapatos envolve centralmente o monitoramento de seus hospedeiros preferenciais, como bovinos, equinos e cães, com especial atenção às capivaras e seus habitats - como nas áreas de mata de galeria (ou ciliar) às margens de cursos hídricos. Em relação à exposição humana, cabem novamente as medidas para aumento da percepção de risco e autoprevenção da população, ensejadas por campanhas e ações educativas. Adiciona-se a isso, a identificação de áreas de maior ocorrência dos carrapatos para a recomendação de cuidados específicos e/ou mais intensos para a circulação de pessoas nesses locais.

Por fim, a sensibilidade ao escorpião e a esporotricose é de difícil análise, uma vez que apenas dados de notificação podem ser utilizados com segurança. Para o primeiro caso, na medida do possível, algumas informações adicionais poderiam ser cruzadas em uma análise pontual do risco, como a consolidação do uso do terreno, índices de coleta de resíduos sólidos entre outros indicadores que possam representar alimentos para a espécie. Para a esporotricose, a ocorrência de roedores e felinos domésticos, mas negligenciados, são comumente associados às ocorrências, embora atividades com uso do solo, agrícolas ou de jardinagem entre outros, também representam exposições conhecidas da esporotricose, contudo estes apenas poderiam ser estudados caso a caso, sem aplicabilidade ao estudo de referência 1:10.000 realizado.

4.5.2 ANÁLISE DA COMPLEXIDADE E CONECTIVIDADE

A matriz de complexidade e conectividade apresentada com todos resultados foi apresentada no item 4.1., contudo para as tipologias analisadas neste tópico os resultados não podem ser considerados expressivos. Ainda assim, é conhecida a relação das situações de desastre com as questões de saúde pública e o desencadeamento de emergências sanitárias (FREITAS, 2021). A dimensão sanitária das áreas vulneráveis é expressa regularmente pelos baixos índices de saneamento básico, coleta de lixo, configurando ambientes propícios à transmissão de doenças.

Neste sentido, situações de desastre agravam problemas preexistentes, intensificando-os, ou expandindo sua área de abrangência. De um modo ou de outro, criam-se repentinamente ambientes de exposição aumentada da população aos patógenos, que pode se traduzir na sobrecarga das capacidades de resposta locais (FREITAS, 2021) - tendo como exemplos icônicos da complexidade a emergência da COVID-19, a nível global, e as grandes inundações do Rio Grande do Sul, em 2024. Assim, em termos dos desastres biológicos, cabe discutir como os demais tipos de desastres contribuem para o aumento da ocorrência das doenças abordadas no estudo.

Do ponto de vista das variáveis epidemiológicas, cabe destacar fatores de potencial aumento do risco biológico geral e que surgem na ocorrência de desastres (ANGULO, 2007):

- Mudanças da morbidade preexistente
- Mudanças ecológicas resultantes de desastre
- Deslocamento de populações e mudanças na densidade populacional
- Desarticulação dos serviços públicos (principalmente energia, água e esgoto).
- Interrupção dos serviços básicos da Saúde Pública

Sobre as doenças tratadas no escopo deste plano, ressaltam-se as principais relações com outras tipologias de desastres, cuja ocorrência tende a influenciar o risco de ocorrência de desastres biológicos. Neste sentido, chuvas intensas, bem como as inundações a elas geralmente associadas, estão entre os principais desastres com impacto sobre a ocorrência de eventos de natureza biológica.

Isto ocorre por muitos fatores, sendo o primeiro deles o aumento potencial dos criadouros dos mosquitos transmissores das arboviroses, e da febre amarela silvestre. Em segundo lugar, as inundações ao conectarem amplas áreas ao sistema de drenagem às regiões ocupadas, servem de meio de transporte de muitos patógenos antes restritos a determinado local, mobilizando-os ao encontro da população.

A possibilidade de colapso na drenagem de águas pluviais, cujos fluxos podem se misturar com lixo e esgoto. No escopo deste plano, destaca-se novamente que contato com águas de enchentes, alagamentos e inundações é um dos principais meios de transmissão da leptospirose, assim como de outras doenças não abordadas. Outra importante associação de tipologias a ser destacada é o dos deslizamentos, e colapsos de obras civis, com impacto possível sobre os sistemas de drenagem e saneamento, que aumentam as possibilidades de contaminação. Para a febre maculosa, infestação de escorpiões e esporotricose, não faz sentido as correlações, exceto por possíveis impactos indiretos devido a aumento de roedores, que nas descrições da patologia, em geral não aparecem com destaque como agentes transmissores.

4.5.3 ANÁLISE DA NATUREZA E MAGNITUDE DAS CONSEQUÊNCIAS

As consequências diretas dos desastres biológicos residem centralmente na pressão aumentada sobre o sistema hospitalar, entre outros serviços de assistência que compõem a capacidade de resposta do município às demandas desses contextos. Outras consequências são relacionadas ao aumento do número de infectados - no caso das doenças cuja transmissão se dá de pessoa a pessoa isto impacta no aumento da taxa de crescimento da curva epidemiológica, enquanto no caso das doenças transmitidas apenas pelos mosquitos, isto aumenta a probabilidade de contaminação dos vetores, também pressionando a taxa de crescimento da curva de casos.

Compreende-se que as tipologias de desastres biológicos abordadas no plano não agem no sentido da propagação de consequências para além dos eixos acima descritos. No entanto, é importante notar que surgem como consequências de uma série de outros desastres associados, cujas consequências podem ir desde as perdas econômicas e patrimoniais (públicas e privadas) até os impactos sobre as pessoas, expressos nos enfermos, mortos e feridos. Estes cenários podem ser agravados com o colapso de infraestruturas sanitárias ou de abastecimento.

Cabe notar que os impactos em termos biológicos, na maioria das vezes, não têm expressão imediata. Desse modo as ações específicas para lidar com questões da epidemiologia de desastres se vinculam geralmente a monitoramento prévio e posterior das enfermidades e patogenias (ANGULO, 2007), para que se possa afirmar a respeito dos nexos existentes entre os desastres e o desencadear de ondas de contágio e infecção.

Vale destacar que a natureza desse tipo de desastre biológico, envolve essencialmente os Danos Humanos, destacando óbitos e enfermos. E os prejuízos econômicos relacionados aos sistemas de saúde pública, e de atividades de prevenção, como as campanhas publicitárias e de comunicação, além de atividades de prevenção, como a dedetização, e combate à água limpa e parada. Na esfera privada, destaque aos prejuízos relacionados à perda de mão de obra.

4.5.4 ANÁLISE DA PROBABILIDADE DE EVENTOS E TEMPORALIDADE E VOLATILIDADE

A seguir, apresenta-se no **Quadro 4.5.1-1** o resumo das condicionantes dos cenários de desastre biológico considerados no plano. Buscou-se apresentar ainda, breve contextualização das tipologias frente à estatística epidemiológica geral de cada enfermidade, ainda que análises mais detalhadas só possam ser plenamente realizadas pelo próprio serviço de vigilância epidemiológica local (estadual ou municipal).

Quadro 4.5.4-1. Parâmetros de danos humanos por habitantes, danos materiais e prejuízos, em relação ao número de afetados e dos valores de cada UHCT.

Tipologia	Cenários			Observação
	1	2	3	
Arboviroses	Taxa de incidência em ascensão (2 SEs consecutivas), sem óbitos	Taxa de incidência em ascensão (2 SEs consecutivas), com óbito no período	Taxa de incidência em ascensão (2 SEs consecutivas), com mais de um óbito no período	Baseado na taxa de incidência e número de óbitos. Taxa de incidência epidêmica = 300 a cada 100 mil habitantes (OMS)
Febre amarela Silvestre	Epizootia PNH = 1 Caso humano = 0 confirmados	Evidência ($n \geq 1$) da circulação viral (pelo menos 1 humano confirmado)	Deteção de circulação do vírus em ambiente urbano	Baseado nos indícios de circulação viral. Tendência cíclica, ondas de ocorrência estimadas a

Quadro 4.5.4-1. Parâmetros de danos humanos por habitantes, danos materiais e prejuízos, em relação ao número de afetados e dos valores de cada UHCT.

Tipologia	Cenários			Observação
	1	2	3	
		ou epizootia em mais de 1 PNH)		cada 5 a 7 anos, com média nacional de 19 casos por ano e maior probabilidade ao final da temporada chuvosa (MS, 1999)
Febre maculosa	Presença de carrapatos <i>Amblyomma</i> em áreas acessíveis à população.	Presença de animais sororreagentes para <i>Rickettsia</i> e confirmação de caso.	Presença significativa de animais sentinela para febre maculosa em áreas com presença do vetor e circulação humana frequente	Baseado na presença dos vetores, densidade de animais sentinela e frequência da circulação humana
Leptospirose	Prognóstico de chuva intensa e/ou ocorrência de inundação sem indivíduos deslocados. Manutenção dos casos dentro da curva epidêmica.	Ocorrência de inundação com deslocamento de população e notificação de caso suspeito.	Ocorrência de inundação com deslocamento de população, por longo período. Taxa de incidência acima da curva epidêmica.	Baseado no monitoramento meteorológico e nas condições ambientais favoráveis à exposição humana aos patógenos. Considerar período de incubação de 1 a 30 dias (média entre 5 e 14 dias)
Escorpiões	Múltiplos casos de notificação, mas contabilizando apenas acidentes com necessidade de amparo médico. O número de caso flutuou de poucas unidades por ano, até o ano de 2020 com 125 registros. Contudo a avaliação dos casos de ocorrência múltipla (maior que 2), mostra padrão diferente. Sendo que é mais comum a ocorrência de casos isolados. Em média 25 casos isolados por ano, e 7 ocorrências múltiplas por ano.			
Esporotricose	No Brasil, como referência, um estudo de 2010 mostrou que no Rio de Janeiro a incidência de esporotricose foi de 43,8 casos por 100.000 habitantes, já para um estudo realizado em Curitiba entre 2009 e 2013 encontrou uma taxa de 12,4 casos por 100 mil habitantes. Em Joinville, múltiplos casos de notificação, mas contabilizando apenas 119 registros agrupados por bairro e informados com ano de ocorrência (2022, 2023 e 2024-parcial), apenas o bairro Paranaguamirim requer destaque. Os 119 casos quando podenardos pela população de Joinville, o resultado fica em cerca de 20 casos por 100mil habitantes. Ainda como comparação, se contabilizado apenas os dados do bairro Paranaguamirim (cerca de 32 mil habitantes) e 75 casos, a incidência seria de 234 casos.			

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.6 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS RISCOS TECNOLÓGICOS

4.6.1 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E NÍVEIS DE CONFIANÇA

A análise da sensibilidade e níveis de confiança foi realizada a partir da avaliação das variáveis que compuseram a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco tecnológico. Os subitens a seguir descrevem as condições sob as quais os mapas foram estabelecidos e como essas condições podem refletir na sensibilidade e no nível de confiança dos resultados.

Os desastres do tipo tecnológicos abordados foram contaminação da água, colapso de edificações, incêndios e explosões e acidentes com cargas não perigosas. O subitem abaixo apresenta as variáveis analisadas e a aderência da cartografia com as ocorrências registradas desses tipos de risco tecnológico a partir do cadastro.

4.6.1.1 Avaliação das componentes utilizadas e como pode influenciar as análises

O **Quadro 4.6.1.1-1** a seguir apresenta as variáveis analisadas e utilizadas para composição da suscetibilidade aos desastres, para os temas listados.

Quadro 4.6.1.1-1. Variáveis componentes da análise de suscetibilidade

Tipologia	Variáveis
Contaminação da água	Corpos hídricos no raio dos empreendimentos, pela categoria do potencial de impacto, receberam uma classificação de suscetibilidade, para usos da água consuntivos e não consuntivos para o curso d'água até a foz na Baía de Babitonga, no mínimo cobrindo a área da APP do curso d'água, o que representa também o impacto ambiental direto do desastre. Sistema Viário local e Rodovias que cortam o município BR 101, SC 108 e SC 418. Bacias de produção de água – mananciais e demais recursos hídricos superficiais Malha viária local e rodovias que cortam o Município de Joinville. Proximidade de fontes pontuais como indústrias com manipulação de produtos perigosos e dutos de transporte de combustíveis
Colapso e recalque de edifícios	Planícies e terraços com solos competentes às fundações; ≥5% de edificações com alvarás de construção; Planícies e terraços com solos de atributo diagnóstico Gleissólico e Hidromórfico; ≥5% de edificações com alvarás de construção; Planícies e terraços com solos de classe Flúvico, Solos indiscriminados de mangue e Gleissolo; ≤5% de edificações sem alvarás de construção
Incêndios/explosões	Proximidade de fontes móveis relacionadas ao transporte de produtos perigosos nos modais rodoviário, ferroviário e dutovias Proximidade de fontes pontuais como indústrias com manipulação de produtos perigosos e dutos de transporte de combustíveis Manchas de adensamento urbanos – vizinhanças as fontes pontuais e móveis.
Acidentes com transporte de passageiros e cargas não perigosas	Concentração de ocorrências envolvendo transporte de passageiros (ônibus) ou carga (caminhões) no local.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.6.1.2 Cenários de magnitude dos desastres e consequências

O manual para realização de avaliação de risco de acidente de origem tecnológica (<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4951094/4131894/MANUALEAR.pdf>), define hipótese acidental como a suposição de condições que podem resultar em perda de contenção de matéria e/ou energia. Mas seguindo as demais descrições dos desastres, a apresentação da hipótese acidental se relaciona a condições específicas que podem gerar desastres de magnitudes diversas, e por isso descritos aqui como cenários de magnitude do desastre.

Para os riscos tecnológicos a construção dos cenários foi realizada pelo Consórcio baseado na experiência da equipe na construção do PGR da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP, 2021), associado com a descrição da tipologia de desastres e descrições de danos e prejuízos da Instrução Normativa N° 1 do Ministério da Integração Nacional (de 24 de agosto de 2012), e pela sucessora dessa IN, a PORTARIA N° 260, DE 2 DE FEVEREIRO DE 2022 do Ministério da Integração Nacional.

A avaliação da magnitude para o risco relacionado a contaminação de água (**Quadro 4.6.1.2-1**) baseou-se no derramamento de poluentes, de forma direta ou indireta, em quantidades relevantes quando analisada a toxicidade do composto e sua persistência no meio. Nesse caso, se enquadram os derramamentos de produtos químicos em ambiente de recursos hídricos, e incêndios urbanos para alguns tipos de empreendimentos, além dos desastres relacionados a transportes rodoviários e por dutovias.

Na magnitude da evolução dos cenários, também foi considerada a degradação da qualidade da água por turbidez causada pela quantidade de material em suspensão, ou nas quantidades de descargas de contaminantes conservativos que em função dos volumes podem afetar a qualidade da água e paralisando o abastecimento de alguns locais do município ou mesmo afetar regiões vizinhas.

Quadro 4.6.1.2-1. Cenários de magnitude para risco tecnológico relacionados à contaminação da água

Cenário	Risco tecnológico – contaminação da água
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: relacionada a pequenas quantidades de poluentes derramados de forma direta ou indireta no recurso hídrico. Nesse caso, se enquadram os derramamentos de produtos químicos em ambiente de recursos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0) e incêndios urbanos (COBRADE 2.3.1.1.0) para alguns tipos de empreendimentos, ou em acidentes envolvendo o transporte de produtos perigosos. De maneira geral, são causados por quantidades relevantes de compostos inertes (não conservativos) cujos impactos nos recursos hídricos se referem a uma degradação da qualidade causada por turbidez, ou pequenas quantidades (50kg) de descarga de contaminantes conservativos. Assim, referem-se a ocorrências de gestão pontual. Assim, se referem a eventos com danos e prejuízos pontuais em cursos d'água, demandando ações de contingência também pontuais, sem afetar captações de água e, conseqüentemente, o abastecimento local. A gestão poderá ser estritamente municipal ou por comitê de bacia hidrográfica, a depender da localização da ocorrência.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: relacionada à derramamento de poluentes, de forma direta ou indireta, em quantidades relevantes quando analisada a toxicidade do composto e sua persistência no meio. Nesse caso, se enquadram os derramamentos de produtos químicos em ambiente de recursos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0) e incêndios urbanos (COBRADE 2.3.1.1.0) para alguns tipos de empreendimentos, além dos desastres relacionados a transportes rodoviários (COBRADE 2.2.4.1.0). Referem-se a uma degradação da qualidade por turbidez causada por grandes quantidades de material em suspensão, ou quantidades moderadas (1000 kg) de descarga de contaminantes conservativos. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de médio porte, afetando consideravelmente a qualidade da água e paralisando o abastecimento em alguns locais do município. Como referência desse cenário, pode ser citado a ocorrência de vazamento do ácido sulfônico no município, em janeiro de 2024. Pode classificar-se como desastre de nível II, pela Portaria nº220/2022 do MI, a depender das características socioeconômicas do município e a gestão deverá ser por comitê de bacia hidrográfica.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: relacionada à derramamento de poluentes em quantidades relevantes e com compostos de alta toxicidade e persistência no meio. Trata-se de eventos de derramamento de produtos químicos em ambiente de recursos hídricos (COBRADE 2.2.2.2.0) e incêndios urbanos (COBRADE 2.3.1.1.0) para alguns tipos de empreendimentos, além dos desastres relacionados a transporte rodoviário (COBRADE 2.2.4.1.0). De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de grande porte, afetando consideravelmente a qualidade da água e paralisando o abastecimento em grande parte ou em todo o município, bem como podendo afetar regiões vizinhas. Como referência desse tipo de desastre pode ser citado o rompimento do Oleoduto Santa Catarina–Paraná (OSPAR), duto ligado à Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Repar), da Petrobras, em Araucária, causou o vazamento de uma enorme quantidade de petróleo, contaminando a bacia do Arroio Saldanha e os rios Barigui e Iguaçu. Também se inclui como referência o incêndio na Ultracargo em Santos, no bairro da Alemoa aconteceu no ano de 2015, que durou 9 dias, e ocupou 140 profissionais do corpo de bombeiros e um esforço internacional em abastecer as equipes com a espuma necessária para o combate às chamas, a cidade de Santos e o meio ambiente enfrentou consequências graves desse incêndio duradouro. Classifica-se como desastre de nível III, pela Portaria nº220/2022 do MI, e a gestão deverá ser por comitê de bacia hidrográfica.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Com relação a magnitude dos riscos relacionados ao colapso e recalque de edificações (**Quadro 4.6.1.2-2**), esta tem a evolução dos eventos marcada pela sua dimensão no que diz respeito ao número de edificações envolvidas e os respectivos danos e prejuízos. A partir daí, os cenários são estabelecidos e determinará o porte do evento e conseqüentemente o grau de mobilização municipal, o que em cenários de alta magnitude de impacto poderá resultar na evacuação completa de determinados locais afetando a dinâmica municipal e envidando uma considerável mobilização.

Outro aspecto utilizado na definição do cenário de magnitude está relacionado a classificação dos desastres considerando o enquadramento definido na Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2014, a depender das características socioeconômicas do município.

Quadro 4.6.1.2-2. Cenários de magnitude para risco tecnológico relacionados à colapso e recalque de edificações

Cenário	Risco tecnológico – colapso e recalque de edificações
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: relacionado ao colapso e/ou recalque pontual de uma estrutura ou edificação. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos pontuais, refletindo em uma gestão também pontual e de pouca mobilização municipal.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: relacionada ao colapso e/ou recalque de algumas estruturas e edificações, que não necessariamente possuem correlação de deflagração. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de médio porte que demandam mobilização municipal. Pode classificar-se como desastre de nível II ou III, a depender das características socioeconômicas do município.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: relacionada a problemas urbanos de ocupação densa em solos colapsíveis, acarretando colapso e/ou recalque generalizados, de edificações e estruturas, de um ou mais bairros. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de grande porte, resultando na evacuação completa dos locais e afetando a dinâmica municipal e demandando uma considerável mobilização municipal. Como referência de um desastre desse tipo, pode ser citado o Desabamento do Edifício Palace II em 1998, no Rio de Janeiro - O prédio de 22 andares desabou devido a erros na construção, resultando na morte de oito pessoas, contudo situação em Bangladesh em 2013 vitimou 1.100 pessoas, exigindo esforços que sobressaltam a capacidade de um município de responder ao desastre. Eventualmente pode ser classificado como desastre de nível III.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A exemplo da magnitude dos riscos relacionados a incêndios urbanos (**Quadro 4.6.1.2-3**), os cenários de magnitude de incêndios e/ou explosões em série em indústrias, residências ou áreas florestadas são dimensionados a partir do porte dos danos e prejuízos, além da área de atingimento. Neste contexto, a definição da magnitude do cenário também vai direcionar o grau de mobilização da municipalidade e dos recursos humanos e infraestrutura além da esfera municipal, se necessário.

Outro aspecto utilizado na definição do cenário de magnitude está relacionado a classificação do respectivo desastre considerando o seu enquadramento definido na Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2014, a depender das características socioeconômicas do município. A Instrução Normativa Nº 01, de 24 de agosto de 2012 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 (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL).

Quadro 4.6.1.2-3. Cenários de magnitude para risco tecnológico relacionados à incêndios urbanos

Cenário	Risco tecnológico – incêndios urbanos
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: relacionada à ocorrência de incêndio e/ou explosão em apenas uma edificação, em contexto industrial (COBRADE 2.3.1.1.0) ou residencial (COBRADE 2.3.1.2.0), que não afeta estruturas e edificações da vizinhança. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos pontuais, refletindo em uma gestão também pontual e de pouca mobilização municipal.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: relacionada à ocorrência de incêndio e/ou explosão em uma edificação, em contexto industrial (COBRADE 2.3.1.1.0) ou residencial (COBRADE 2.3.1.2.0), que afeta diretamente edificações vizinhas por meio das chamas ou pelo deslocamento de ar resultante da explosão. De maneira geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de médio porte, resultando em grande considerável mobilização. Pode classificar-se como desastre de nível II ou III, pela Portaria nº220/2022 do MI, a depender das características socioeconômicas do município.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: relacionada à ocorrência de incêndios e/ou explosões em série, em contexto industrial (COBRADE 2.3.1.1.0) ou residencial (COBRADE 2.3.1.2.0), onde uma ocorrência desencadeia outras em sequência nas edificações e estruturas vizinhas. De maneira

Quadro 4.6.1.2-3. Cenários de magnitude para risco tecnológico relacionados à incêndios urbanos

Cenário	Risco tecnológico – incêndios urbanos
	geral, se referem a eventos com danos e prejuízos de grande porte, afetando diversas edificações e áreas florestadas e resultando em grande mobilização, para além de municipal, principalmente no caso de incêndio pela possibilidade de uma rápida evolução. Nesse tema, referências de desastres podem ser citados, o incêndio da Vila Socó, que vitimou 93 pessoas em 1994, o incêndio da Boate Kiss de 2013 com 243 óbitos, e o edifício Joelma em 1974 com 191 vítimas. Eventualmente pode ser classificado como desastre de nível III pela Portaria nº 220/2022 do MI.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A exemplo da magnitude dos riscos relacionados a acidentes com transporte de passageiros e/ou cargas não-perigosas (**Quadro 4.6.1.2-4**), os cenários de magnitude são dimensionados a partir do tipo de dano (material ou humano), severidade das lesões (DER-SP, 2023) e nível de impacto sobre o tráfego. Neste contexto, a definição da magnitude do cenário também vai direcionar o grau de mobilização da municipalidade e dos recursos humanos e infraestrutura além da esfera municipal, se necessário.

Devido a suas particularidades, ao não incluir mesmo nos piores não foi utilizado para definição do cenário de magnitude deste tipo de desastre a classificação constante na Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2014.

Quadro 4.6.1.2-4. Cenários de magnitude para risco tecnológico relacionados a acidentes com transporte de passageiros e cargas não-perigosas

Cenário	Risco tecnológico – acidentes com transporte de passageiros e cargas não-perigosas
Cenário 1	Baixa Magnitude de Impacto: relacionada à ocorrência de acidente com carga não perigosa em contexto urbano ou rodoviário (COBRADE 2.5.1.0.0), que não apresente vítimas e/ou acarrete apenas pequenos danos materiais ou impacto no tráfego local.
Cenário 2	Média Magnitude de Impacto: relacionada à ocorrência de acidente com carga não perigosa em contexto urbano ou rodoviário (COBRADE 2.5.1.0.0), que apresente vítimas com grau de severidade das lesões entre 1 e 3 na escala AIS*, e/ou acarrete grandes danos materiais ou impacto no tráfego local.
Cenário 3	Alta Magnitude de Impacto: relacionada à ocorrência de acidente com carga não perigosa em contexto urbano ou rodoviário (COBRADE 2.5.1.0.0), que apresente vítimas com grau de severidade das lesões acima ou igual a 4 na escala AIS*, bem como uma ou mais vítimas fatais (lesão nível 6), e/ou acarrete grandes danos materiais ou impacto no tráfego regional.

Fonte do Quadro: Elaborado pelo Consórcio.

* *Abbreviated Injury Scale* (AIS) Traduzida como “Escala Abreviada de Lesões”, tem como objetivo classificar a gravidade de lesões em diferentes regiões do corpo humano, a fim de avaliar as vítimas, mas que também pode ser base para o cálculo de outros índices de gravidade, como o *Injury Severity Score* (ISS). A AIS atribui um número de 1 a 6 a cada lesão, de acordo com sua gravidade:

- 1: Lesão insignificante ou sem incapacidade.
- 2: Lesão leve, com incapacidade temporária menor.
- 3: Lesão moderada, com incapacidade temporária significativa.
- 4: Lesão grave, com risco de vida.
- 5: Lesão muito grave, com risco de vida iminente.
- 6: Lesão fatal.

Fonte: Association for the Advancement of Automotive Medicine (2025) Disponível em < <https://www.aaam.org/abbreviated-injury-scale-ais-position-statement/> > Acesso em 15 de janeiro de 2025

4.6.1.3 Teste de aderência entre mapas de risco e inventário

Os mapas apresentados de suscetibilidade e de risco foram analisados espacialmente com uso das ocorrências do cadastro do inventário apresentado. A abrangência da suscetibilidade é realizada para todo o município, mas quando analisado o risco, a abrangência é reduzida para as áreas de exposição, analisadas pela vulnerabilidade. Assim, as análises de aderência dos mapas para as ocorrências do inventário foram apresentadas para as classes de suscetibilidade e das classes de risco. As **Tabelas 4.6.1.3-1 a 4.6.1.3-9** apresentam a distribuição das ocorrências nas classes para a discussão da sensibilidade e das variáveis.

Tabela 4.6.1.3-1. Aderência das ocorrências com risco e suscetibilidade a incêndios urbanos.

Suscetibilidade a incêndios urbanos					Risco de incêndios urbanos				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km²	n/km²		n	%	km²	n/km²
Alto	18	56,3	53,96	0,33	Alto	19	59,4	59,04	0,32
Médio	7	21,9	37,21	0,19	Médio	0	0,0	14,94	0,00
Baixo	0	0,0	0,15	0,00	Baixo	0	0,0	0,94	0,00
Não Calc.	7	21,9	123,68	0,06	Não Calc.	13	40,6	140,09	0,09
Soma	32		215,00		Soma	32		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-2. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a incêndios.

Suscetibilidade a incêndios					Risco de incêndios				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km²	n/km²		n	%	km²	n/km²
Alto	31	59,6	53,96	0,57	Alto	33	63,5	59,04	0,56
Médio	11	21,2	37,21	0,30	Médio	5	9,6	14,94	0,33
Baixo	0	0,0	0,15	0,00	Baixo	0	0,0	0,94	0,00
Não Calc.	10	19,2	123,68	0,08	Não Calc.	14	26,9	140,09	0,10
Soma	52		215,00		Soma	52		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-3. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a Colapso de Estrutura/Pontes/Edificações.

Suscetibilidade a Colapso de Estrutura/Pontes/Edificações					Risco de Colapso de Estrutura/Pontes/Edificações				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	835	26,8	29,95	27,88	Alto	1021	32,8	44,73	22,82
Médio	271	8,7	20,39	13,29	Médio	226	7,3	11,52	19,61
Baixo	266	8,5	15,75	16,89	Baixo	125	4,0	9,52	13,12
Não Calc.	1743	56,0	148,91	11,70	Não Calc.	1743	56,0	149,22	11,68
Soma	3115		215,00		Soma	3115		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-4. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a Rompimento/colapso de barragens.

Suscetibilidade a Rompimento/colapso de barragens					Risco de Rompimento/colapso de barragens				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	0	0,0	29,95	0,00	Alto	0	0,0	44,73	0,00
Médio	0	0,0	20,39	0,00	Médio	0	0,0	11,52	0,00
Baixo	0	0,0	15,75	0,00	Baixo	0	0,0	9,52	0,00
Não Calc.	0	0,0	148,91	0,00	Não Calc.	0	0,0	149,22	0,00
Soma	0		215,00		Soma	0		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-5. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a Vazamento/Transporte rodoviário.

Suscetibilidade a Vazamento/Transporte rodoviário					Risco de Vazamento/Transporte rodoviário				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%				n	%		
Alto	1	16,7	50,69	0,02	Alto	1	16,7	48,89	0,02
Médio	3	50,0	36,97	0,08	Médio	1	16,7	33,83	0,03
Baixo	0	0,0	0,34	0,00	Baixo	2	33,3	4,86	0,41
Não Calc.	2	33,3	127,00	0,02	Não Calc.	2	33,3	127,43	0,02
Soma	6		215,00		Soma	6		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-6. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a Vazamento/Desastres relacionados a transporte ferroviário de produtos perigosos.

Suscetibilidade a Vazamento/Desastres relacionados a transporte ferroviário de produtos perigosos					Risco de Vazamento/Desastres relacionados a transporte ferroviário de produtos perigosos				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%				n	%		
Alto	2	100,0	50,69	0,04	Alto	2	100,0	48,89	0,04
Médio	0	0,0	36,97	0,00	Médio	0	0,0	33,83	0,00
Baixo	0	0,0	0,34	0,00	Baixo	0	0,0	4,86	0,00
Não Calc.	0	0,0	127,00	0,00	Não Calc.	0	0,0	127,43	0,00
Soma	2		215,00		Soma	2		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-7. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a Vazamento/Transporte dutoviário.

Suscetibilidade a Vazamento/Transporte dutoviário					Risco de Vazamento/Transporte dutoviário				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	1	100,0	50,69	0,02	Alto	1	100,0	48,89	0,02
Médio	0	0,0	36,97	0,00	Médio	0	0,0	33,83	0,00
Baixo	0	0,0	0,34	0,00	Baixo	0	0,0	4,86	0,00
Não Calc.	0	0,0	127,00	0,00	Não Calc.	0	0,0	127,43	0,00
Soma	1		215,00		Soma	1		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-8. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a Vazamento/Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero.

Suscetibilidade a Vazamento/Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero					Risco de Vazamento/Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano	Índice
	n	%	km ²	n/km ²		n	%	km ²	n/km ²
Alto	3	75,0	50,69	0,06	Alto	3	75,0	48,89	0,06
Médio	0	0,0	36,97	0,00	Médio	0	0,0	33,83	0,00
Baixo	0	0,0	0,34	0,00	Baixo	0	0,0	4,86	0,00
Não Calc.	1	25,0	127,00	0,01	Não Calc.	1	25,0	127,43	0,01
Soma	4		215,00		Soma	4		215,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 4.6.1.3-9. Aderência das ocorrências com classes de risco e suscetibilidade a acidentes com transporte de passageiros e cargas não-perigosas.

Suscetibilidade a acidentes com transporte de passageiros e cargas não perigosas					Risco de acidentes com transporte de passageiros e cargas não perigosas				
Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano km²	Índice n/km²	Classe	Ocorrências		Área no perímetro urbano km²	Índice n/km²
	n	%				n	%		
Alto	966	33,54	0,65	1478,13	Alto	933	32,40	0,42	2227,1
Médio	694	24,10	0,79	876,27	Médio	706	24,51	1,28	552,73
Baixo	561	19,48	1,59	352,19	Baixo	1241	43,09	22,17	55,98
Muito Baixo ou Não Calc.	659	22,88	20,83	31,64	Não Calc.		0,00	0	-
Soma	2880		0		Soma	2280		0	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Na análise da aderência entre os mapas de suscetibilidade e de risco nos riscos tecnológicos serão agrupados em três grupos em função do contexto de espacialização das ocorrências no que diz a aspectos pontuais, lineares e regional, sendo eles Incêndio e Colapso de Estrutura/Pontes/Edificações; Rompimento/colapso de barragens e vazamento/Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero; e Transporte de produtos perigosos.

Dessa forma, é importante avaliar a base de dados analisadas das ocorrências, que se referem aos registros das consequências desses desastres pelo sistema de defesa e proteção civil, ou pela imprensa. Nas áreas mais densamente povoadas, onde temos os registros de Incêndio e Colapso de Estrutura/Pontes/Edificações, tendem a solicitar e reportar os impactos apresentando valores que destacam dentre todos os registros. Assim, a sensibilidade e aderência da assertividade da análise de suscetibilidade e riscos também podem sofrer influência da quantidade e localidade dos registros, e nesse caso, se concentrar nas áreas mais urbanizadas e ficarem rarefeitas nas áreas menos urbanizadas na serra. Por outro lado, as ocorrências relacionadas ao Rompimento/colapso de barragens e vazamento/Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero; e Transporte de produtos perigosos, seja pelo modal rodoviário, ferroviário ou dutoviário, apresentam um número inexpressivo de ocorrências, o que por um lado é positivo, por outro dificulta uma análise da aderência mais realista entre classes de risco e suscetibilidade.

A análise dos Incêndios foi feita a partir de dois recortes de ocorrências que foram organizadas pelas referidas fontes de informações e agrupadas em “Incêndios” e “incêndios urbanos” cujos critérios de divisão não foram identificados, mas que de certa forma não dificulta a análise pela proporcionalidade dos resultados. Nos dois recortes a aderência do mapa de suscetibilidade ao mapa de riscos ocorreu na classe de risco alto e em menor quantidade na classe média, reforçando a necessidade de uma gestão mais direcionada nas regiões com alta suscetibilidade indicadas nos mapas. Quanto a análise das ocorrências relacionadas ao Colapso de Estrutura/Pontes/Edificações, a aderência na classe alta para suscetibilidade e riscos apresentam valores muito próximos na relação ocorrência por área, mas quando comparamos esta relação na classe média os valores do mapa de risco possuem uma relação 50% maior o que denota a influência maior de alguns aspectos que pela escala de mapeamento merecem uma análise mais detalha e uma reavaliação deste cenário.

Com relação ao Rompimento/colapso de barragens e vazamento/Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero pelo caráter mais pontual da ocorrência e o baixo registro de ocorrências não possibilitou a efetivação da análise. Destaca-se

ainda que as ocorrências de rompimento/colapso de barragens estão fora do perímetro urbano, e, portanto, não foram utilizadas na análise.

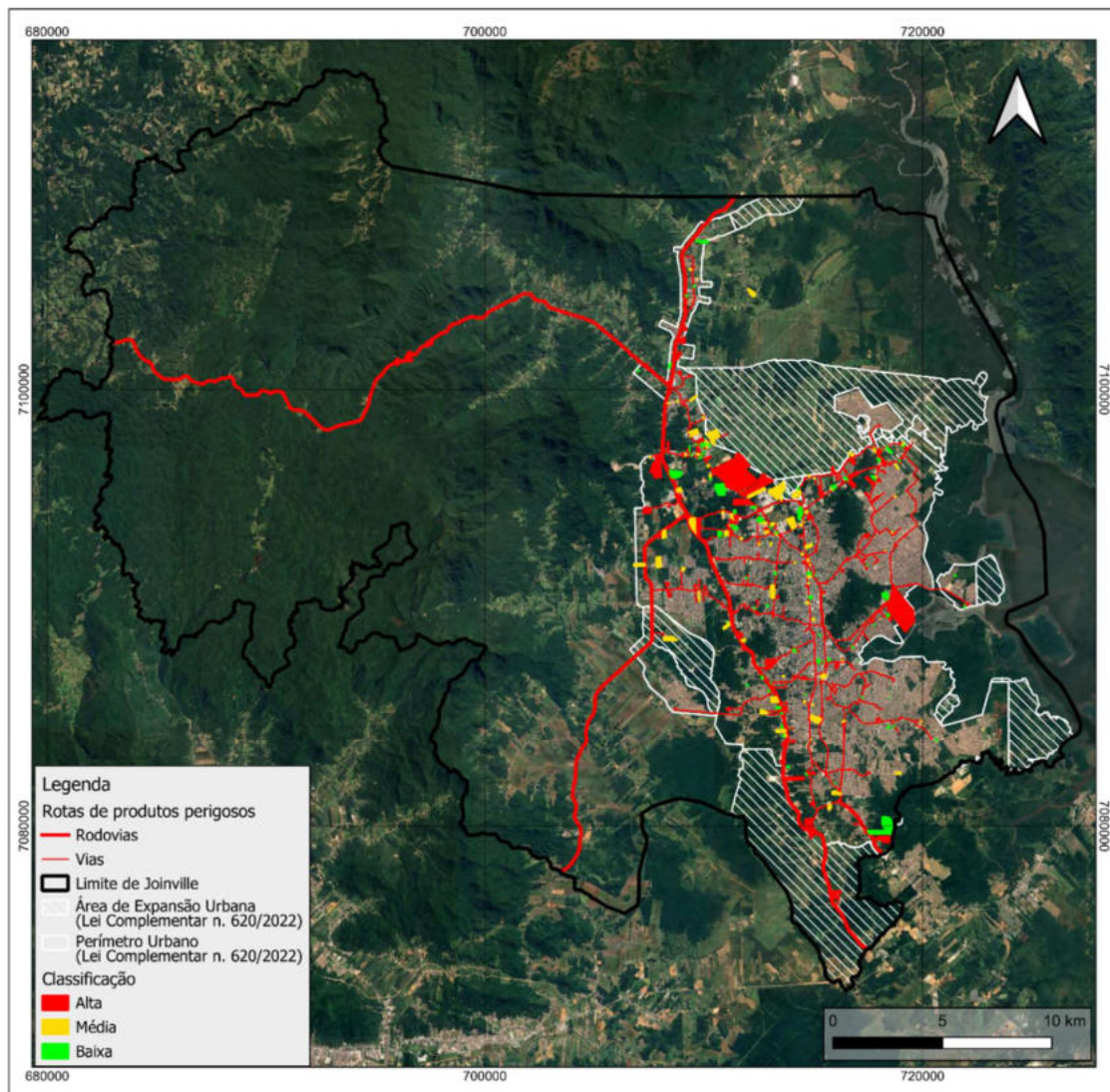
Quanto a aderência relacionada ao Transporte de produtos perigosos no modal rodoviário registramos uma aderência na mesma proporção entre suscetibilidade e risco na classe Alta e média, apesar da maioria das ocorrências não serem calculadas. Este cenário reforça locais de maior fluxo de circulação de produtos perigosos, centrados nos eixos rodoviários, da BR 101 e SC 418, que devem ser priorizadas no gerenciamento destes riscos. Já no modal ferroviário e dutoviário o baixo número de ocorrências impossibilitou a análise de aderência, mas que independente disso deve ser considerada no referido gerenciamento.

4.6.1.4 Identificação de ameaças

Os eventos tecnológicos ocorrem em consequência de circunstâncias muito variadas relacionados ao Incêndio/explosões, Colapso de Estrutura/Pontes, Rompimento/colapso de barragens, Vazamento/derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero, Transporte de produtos perigosos, e Transporte de passageiros e cargas não-perigosas. Neste contexto, as ameaças devem levar em conta a localização, espacialização, magnitude e atingimento dos eventos, além da tipologia dos processos produtivos em relação à exposição dos elementos considerados no ambiente. Destaca-se nestes cenários outros aspectos que podem potencializar a ocorrência dos eventos e desastres associados.

No caso de incêndios/explosões a identificação das ameaças se dá de acordo com a localização de aglomerados urbanos, o sistema viário local e rodovias que são rotas de produtos perigosos, indústrias manipulação de produtos perigosos e processos industriais com potencial perigo associado, faixas de dutos de transporte de combustíveis, além das ferrovias. Na **Figura 4.6.1.4-1** temos o Mapa de fontes e ameaças para incêndios, explosões com destaque para a classe de alta ameaça localizada ao longo das rodovias que cortam o município como a BR-101, SC 108 e SC 418 e do sistema viário local que se ramifica dentro da porção urbanizada do município, além dos distritos industriais e outras edificações existentes nestas áreas.

Figura 4.6.1.4-1. Mapa de fontes e ameaças para incêndios e explosões

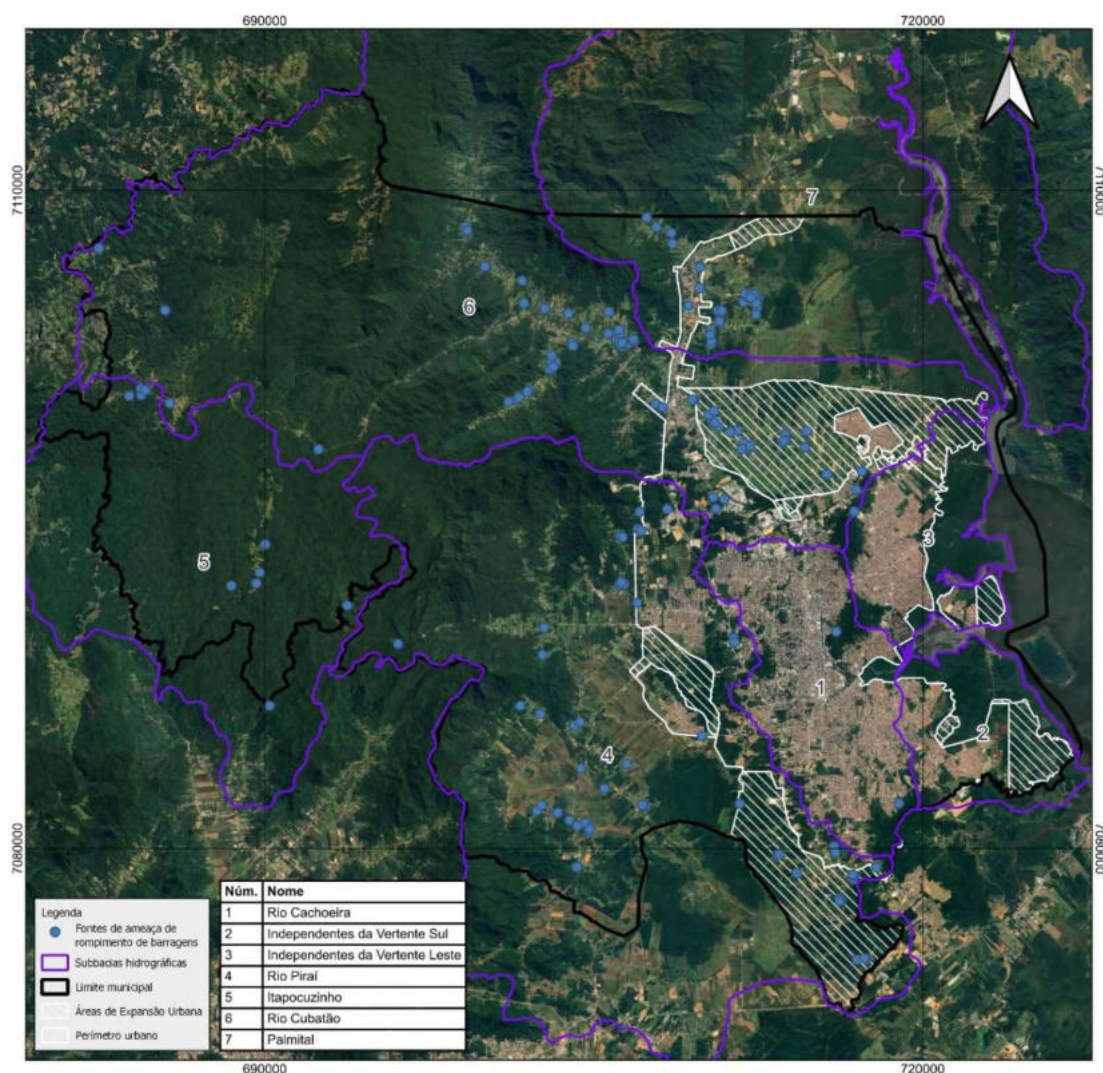


Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

No que diz respeito à identificação de ameaças relacionadas ao Colapso de Estrutura/Pontes/Edificações, o foco deve estar direcionado às construções inadequadas e implantadas sem critérios técnicos, potencializando problemas estruturais e sujeitas a recalques principalmente quando implantadas nos domínios de solos com baixa capacidade de suporte. Outra forma de identificação destas ameaças consiste, também, na identificação de moradias irregulares perante as posturas municipais de uso e ocupação do solo. Quanto a outras estruturas existentes no município como obras de arte (pontes e viadutos), mais do que a localização, as ameaças podem ser identificadas e pontualmente o grau de ameaça ser classificado em decorrência do estado de conservação e da avaliação das condições estruturais e de fundações delas.

Quanto à identificação das ameaças relacionadas ao Rompimento/colapso de barragens temos como aspecto norteador a localização destas estruturas de retenção de água. Na Figura 4.6.1.4-2 pode-se observar a existência de pequenos barramentos localizados, principalmente, nas áreas menos urbanizadas e caracterizando uma ameaça num cenário de baixa vulnerabilidade. Por esta razão, doravante o rompimento ou colapso de barragens não será considerado quando a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco, todavia serão objeto de monitoramento e outras ações fiscalizatórias articuladas e recomendadas no Plano de Gestão de Riscos e Desastres de Joinville.

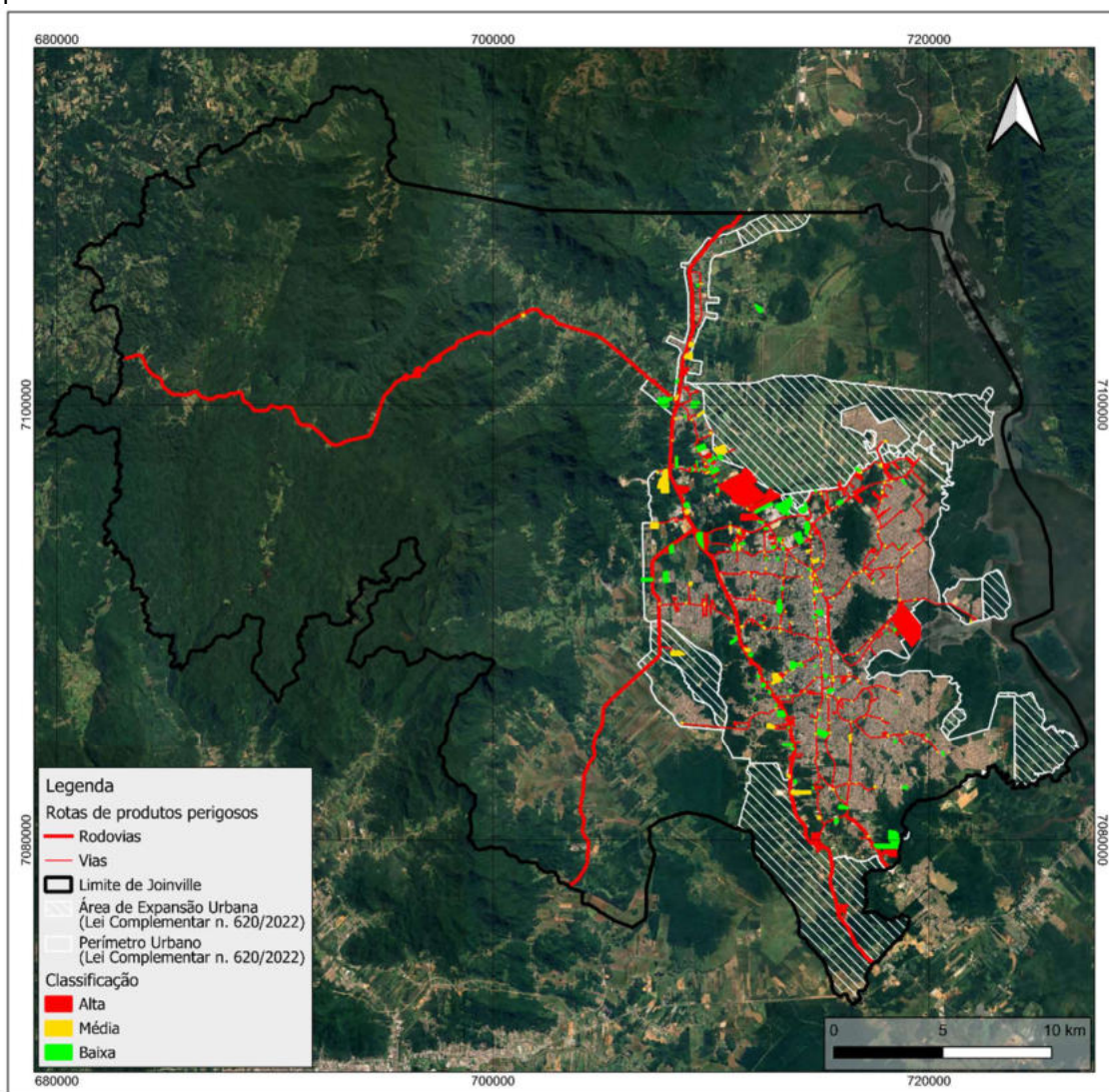
Figura 4.6.1.4-2. Mapa de fonte e ameaça de rompimento ou colapso de barragens.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O vazamento / derramamento de produtos químicos em ambiente aquoso, englobando lacustre, fluvial, marinho e aquífero, constitui uma ameaça à qualidade das águas, principalmente aos mananciais, tendo sua deflagração atrelada a cenários imprevisíveis, mas por vezes relacionada a falha humana. Neste contexto, na **Figura 4.6.1.4-3** observa-se que os distritos industriais e ao longo das rodovias e sistema viário local, onde há circulação de produtos perigosos e, conseqüentemente, a probabilidade de ocorrência de acidentes com este tipo de transporte, são os locais classificados com cenário de probabilidade de máxima gravidade e magnitude para esse tipo de ocorrência.

Figura 4.6.1.4-3. Mapa de fontes e ameaças para vazamento de produtos perigosos em meio aquoso.



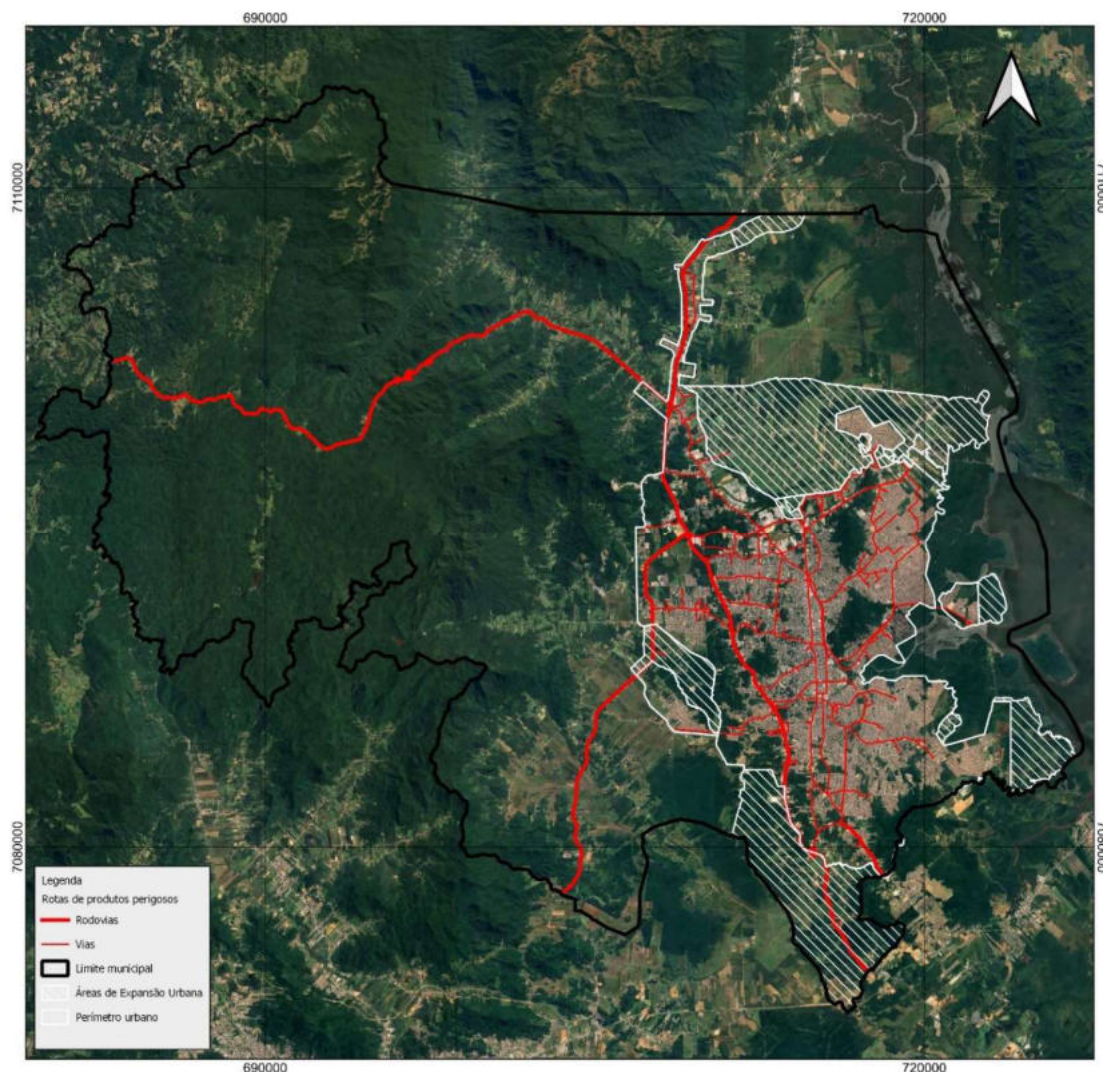
Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O transporte de produtos perigosos nos diversos modais, rodoviário, ferroviário e dutoviário, representa uma atividade que constitui grande ameaça a todo ecossistema devido ao grande impacto e poder de atingimento, bem como uma ameaça à população lindeira pela contaminação da água e possibilidade de explosões e ocorrência de nuvens tóxicas, como no caso de vazamento de amônia, por exemplo.

Na **Figura 4.6.1.4-4** estão destacadas como grau de ameaça alto a malha rodoviária que corta o município de Joinville, BR-101, SC 108 e SC 418, e o sistema viário local, além das faixas de dutos e ferrovia que também transportam esses produtos. Nestes canais de mobilidade, e dentro desta classificação de “alto”, pode-se elevar o nível da gravidade desta ameaça quando cortam áreas com grande adensamento urbano e bacias mananciais em função da magnitude que o evento adverso pode causar, sendo que esta magnitude aumenta em decorrência das características de produto envolvido.

Em decorrência deste cenário o presente plano irá considerar e destacar a importância das ações de fiscalização, no enfoque preventivo, e os Planos de Atendimento a Emergências face às especificidades dos protocolos a serem adotados e dos agentes externos da administração municipal que deverão ser envolvidos.

Figura 4.6.1.4-4. Mapa de fonte e ameaça de rota de produtos perigosos.

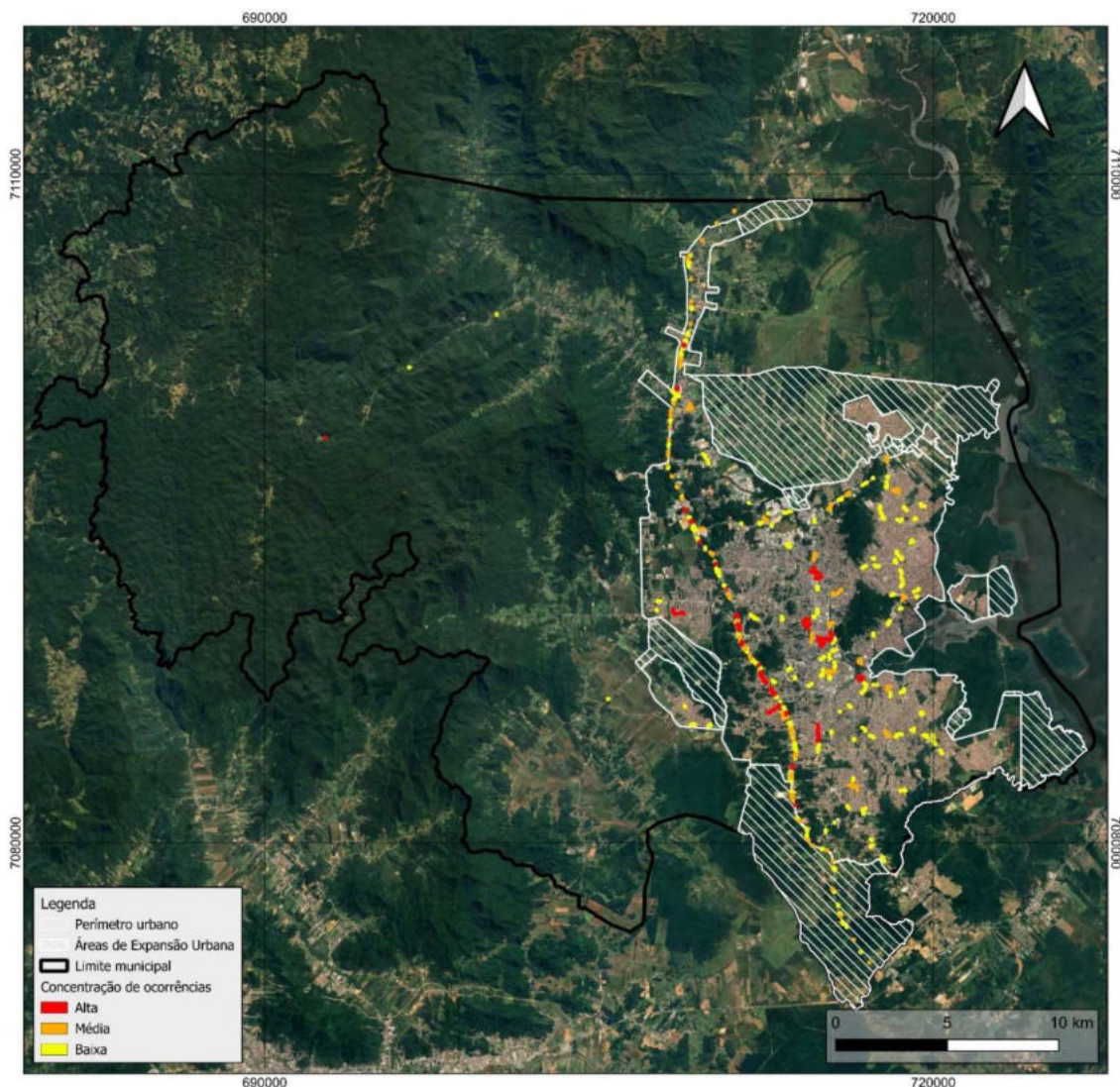


Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

O transporte de passageiros e cargas não-perigosas em contexto rodoviário e urbano, pela intensidade e constância de seus fluxos, oferece grande poder de atingimento quando da ocorrência de acidentes. Assim estes eventos constituem grande ameaça, à qual estão expostos todos os elementos lindeiros ou sobre as próprias vias (humanos e materiais), bem como os próprios passageiros e condutores dos veículos.

Na **Figura 4.6.1.4-5** o grau de ameaça está representado pela concentração de ocorrências, considerando-se um raio de 150 m para a identificação de zonas de maior frequência de acidentes. Na área urbana, os dados de ocorrência foram disponibilizados, para a área urbana, pelo DETRANS, enquanto os dados referentes à rodovia BR-101 foram obtidos junto à PRF. Para ambos os casos, filtrou-se as ocorrências associadas a ônibus e caminhões.

Figura 4.6.1.4-5. Mapa de fonte e ameaça de acidentes com passageiros e cargas não perigosas.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.6.2 ANÁLISE DA COMPLEXIDADE E CONECTIVIDADE

Com vistas à análise de conectividade e complexidade espaço-temporal de deflagração de processos, realizou-se uma interpretação do inventário apresentado no Produto 03. Para tanto, agrupou-se os registros de ocorrência por dia, a fim de apontar quantas repetições de correlação diária por processo ocorreram para, posteriormente, indicar possível grau de ligação entre os processos e possível padrão de ocorrência, ou seja, quando um processo tem grandes condições de ser deflagrado junto ao outro.

A matriz de complexidade e conectividade apresentada com todos resultados foi apresentada no item 4.1. Neste item serão comentados os resultados relacionados ao grupo dos riscos tecnológicos. Vale ressaltar que a matriz foi construída a partir do cadastro de ocorrências, destacando os dias em que houve registros múltiplos. Contudo, entende-se que por vezes os registros podem acabar não tendo seus registros devidamente realizados, como por exemplo, registros rompimento/colapso de barragens; derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero; e desastres relacionados a transporte dutoviário de

produtos perigosos apontando uma correlação com menor coincidência de eventos e na maioria nula.

Com relação aos riscos tecnológicos, destacamos na matriz de complexidade e conectividade eventos relacionados a colapso de edificações, com um considerável número de conectividades, e desastres relacionados a transporte rodoviário de produtos perigosos, incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos com menor frequência.

Dentro dos riscos tecnológicos destacamos o colapso de edificações onde as maiores correlações estão relacionados aos eventos de deflagração direta por atuação das chuvas intensas como chuvas intensas (28), alagamentos (184), deslizamento de solo e/ou rocha (369), enxurrada (20), granizo (08), vendaval (64), processos erosivos (131), corrida de massa de solo (140), desastres relacionados a transporte rodoviário de produtos perigosos (08), incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos (38).

Na análise de riscos apresentada no Produto 05 o colapso de edificações foi associado ao processo primário decorrente de processos do meio físico relacionados a solo/rochas com baixa capacidade de suporte, ou seja, passíveis de recalques, o que vem a comprometer a integridade física destes imóveis. Por outro lado, na presente análise de conectividade o colapso de edificações, que registrou números consideráveis, é um processo secundário e está relacionado ao atingimento destas edificações decorrentes dos processos relacionados acima e deflagrados por atuação das chuvas.

Detalhando os processos de deflagração do colapso de edificações pelos altos índices pluviométricos destacamos os geológicos (deslizamentos, corrida de massa, erosão) pelo intenso poder destrutivo de sua evolução quando temos nas áreas de riscos moradias extremamente vulneráveis, além da remobilização de solos/rochas. Quanto aos eventos hidrológicos, o potencial destrutivo está associado a grande capacidade e energia de transporte e a intensidade dos eventos pluviométricos.

O **Quadro 4.6.2-1** apresenta a descrição dos eventos relacionados ao colapso de edificações delimitados por suas datas de registro das ocorrências e uma descrição e interpretação resumida do evento com base no inventário apresentado no Produto 03.

Quadro 4.6.2-1. Ocorrências relacionadas ao colapso de edificações organizadas pela data e descrição do evento.

Data do evento	Descrição do evento
18/7/2011	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos
13/3/2015	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa.
23/10/2015	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa
21/10/2016	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa.
30/1/2017	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa
17/1/2018	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
09/2/2020	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.

Quadro 4.6.2-1. Ocorrências relacionadas ao colapso de edificações organizadas pela data e descrição do evento.

Data do evento	Descrição do evento
01/1/2021	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
02/1/2021	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos.
10/8/2022	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
17/2/2022	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos, tendo chuva (atrelada à ocorrência de granizo) como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo possivelmente correlacionado à chuva de granizo.
18/2/2022	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos, tendo chuva intensa (atrelada à ocorrência de granizo) como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo possivelmente correlacionado à chuva intensa.
20/12/2022	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
28/11/2022	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo chuva intensa (atrelada à ocorrência de granizo) como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos.
30/11/2022	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos. Apesar de não estar registrada ocorrência de chuva intensa, pelas tipologias registradas presume-se que houve chuva com alto índice pluviométrico no dia, a qual pode estar atrelada também à ocorrência de vendaval.
19/1/2023	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Acrescenta-se, ainda, vendaval como processo correlacionado à chuva intensa.
03/1/2023	Evento com predomínio de deflagração de processos hidrológicos e geológicos, respectivamente, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Há correlação, ainda, da atuação de ondas de frio com chuvas intensas, devido à ocorrência de chuvas pré-frontais, normalmente caracterizadas por altos índices pluviométricos.
04/10/2023	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, tendo chuva intensa como fator deflagrador e colapso de edificações como consequência desses processos. Há correlação, ainda, da atuação de ondas de frio com chuvas intensas, devido à ocorrência de chuvas pré-frontais, normalmente caracterizadas por altos índices pluviométricos.
11/1/2024	Evento com predomínio de deflagração de processos geológicos e hidrológicos, respectivamente, tendo colapso de edificações como consequência desses processos.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.6.3 ANÁLISE DA NATUREZA E MAGNITUDE DAS CONSEQUÊNCIAS

A base de dados do Atlas de desastres do MDR, embora apresente algumas informações relacionadas aos desastres tecnológicos, este encontra-se agrupados como “outros” e colapso de barragens. Dentro da categoria “outros”, existem informações despadronizadas que às vezes descrevem um incêndio, às vezes um colapso de edificações, mas na maior parte das vezes descreve consequências, sem relacionar ao tipo de desastre, como por exemplo, relata a perda de moradia, e descreve o número de desabrigados. Assim, essa base não viabiliza a análise da natureza e magnitude das consequências, conforme foi realizado em outras tipologias do desastre, de forma qualitativa, em cenários e permitindo a descrição de uma análise quantitativa de relacionar as consequências.

A análise da base internacional do EM-DAT apresenta dados limitados para o Brasil, e dos 100 registros, mais de 70 são relacionados ao transporte de passageiros, de maneira que não pode ajudar com informações sistemáticas para a análise. Por isso, foi decidido utilizar a base internacional de dados, ordenando as magnitudes e consequências, para um grupo de população para ser aplicado indiretamente para a realidade do município.

No caso do transporte de passageiros mesmo com boa cobertura, a base de atlas de desastres do Brasil não apresenta dados nessa modalidade de eventos, representados principalmente por acidentes navais, ferroviários e da aviação, e assim não representando os eventos necessários para o município de Joinville, que são os representados por acidentes rodoviários com passageiros.

Para os desastres do tipo vazamento de produtos perigosos, incluindo gás, de 83 registros, foram reportadas 872 mortes, 13 mil feridos, 858 mil afetados, e os danos e prejuízos somados e corrigidos para 2023, soma U\$ 1,45 Bi, ou R\$ 7,8 Bilhões. Dos quais, nenhuma linha descreve o tipo de dano ou prejuízo. R\$ 93 milhões de reais por acidente, e 10,5 mortes por acidente. Quanto a relação com o número de afetados equivale a 0,1% de mortes e R\$ 9.133,49 por afetado.

Para as explosões e incêndios industriais, a mesma análise apontou 570 ocorrências (apenas incêndios e explosões), 16.840 mortes, 21.819 feridos, 69.3420 afetados. Total de danos e prejuízos em U\$ 48,7 Bi, ou R\$ 260 bilhões de reais. Desses, existe descrição para danos de reconstrução, e dano assegurados, que juntos equivalem a menos de 10% do total de prejuízos. R\$ 456 milhões por acidente, e 29 mortes por acidente. Quanto a relação com o número de afetados equivale a 2,4% de mortes e R\$ 374.953,13 por afetado.

Para colapsos, a mesma análise apontou 158 ocorrências, 4491 mortes, 5877 feridos, 21138 afetados. Total de danos e prejuízos em U\$ 16,94 mi, ou R\$ 90,62 milhões de reais. Desses, não existe descrição para danos de reconstrução, e dano assegurados. Quanto a relação com o número de afetados equivale a 21,2% de mortes e R\$ 573.601,27 por afetado.

As barragens de rejeitos não apresentam bases adequadas, mas no Atlas do MDR, de 1991 a 2023, os 28 apontamentos de rompimento de barragens, apontaram zero mortes, 2 feridos, 76 mil afetados, R\$ 73,6 milhões de danos materiais e R\$ 45 milhões de prejuízos econômicos. Estes números juntos, não alcançam os desastres de Brumadinho e Mariana, e por isso pode ser descartado como análise por taxas. Em relação ao transporte de passageiros e/ou cargas não perigosas, o EM-DAT, apresentou para rodovias 44 registros (2011-2021), trata-se de dados inconstantes, com múltiplos registros em alguns anos (e.g. 2012), e outros anos sem dados. As mortes totalizam 349 e 278 de afetados. Sem dados de prejuízos e danos materiais, uma taxa de 31,7 mortes e 25,3 feridos, por ano para todo o Brasil. Esses números refletem uma subnotificação, contudo reflete apenas os dados de transporte de passageiros (desconsiderando colisões simples de veículos de passeio e motos). O Atlas da violência do IPEA, que considera todos os acidentes de trânsito, coloca uma taxa de óbitos de 30,6 (2012) e 19,5 (2022) para cada 100 mil habitantes no Estado de Santa Catarina, número mais abrangente considerando todos os acidentes de trânsito. Uma coletânea de informação da PRF, apresentou que entre 2017 e 2023, o Brasil registrou 778 mortes envolvendo ônibus e micro-ônibus em rodovias federais, de acordo com o levantamento da Polícia Rodoviária Federal (PRF). Ainda é importante destacar, aqui, que o maior acidente de ônibus de Santa Catarina (e um dos maiores do Brasil) foi registrado no trecho da Serra Dona Francisca, em 2015 que causou a morte de 51 pessoas.

Ainda é importante destacar, que os eventos registrados e validados no EM-DAT se referem a acidentes com consequências mais graves. E por isso, refletem cenários 2 e 3 de magnitude.

4.6.4 MAPEAMENTO DE DANOS E PREJUÍZOS

Com relação aos riscos tecnológicos no Município de Joinville, o mapeamento de danos e prejuízos realizados junto ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID realizado no período de 2013 até maio de 2024 registrou somente uma ocorrência. Trata-se de um colapso de edificação ocorrido em 25.11.21 com Danos Humanos de 33 feridos e 21 enfermos, sendo que os Danos Materiais e Prejuízos Econômicos Públicos somaram o valor de R\$ 188.000,00.

No Atlas Digital de Desastres no Brasil estes riscos estão inseridos no grupo “outros” onde não foram registrados Danos Humanos relacionados a óbitos nem de desabrigados e desalojados no período de 1995 a 2023, mesmo sem uma especificação da tipologia dos desastres relacionados a estes riscos.

Com relação a prognósticos futuros, reforça-se a possibilidade de um cenário marcado por poucos eventos e valores baixos quanto aos danos humanos, materiais e prejuízos econômicos, a exemplo do ocorrido no período de 1995 a 2023. Todavia, apesar das ações em andamento e a serem reforçadas na gestão destes riscos, os riscos tecnológicos possuem componentes deflagradores relacionados a falhas humanas ou outros aspectos externos, como extremos climáticos ou outras intervenções negativas sobre as estruturas existentes. Destaca-se, assim, que este cenário de excepcionalidade pode resultar em situações extremas, fugir da governança estabelecida e contribuir para a ocorrência de eventos de grande porte que venham a quebrar o cenário constatado e resultar em números indesejados e em consequências inadmissíveis em termos de perdas materiais e, principalmente, humanas.

No item 4.6.1.2 “*Cenários de Magnitude dos desastres e consequências*” apresenta-se os diversos cenários para os eventos tecnológicos e a magnitude de suas consequências. Eventos relacionados ao colapso e recalque de edificações e estruturas, e incêndios urbanos em imóveis e equipamentos industriais, podem constituir uma ameaça aos serviços essenciais, como água, energia, moradias, mobilidade e infraestrutura, e demandar atendimento humanitário e habitacional às pessoas afetadas pelo evento. Já os eventos relacionados ao transporte rodoviário de produtos perigosos e ao derramamento de produtos químicos podem impactar os corpos d'água e mananciais, trazendo consequências graves e comprometendo o sistema de abastecimento de água do município e fora dele, além de demandar ações urgentes para o restabelecimento deste serviço essencial e de recuperação destes corpos d'água.

Diante do exposto, reforçamos a importância dos riscos tecnológicos a serem considerados e tratados no presente Plano de Gestão de Riscos e Desastres de Joinville com o mesmo peso dado aos demais riscos tradicionais abarcados pelo referido plano.

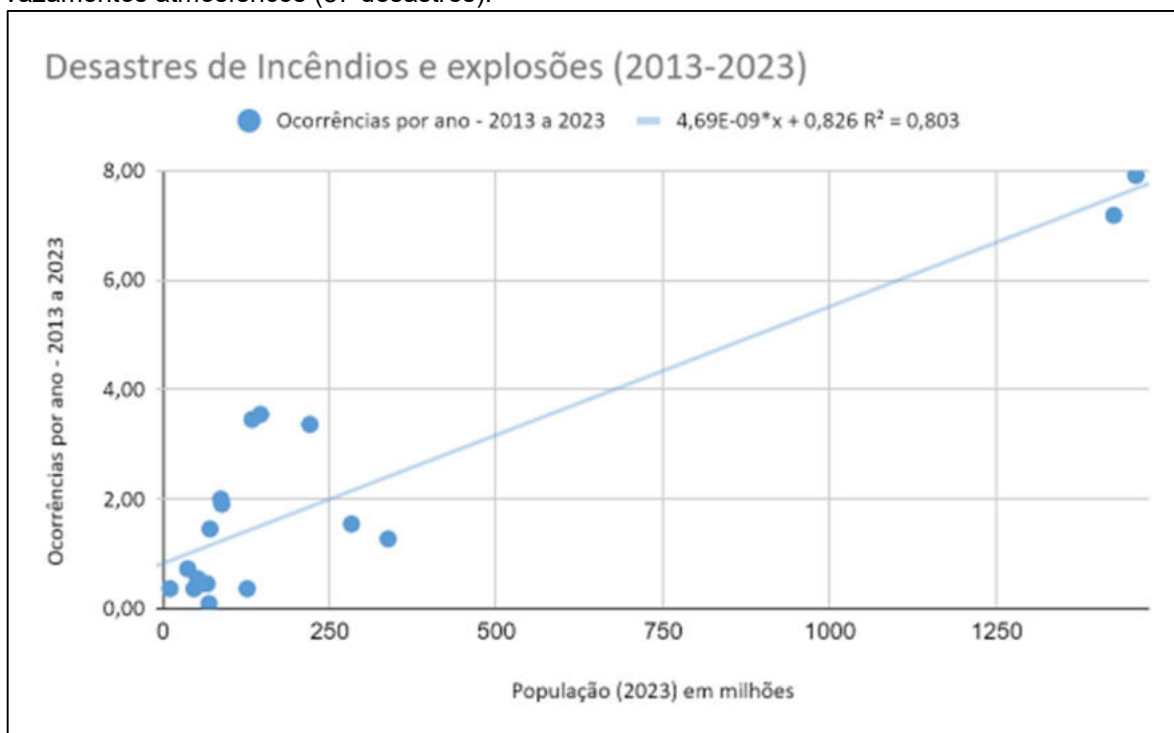
4.6.5 ANÁLISE DA PROBABILIDADE DE EVENTOS E TEMPORALIDADE E VOLATILIDADE

As análises de probabilidades foram utilizadas a partir dos dados do EM-DAT, conforme detalhado na natureza e magnitude das consequências. A análise dos dados dos países com o número de dados de acidentes, foram organizados em um gráfico relacionando o número de acidentes por ano, e a população. A regressão linear para a população de Joinville aponta a probabilidade de que ocorra um acidente em determinado ano, é de 82,7% (Aplicando a equação da **Figura 4.6.5-1**).

Para os desastres do tipo vazamento de produtos perigosos em meios aquosos, a regressão linear foi realizada a partir de todos os países, num período pouco maior para poder ser representativo (no período de 2013 a 2023, padrão dos outros eventos, o número de acidentes foi de 22). e no período do EM-DAT de 2001 a 2023, totalizaram 83 eventos. A regressão

linear para a população de Joinville apontou probabilidade de 2,83% de ocorrer 1 desastre do tipo por ano.

Figura 4.6.5-1. Regressão linear da relação habitantes e desastres de incêndio, explosões e vazamentos atmosféricos (87 desastres).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio, com base nos dados de EM-DAT.

Figura 4.6.5-2. Regressão linear da relação habitantes e desastres de vazamentos de produtos perigosos em meios aquosos (83 desastres).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio, com base nos dados de EM-DAT.

Para os desastres de transporte de passageiros e cargas não perigosas, conforme apresentado no item 4.6.3 os dados do EM-DAT e outros não permitem uma acurácia na determinação de probabilidade de acidentes, pois os dados de violência no trânsito do IPEA apresentam as mortes de trânsito, sem separar o que se relaciona a transporte de passageiros. Assim, estima-se uma taxa de 31,7 mortes por ano (EM-DAT). Levantamento da Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2023), entre 2017 e 2023, o Brasil registrou 778 mortes envolvendo ônibus e micro-ônibus em rodovias federais, uma taxa de 129 mortes por ano, para 13345, ou 0,0085 mortes por acidente. Contudo para se transformar numa estatística válida para Santa Catarina, no trecho coletado de Joinville, foram registrados 1.570 acidentes, que potencialmente representa probabilidade de 13 morte por ano.

4.7 ANÁLISE SOBRE TENDÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA JOINVILLE-SC

Seguindo as premissas adotadas e descritas no item 3.1, foram avaliadas informações de estudos já desenvolvidos no mundo e no país, focando especificamente na região Sul, com o objetivo de verificar se é possível obter análises específicas para o município de Joinville-SC. Nesse contexto, cita-se inicialmente o estudo desenvolvido pela ANA (2024), que fez uma análise específica para o setor agrícola, mas cujos resultados podem dar subsídio importante para a presente análise. De uma forma geral, os principais impactos possivelmente identificados de forma direta das mudanças climáticas que se tem registrados, tratam de alterações nos padrões comportamentais de temperatura e precipitação, sendo que, a partir desses dois parâmetros, podem ser identificadas, como consequência, outras alterações como no caso da evapotranspiração, como exemplo.

Para a geração de cenários futuros representativos das mudanças climáticas, é fundamental o uso de informações advindas dos MCGs – Modelos Climáticos Globais, que consideram, de forma quantitativa, o comportamento do sistema climático terrestre relacionando atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, dentre outros parâmetros relevantes. A partir desses aspectos, são avaliados cenários de evolução do clima considerando, por exemplo, modificações nos cenários de emissão de Gases de Efeito Estufa.

O estudo desenvolvido pela ANA (2024) considerou em sua análise um total de 132 cenários de clima futuro, por meio de 33 MCGs e 4 SSPs (SSP2-4.5, SSP5-8.5, SSP1-2.6 e SSP3-7.0), sendo a relação dos modelos apresentada na íntegra no estudo em questão, tendo utilizado dados do projeto NEXGDDP da agência americana NASA *Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections*. Nesse caso, foram consideradas avaliações sobre os seguintes parâmetros: umidade relativa próximo à superfície (hurs), umidade específica próximo à Superfície (huss), precipitação (pr), radiação de ondas longas descendente de superfície (rlds), radiação de ondas curtas descendentes de superfície (rsds), velocidade média diária do vento próximo à superfície (sfcWind), temperatura diária do ar próximo à superfície (tas), temperatura máxima diária do ar próximo à superfície (tasmax), temperatura mínima diária do ar próximo à superfície (tasmin).

De uma forma geral, os estudos supracitados ressaltam que os resultados dos modelos em questão evidenciaram, como convergência entre eles, o consenso de que as temperaturas estão aumentando. Por outro lado, essa convergência de resultados não se aplica aos cenários climáticos de precipitação. Nesse sentido, como pode ser visto nos resultados dos estudos da ANA (2024), é possível verificar que há grande variação nessas estimativas, com tendências de aumento ou diminuição, de acordo com o modelo aplicado. Os resultados dos modelos apontam para todos os tipos de possibilidades em termos de projeção de precipitação, ficando bastante evidente nas diferentes escalas de análise dentro do Brasil. Essa tendência é evidenciada nos mapas das **Figuras 4.1-1 a 4.1-3**, que mostram as projeções futuras das precipitações para cenários diferentes considerando todo o País. Em

geral, verifica-se que para a região Sul em que o município de Joinville está inserido, podem ser considerados os seguintes cenários:

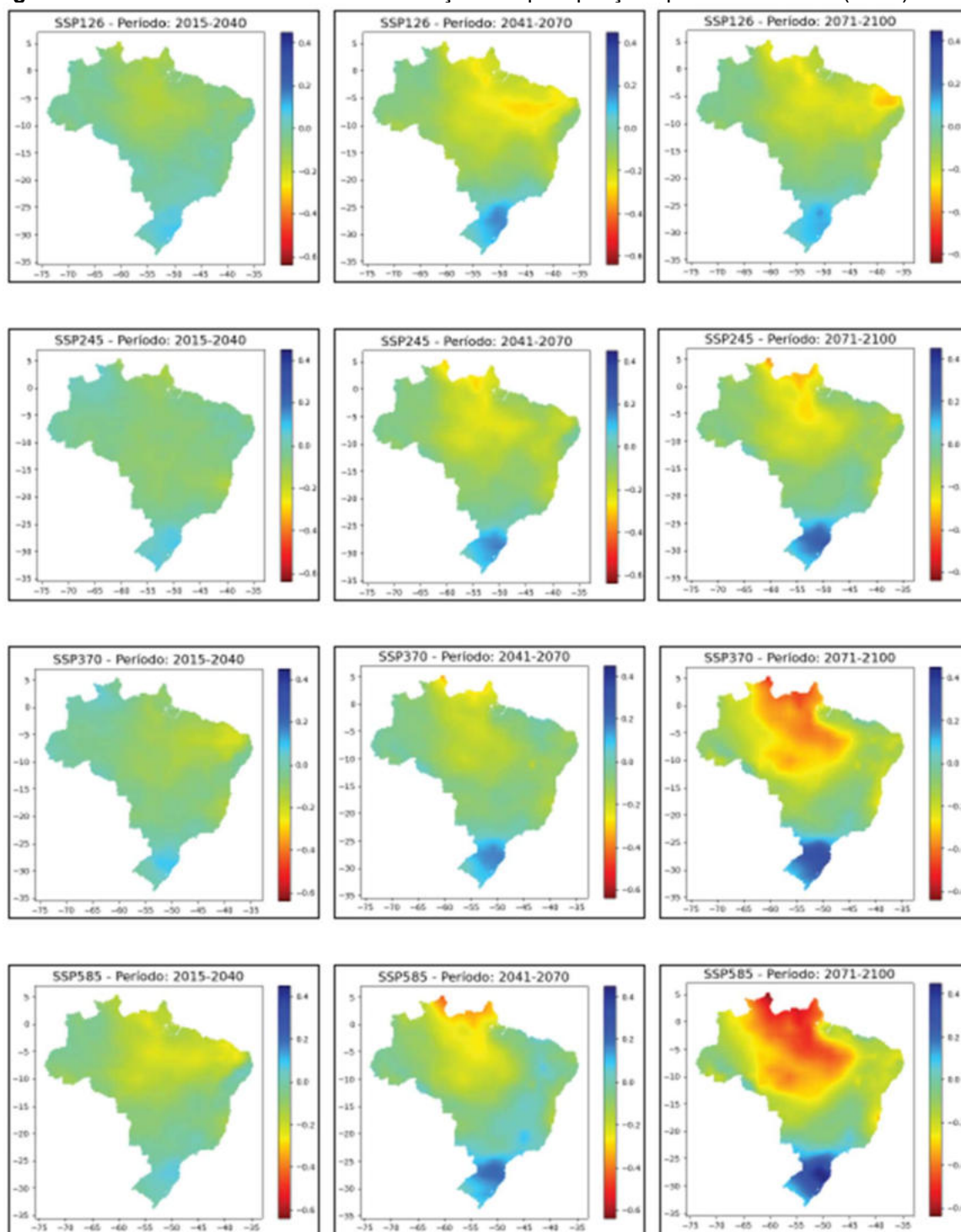
- O Modelo ACCESS-ESM1-5 apresenta uma estimativa futura para a região com maiores precipitações ao passar dos anos;
- Os modelos NORESM2-MM e ACCESS-ESM1-5 apresentam variações em outras regiões, porém com alterações pouco significativas na região Sul.

Na sequência, também foram avaliadas informações advindas de Marengo (2007), expostas das **Figuras 4.7-4 a 4.7-6**, que mostram os seguintes cenários:

- Anomalias de precipitação previstas para o período chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro) para os horizontes de 2050 e 2080 e para o período de estiagem (junho, julho e agosto) para o horizonte de 2080, para oito diferentes modelos;
- Os resultados corroboram aqueles já apresentados no estudo da ANA e que utilizou informações do projeto NEXGDDP em que demonstram uma variação de cenários para a região Sul; e
- Observa-se que há modelos que sugerem aumentos de precipitação total para o período na região Sul e modelos que indicam pequenas reduções ou, ainda, outros que não indicam alterações.

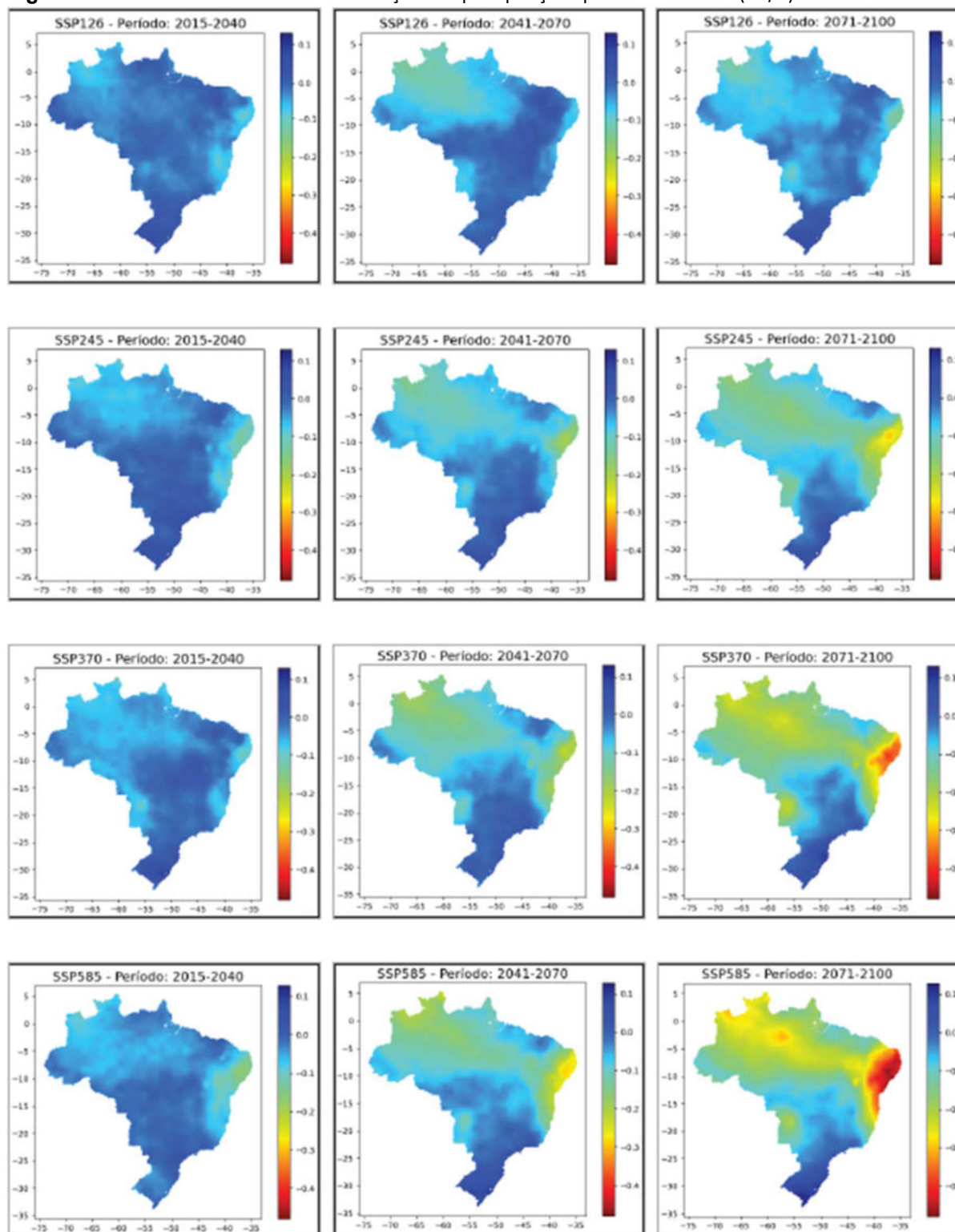
Ainda na mesma linha, são apresentados nas **Figuras 4.7-7 e 4.7-8**, resultados de análises desenvolvidas por Nobre et. al. (2007), mostrando projeções de anomalias de precipitação para 15 modelos para o horizonte de 2041 a 2070 para dois diferentes cenários de desenvolvimento. Os resultados mostram que há uma ausência de convergência entre diferentes modelos em termos de anomalias positivas ou negativas de precipitação para a região correspondente a Joinville-SC.

Figura 4.7-1. Modelo ACCESS-ESM1-5 - Relação das precipitações presente e futura ($\Delta P/P$)



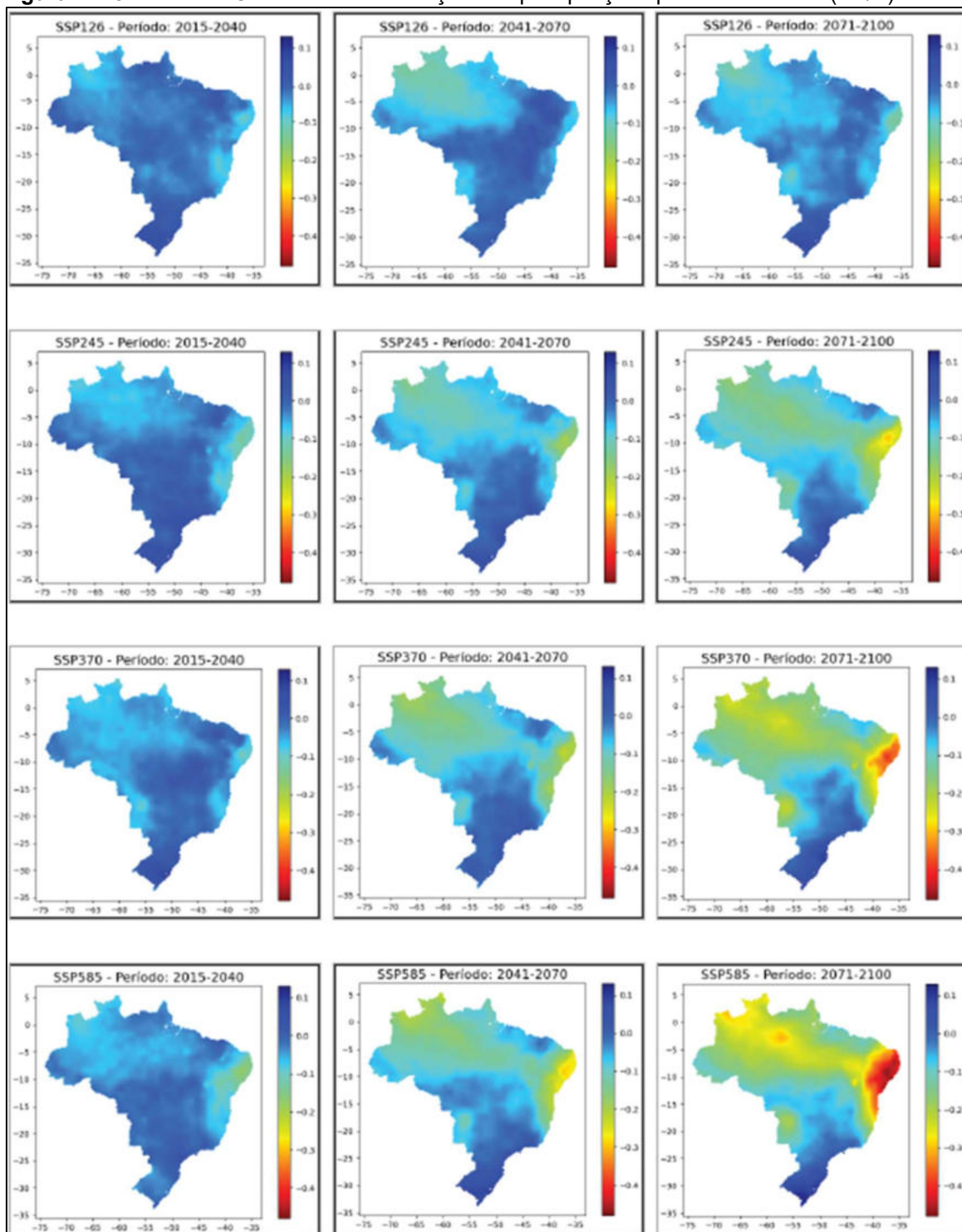
Fonte: ANA (2024)

Figura 4.7-2. Modelo BCC-CSM2-MR - Relação das precipitações presente e futura ($\Delta P/P$)



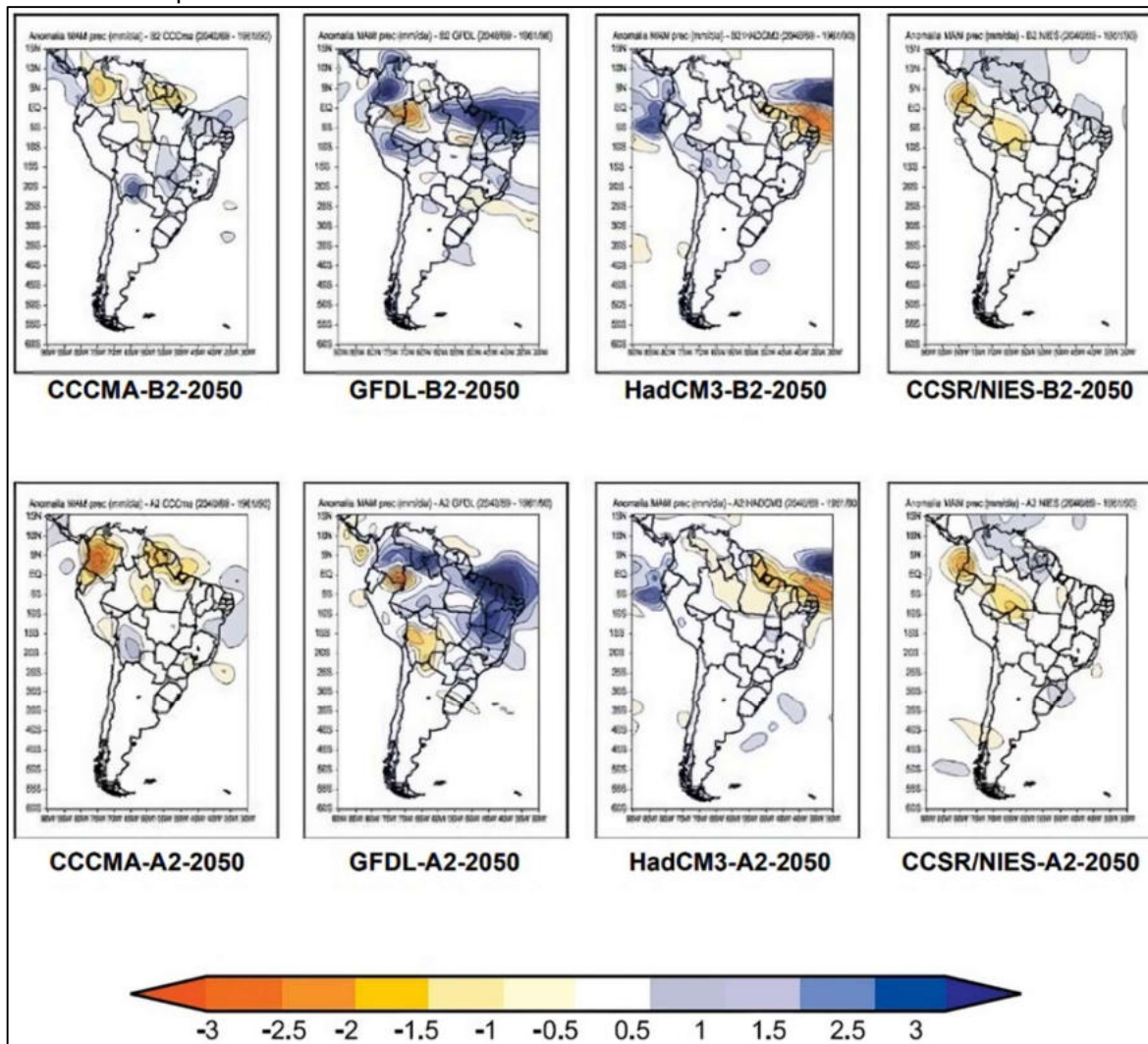
Fonte: ANA (2024)

Figura 4.7-3. Modelo NORESM2-MM - Relação das precipitações presente e futura ($\Delta P/P$)



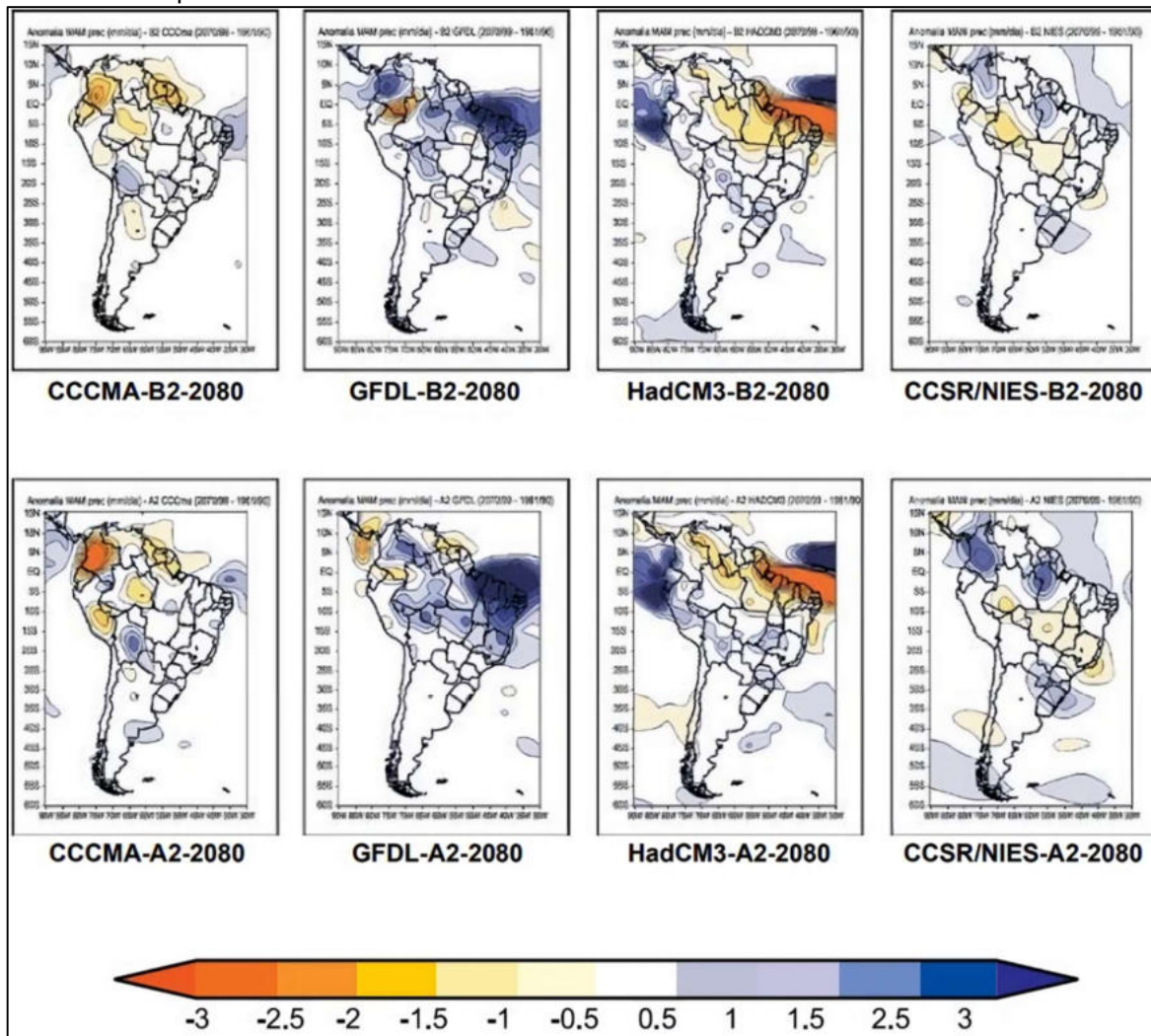
Fonte: ANA (2024)

Figura 4.7-4. Projeções de anomalias de chuva com referência ao período base 1961-90 para dezembro, janeiro e fevereiro, para América do Sul por meio dos modelos CCCMA, GFDL, HadCM3 e CCSR/NIES para 2050



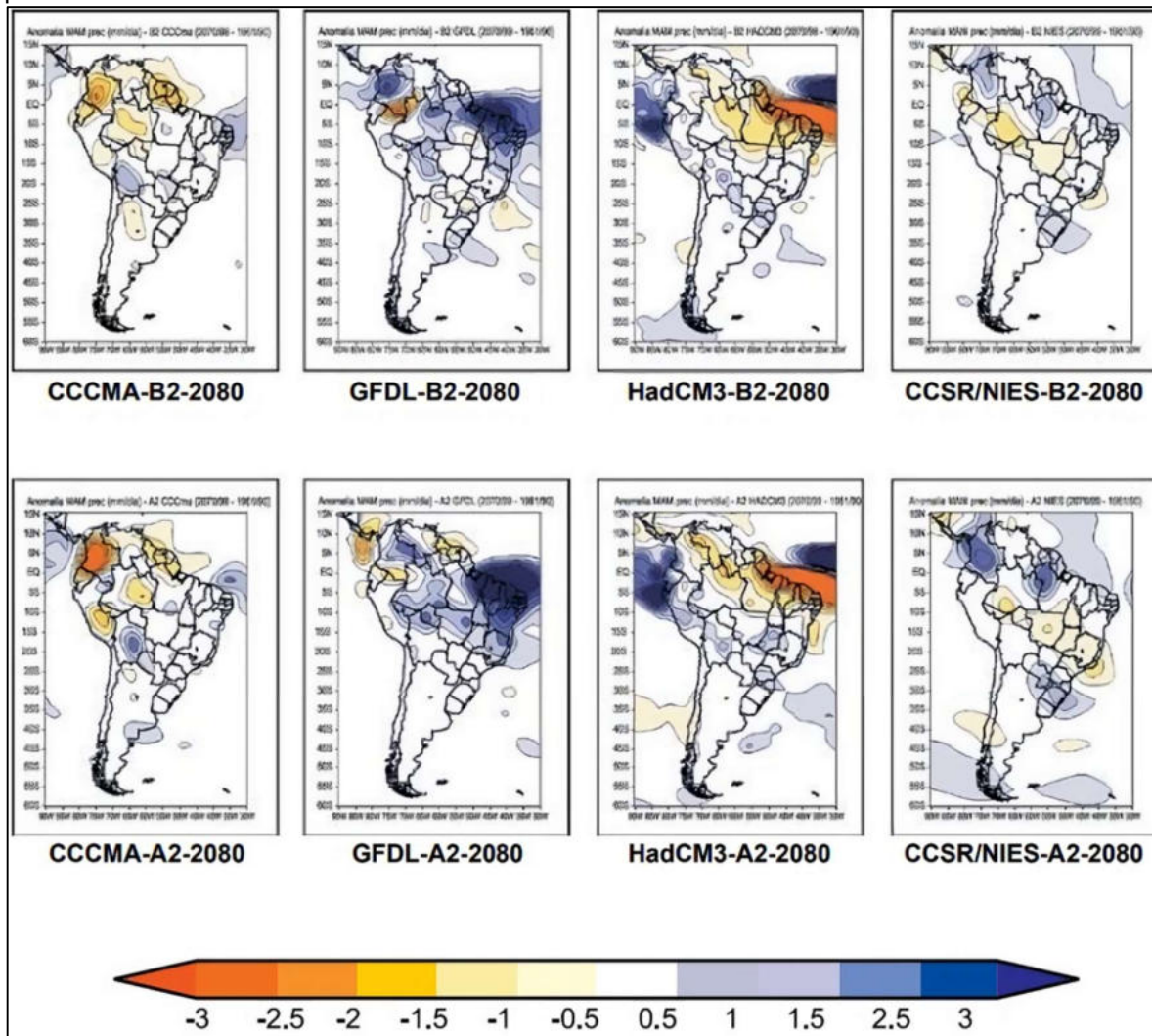
Fonte: Marengo (2007)

Figura 4.7-5. Projeções de anomalias de chuva com referência ao período base 1961-90 para dezembro, janeiro e fevereiro, para América do Sul por meio dos modelos CCCMA, GFDL, HadCM3 e CCSR/NIES para 2080.



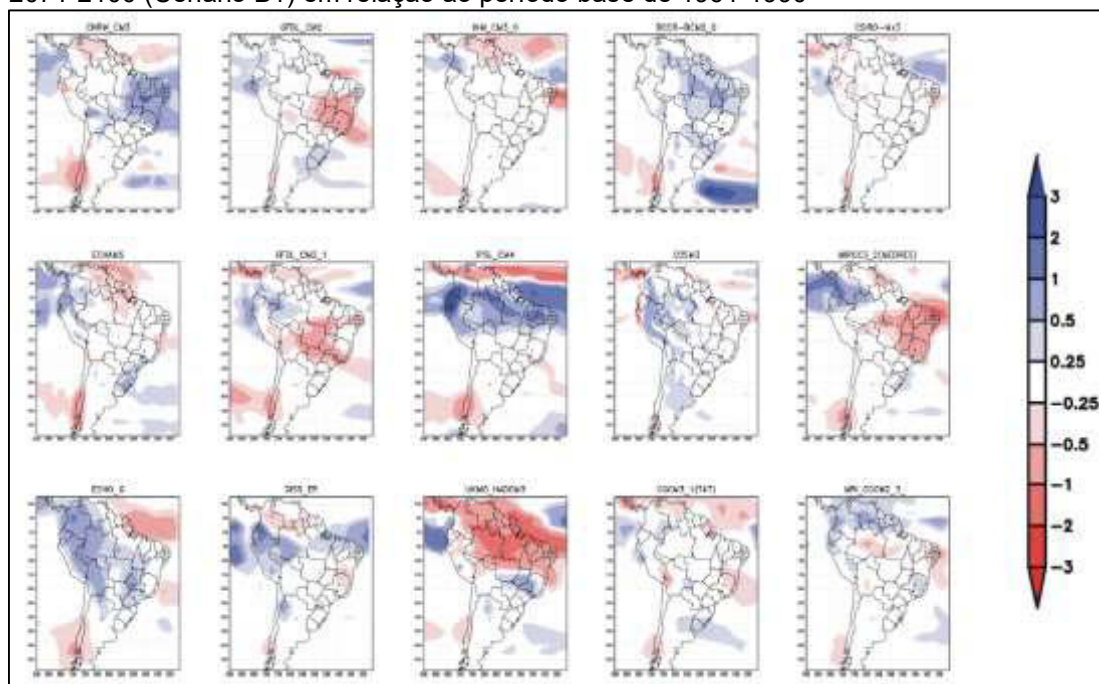
Fonte: Marengo (2007)

Figura 4.7-6. Projeções de anomalias de chuva com referência ao período base 1961-90 para junho, julho e agosto, para América do Sul por meio dos modelos CCCMA, GFDL, HadCM3 e CCSR/NIES para 2080



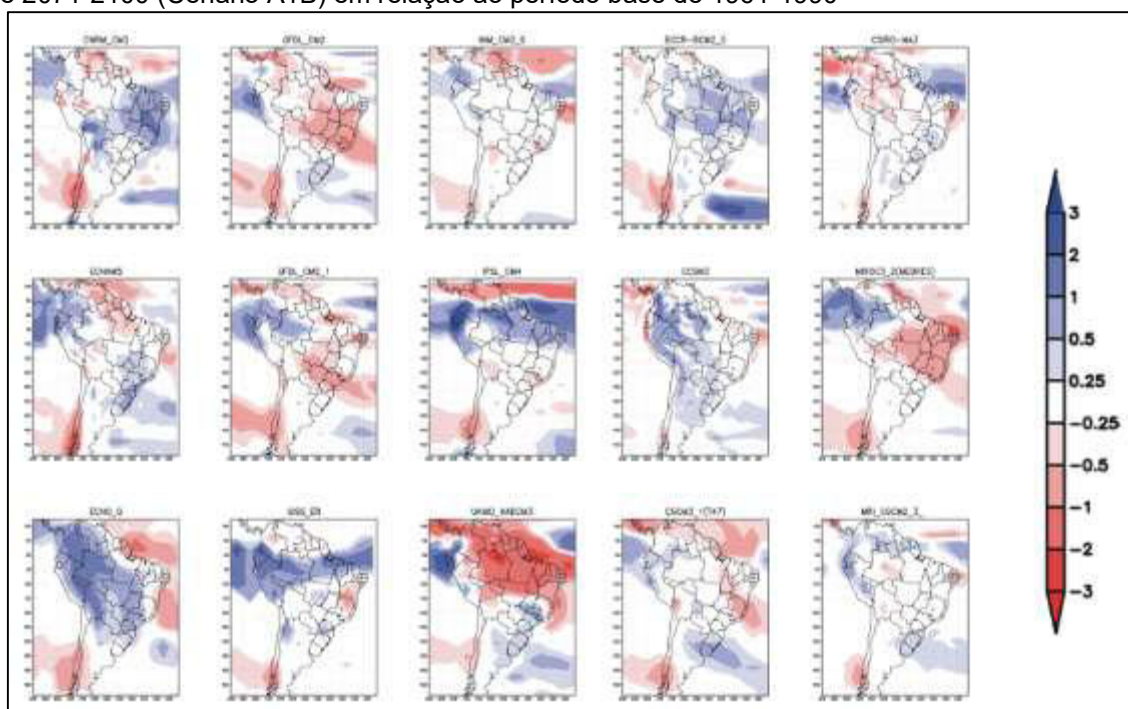
Fonte: Marengo (2007)

Figura 4.7-7. Projeções de anomalias de precipitação (mm/dia) para América do Sul para o período de 2071-2100 (Cenário B1) em relação ao período base de 1961-1990



Fonte: Nobre *et. al.* (2007)

Figura 4.7-8. Projeções de anomalias de precipitação (mm/dia) para América do Sul para o período de 2071-2100 (Cenário A1B) em relação ao período base de 1961-1990



Fonte: Nobre *et. al.* (2007)

Apresentados os modelos de previsão, é necessário frisar que os modelos da ANA (2024), apresentam ajustes de cenários e metodologias diferentes das de Nobre *et al.* (2007) e Marengo (2007), além de ser um pouco mais atualizado. Destacando que a cada IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) os cenários são avaliados pelas premissas

adotadas, bem como os modelos desenvolvidos para rodar os cenários, e muitos cenários passam a ser descartados, e alguns modelos passam a menor grau de confiança.

Assim, as análises deste relatório serão realizadas a partir das previsões da ANA (2024), que seguindo as **Figuras 4.7-1 a 4.7-3**, coloca a relação $\Delta P/P$, de 10 a 30% acima do presente no período 2041-2070.

4.7.1 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA E CHUVAS TR

Complementarmente às informações explanadas acima, realizou-se uma análise específica das precipitações por meio da correlação dos dados advindos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), junto aos intervalos de Tempo de Retorno definidos no Atlas Pluviométrico do Brasil, para Joinville (CPRM, 2014). Para tanto, selecionou-se o pluviômetro 2648014 como parâmetro de análise, devido ao fato de ser aquele utilizado para definição dos intervalos do Atlas e por ser o mais representativo, pois desde 2006 não apresentou períodos significativos de ausência de dados. Os resultados foram correlacionados no **Quadro 4.7.1-1** a fim de pontuar a efetiva ocorrência de precipitações em relação ao seu Tempo de Retorno estimado. Com observações importantes apresentadas na **Tabela 4.7.1-1**.

Quadro 4.7.1-1. Resumo da Observação das análises de recorrência de chuvas TR a partir de dados do Pluviômetro 2648014, Joinville – SC.

TR	Observação
TR 2 anos	Ocorreu anualmente
TR 5 anos	Ocorreu a cada 2,6 anos
TR 10 anos	Ocorreu a cada 3,6 anos
TR 25 anos	A população de dados não permitiu avaliar uma frequência, mas ocorreu ao menos 3* chuvas de TR ~ 25 anos, que coloca uma ocorrência entre 6,3* e 9 anos
TR 50 anos	Ocorreu um no período analisado, de 2006 a 2023, no ano de 2019.

* se contabilizar a chuva de TR 25 anos ocorrida em fevereiro de 2024.

Fonte: Elabora pelo Consórcio

Tabela 4.7.1-1. Análise de recorrência de chuvas TR a partir de dados do Pluviômetro 2648014, Joinville – SC.

TR	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
Precipitação (mm)	101,8	122,3	140,4	152,2	161,2	168,6	174,8	185,2	193,6	200,8	210	217,7	222,4
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	3	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
2009	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	4	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2020	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	16	7	5	5	5	2	1	1	1	0	0	0	0
Recorrência	0,89	0,39	0,28	0,28	0,28	0,11	0,06	0,06	0,06	0	0	0	0
Período	1,1	2,6	3,6	3,6	3,6	9,0	18,0	18,0	18,0	0	0	0	0

Fonte: Elaborada pelo Consórcio com base nos dados pluviométricos disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) < <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> > Acesso em 07/06/2024

Com as interpretações listadas, pode-se indicar que os índices pluviométricos estimados para cada intervalo de Tempo de Retorno encontram-se desatualizados para a dinâmica climática atual de Joinville, onde a ocorrência de chuvas mais intensas se faz mais frequente. A projeção da ANA de relação $\Delta P/P$, de 10 a 30% acima do presente no período 2041-2070, condiz com a taxa constatada entre a curva IDF de 2014 com o TR adotado nos cálculos, comparados com as intensidades registradas até o ano de 2024.

Baseado no histórico de ocorrências do período de 2006 a 2023, e das observações da **Tabela 4.7.1-1** junto das projeções da ANA (2024) de aumento da frequência de episódios de chuvas intensas (ou diminuição do TR), mostram que a diferença entre os TRs determinados com curva IDF de 2014 ao presente momento, mostram chuvas compatíveis com a projeção para 2040.

Deve-se pontuar, que a dinâmica pluviométrica da cidade pode ser diferenciada por predominância de chuvas orográficas, mais a oeste, e chuvas convectivas mais a leste, como já foi indicado no mapeamento de risco meteorológico. Isso pode ter interferência direta nos intervalos definidos pelo Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, 2014), haja vista que o pluviômetro de análise se localiza na bacia do Rio Cachoeira, área em que predominam processos convectivos. Por outro lado, este se faz importante também devido à sua localização em área densamente ocupada e, consequentemente, com maior número de ocorrências registradas. Importante destacar, a extensão do município e que as análises de chuvas intensas foram realizadas congregando várias bacias, e assim, as observações da **Tabela 4.7.1-1** não necessariamente se referem a TR calculado com o rigor metodológico, mas sim uma expressão dos desafios de resiliência e gestão para o poder público do município, que expressa o real objetivo desse trabalho.

Para uma readequação dos parâmetros TR para Joinville, seria necessário um estudo dedicado a isso, com maior série histórica e com maior abrangência espacial. Como apresentado nos modelos climáticos da análise sobre tendências climáticas, os modelos ainda têm caráter continental, e as indicações dos efeitos esperados, quanto a precipitação ainda são imprecisos para se avaliar uma municipalidade. Por isso, faz-se uso de estudos *downscaling*. Nesse caso, recomenda-se buscar não apenas pluviógrafos de longa série histórica em Joinville, mas em um grande raio, de até 100 km, com o objetivo de caracterizar as tendências de mudanças e analisar índices que possibilitem posicionar Joinville e região nos modelos continentais já elaborados, e com isso buscar o prognóstico dos modelos. Estes estudos são recomendados em um escopo de estudos e planos locais de adaptação às mudanças climáticas.

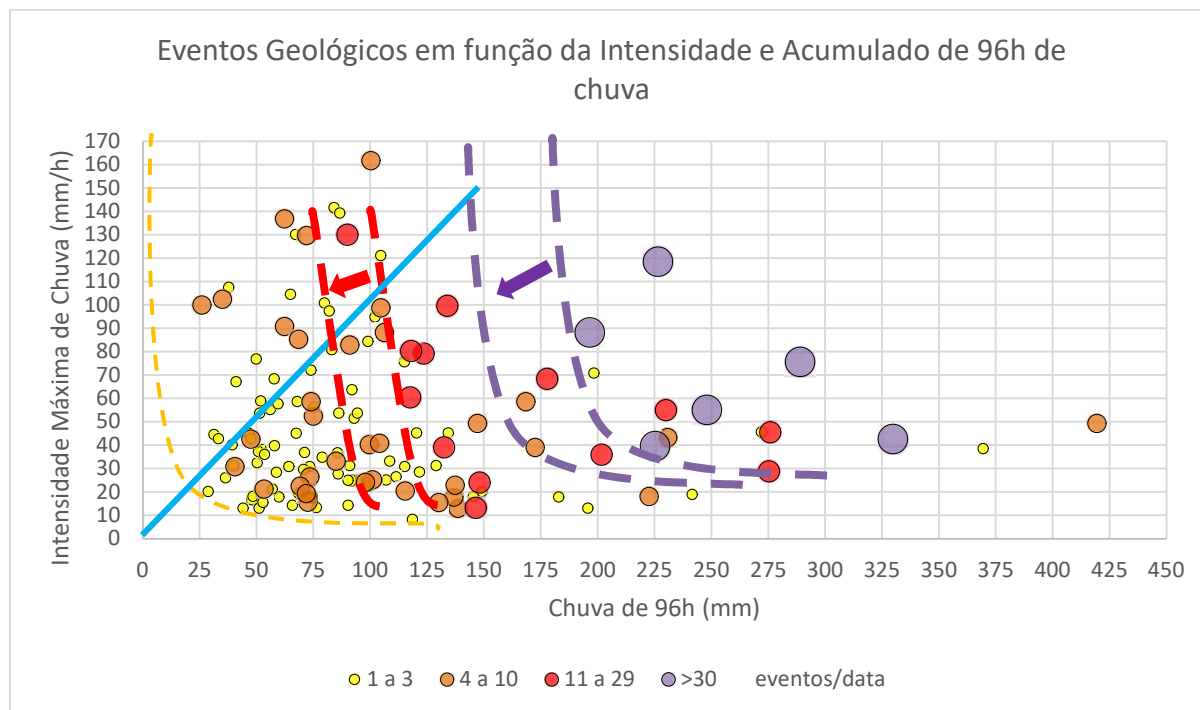
4.7.2 ANÁLISE PROBABILIDADE DE EVENTOS E CONSEQUÊNCIAS MAXIMIZADOS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Para uma análise qualitativa das tendências de mudanças, lança-se uma reanálise das Figuras 4.2.6-1 e 4.3.6-1, que ao se incrementar a relação $\Delta P/P$, de 10 a 30% acima do presente no período 2041-2070, colocaria a mesma geometria apresentada nos gráficos, mas a probabilidade de ocorrer deve aumentar, de maneira que as intensidades/acumulados de chuva, devem seguir aumento de 30%.

O Gráfico da **Figura 4.7.2-1** permite observar o comportamento dos maciços de Joinville frente a determinado tipo de chuva. Nele nota-se que os intervalos de intensidade de chuva entre as curvas são bastante tênues, com as curvas tornando-se assintóticas com intensidades de 10 mm/h no cenário 1, 20 mm/h no cenário 2 e 30 mm/h para o cenário 3. Mas acima da linha de domínio de colapsos por intensidade de chuvas, os limites passam a ser mínima de 70mm/h no cenário 1 e 100 mm/h no cenário 2. O Mesmo ocorre quando analisado os acumulados de chuva, com intensidades acumuladas de 30% a mais, a frequência de ocorrência dos deslizamentos significativos seria qualitativamente maior.

Hipoteticamente, uma contagem simples das ocorrências na área deslocada do gráfico, colocaria ao menos mais 16 eventos de cenário 2 e 6 eventos de cenário 3 a mais em Joinville num espaço de 10 anos de análise.

Figura 4.7.2-1. Gráfico mostrando o efeito nos desastres tecnológicos da tendência de aumento de chuvas para o período 2041-2070.

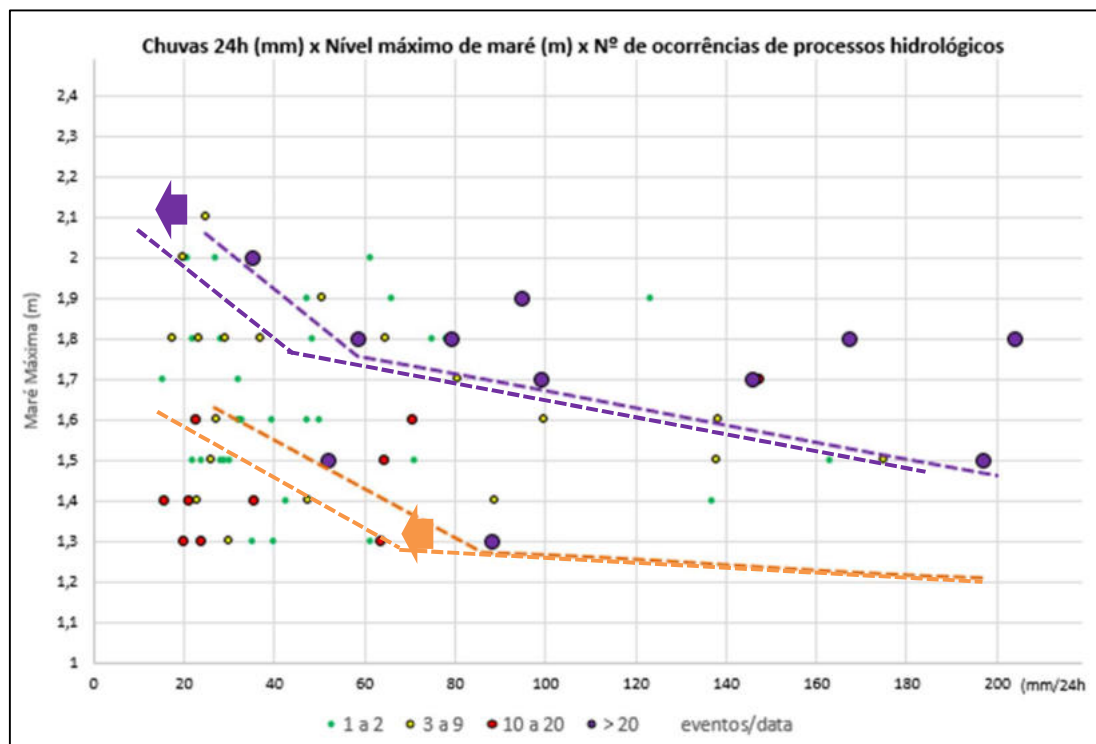


Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

A análise de aumento de ocorrências de desastres geológicos se efetuada sobre o panorama do município para as inundações, a **Figura 4.7.2-2** mostra a tendência, de pouco aumento de episódios pela contagem do aumento de chuva, desde que as marés permaneçam no mesmo patamar, mostrando menos sensibilidade para o aumento de chuvas na ordem de $\Delta P/P$, de 10 a 30%. Ressalta-se que no escopo deste PMGRD, não foi incluído diretamente o aumento do nível do oceano na construção dos mapas, restringindo-se à delimitação de uma Zona de Influência de Maré a partir da análise das características do terreno e das manchas de inundação (nos cenários de maré mínima e máxima, definidos a partir dos dados do marégrafo da EPAGRI).

Contudo, os efeitos do $\Delta P/P$, de 10 a 30%, coloca que chuvas de cenário 2, hoje com TR 10 anos (a partir da curva estabelecida em 2014), em patamares que podem ser alcançados com TR 2 anos (hipoteticamente em 2041). E chuvas de patamares cenário 3, de TR 25 anos (referência de 2014), em TR da ordem de 5 anos. As avaliações apresentadas estão baseadas em projeções de longo prazo de ANA (2024), e em modelos continentais/globais, e na avaliação de TRs iniciais com 10 anos de defasagem (CPRM, 2014 para o atual), por isso torna-se de suma importância que os Planos Diretores de Drenagem futuros devem partir do estabelecimento de curvas I-D-F atualizadas. Junto com a análise *downscaling* das mudanças do clima nas proximidades de Joinville.

Figura 4.7.2-2. Gráfico mostrando nos desastres de inundação a tendência de aumento de chuvas para o período 2041-2070.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

4.8 ANÁLISE SOBRE PROGNÓSTICOS DE RISCO SOBRE CRESCIMENTO POPULACIONAL

Seguindo as premissas adotadas e descritas no item 3.4, foram avaliadas informações de estudos já desenvolvidos no mapeamento dos riscos, que relaciona a suscetibilidade de ocorrer um evento, com as condições do uso e cobertura mensurando a vulnerabilidade. A análise da vulnerabilidade teve eixo centralizado nas UHCTs, e quando a UHCT avaliada não apresenta exposição aos riscos, o risco não foi analisado, ou seja, se uma encosta de cobertura de fragmento florestal, sem nenhuma edificação, for analisada entende-se que a exposição não se aplica, e assim a vulnerabilidade é considerada nula ou muito baixa, e essa unidade de risco não recebe atribuição de riscos geológicos.

Nas áreas de expansão urbana, ainda que ocorram atualmente aglomerados urbanos em núcleos isolados, ainda assim quase a totalidade dessas áreas não teve seu risco atualizado, por ainda não estar ocupado com edificações com ampla circulação de pessoas. E para se estimar o crescimento populacional nessas áreas, foram aplicados 3 cenários hipotéticos de que a vulnerabilidade da ocupação quando ocorrer no futuro, poderá ser da classe alta, média ou baixa, e assim os riscos calculados a partir da matriz de risco do item 3.4, por uma vez, os riscos, a depender da classe de suscetibilidade, pode ser alto, médio ou baixo.

A **Tabela 4.8-1** a seguir apresenta os principais tipos de desastres de cada grupo, e como a proporção das classes de risco ocorreriam a depender da classe de vulnerabilidade a adotar. O **Quadro 4.8-1** apresenta uma síntese dos principais pontos de atenção para o ordenamento e planejamento da expansão urbana em cada área.

Tabela 4.8-1. Avaliação de prognóstico de crescimento populacional, a partir da avaliação de riscos em áreas de expansão urbana.

Tipologia de ocorrência		Vulnerabilidade Alta			Vulnerabilidade Média			Vulnerabilidade Baixa		
		Risco Alto (%)	Risco Médio (%)	Risco Baixo (%)	Risco Alto (%)	Risco Médio (%)	Risco Baixo (%)	Risco Alto (%)	Risco Médio (%)	Risco Baixo (%)
Geológicos (Deslizamentos)	AEU Sul	96,2	0,0	0,0	91,5	4,7	0,0	0,0	91,5	4,7
	AEU Paranaguamirim	58,0	0,0	0,0	57,4	0,6	0,0	0,0	57,4	0,6
	AEU Oeste	84,9	0,7	0,0	76,2	8,6	0,7	0,0	76,2	9,3
	AEU de Proteção da Paisagem Campestre	19,7	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0
	AEU Rio Velho	20,4	0,0	0,0	18,8	1,6	0,0	0,0	18,8	1,6
	AEU Espinheiros	0,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
	AEU Palmeira	24,1	0,0	0,0	24,1	0,0	0,0	0,0	24,1	0,0
Inundações com maré	AEU Sul	2,3	0,2	0,0	1,8	0,5	0,2	0,0	1,8	0,7
	AEU Paranaguamirim	5,2	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0
	AEU Oeste	2,3	0,2	0,0	2,2	0,2	0,2	0,0	2,2	0,3
	AEU de Proteção da Paisagem Campestre	11,3	0,1	0,0	10,3	1,0	0,1	0,0	10,3	1,1
	AEU Rio Velho	3,6	0,0	0,0	1,3	2,3	0,0	0,0	1,3	2,3
	AEU Espinheiros	0,8	0,0	0,0	0,7	0,2	0,0	0,0	0,7	0,2
	AEU Palmeira	19,2	1,5	0,0	17,4	1,8	1,5	0,0	17,4	3,3
Colapso de edificações	AEU Sul	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	2,5
	AEU Paranaguamirim	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	5,2
	AEU Oeste	0,6	9,9	0,0	0,0	0,6	9,9	0,0	0,0	10,5
	AEU de Proteção da Paisagem Campestre	4,4	9,8	0,0	3,7	0,7	9,8	0,0	3,7	10,5
	AEU Rio Velho	4,5	0,0	0,0	0,8	3,7	0,0	0,0	0,8	3,7
	AEU Espinheiros	0,9	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,9
	AEU Palmeira	0,7	20,7	0,0	0,0	0,7	20,7	0,0	0,0	21,4
Ondas de calor	AEU Sul	16,5	21,4	0,0	0,0	16,5	21,4	0,0	0,0	37,9
	AEU Paranaguamirim	1,2	7,0	0,0	0,0	1,2	7,0	0,0	0,0	8,2
	AEU Oeste	13,9	27,3	0,0	0,0	13,9	27,3	0,0	0,0	41,1
	AEU de Proteção da Paisagem Campestre	46,2	43,7	0,0	0,0	46,2	43,7	0,0	0,0	89,9
	AEU Rio Velho	4,6	76,6	0,0	0,0	4,6	76,6	0,0	0,0	81,2
	AEU Espinheiros	1,0	99,1	0,0	0,1	0,9	99,1	0,0	0,1	100
	AEU Palmeira	43,7	56,1	0,0	0,0	43,7	56,1	0,0	0,0	99,8

Tabela 4.8-1. Avaliação de prognóstico de crescimento populacional, a partir da avaliação de riscos em áreas de expansão urbana.

Tipologia de ocorrência		Vulnerabilidade Alta			Vulnerabilidade Média			Vulnerabilidade Baixa		
		Risco Alto (%)	Risco Médio (%)	Risco Baixo (%)	Risco Alto (%)	Risco Médio (%)	Risco Baixo (%)	Risco Alto (%)	Risco Médio (%)	Risco Baixo (%)
Arboviroses causadas por Aedes Aegypt	AEU Sul	2,0	3,6	0,0	0,0	2,0	3,6	0,0	0,0	5,6
	AEU Parana-guamirim	0,0	37,0	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0	37,0
	AEU Oeste	4,2	8,9	0,0	0,0	4,2	8,9	0,0	0,0	13,1
	AEU de Proteção da Paisagem Campestre	15,6	20,0	0,0	3,1	12,5	20,0	0,0	3,1	32,5
	AEU Rio Velho	7,2	0,0	0,0	0,5	6,7	0,0	0,0	0,5	6,7
	AEU Espinheiros	0,5	0,9	0,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0	1,4
	AEU Palmeira	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Quadro 4.8-1. Síntese dos principais pontos de atenção para cada AEU.

AEU Sul	Cuidados com o uso do solo voltados aos desastres geológicos devem ser prioridade na ordenação e planejamento dessa AEU. Vale destacar, cuidados relacionados a Ondas de Calor devem ser adotados.
AEU Parana-guamirim	Cuidados com o uso do solo voltados a Arboviroses causadas por Aedes Aegypt devem ser prioridade na ordenação e planejamento dessa AEU. Vale destacar, cuidados relacionados aos desastres geológicos devem ser adotados.
AEU Oeste	Cuidados com o uso do solo voltados aos desastres geológicos devem ser prioridade na ordenação e planejamento dessa AEU. Vale destacar, cuidados relacionados a Ondas de Calor devem ser adotados.
AEU de Proteção da Paisagem Campestre	Cuidados com o uso do solo voltados aos desastres de inundação, Colapso de edificações, Ondas de calor e Arboviroses causadas por Aedes Aegypt devem ser prioridade na ordenação e planejamento dessa AEU.
AEU Rio Velho	Cuidados com o uso do solo voltados aos desastres de Ondas de calor devem ser prioridade na ordenação e planejamento dessa AEU.
AEU Espinheiros	Cuidados com o uso do solo voltados aos desastres de Ondas de calor devem ser prioridade na ordenação e planejamento dessa AEU.
AEU Palmeira	Cuidados com o uso do solo voltados aos desastres de inundação e Ondas de calor devem ser prioridade na ordenação e planejamento dessa AEU. Vale destacar, cuidados relacionados a Colapsos de edificações devem ser adotados.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Destacando que, embora o poder público municipal não possa estabelecer que as ocupações sejam apenas do tipo de vulnerabilidade baixa, ele pode garantir nas regras de uso do solo, que a vulnerabilidade possa ser baixa nessas ocupações, ao se avaliar os parâmetros analisados para estabelecer a vulnerabilidade, sendo:

- Ordenamento urbano e densidade populacional, para esse item pode ser estabelecido arruamentos planejados que corroborem com a evacuação de moradores em situações de crise, bem como a chegada de resposta ao desastre;
- Fragilidade dos moradores, a partir de renda e idade, para esse item, o poder público pode garantir situações de assistência social e de saúde, que permita a melhor classificação da vulnerabilidade;

- Tipologias de edificações com padrão construtivo adequado, principalmente em termos de fundação, para resistir aos colapsos e recalques de obras civis;
- Adequações urbanísticas para reduzir o perigo/suscetibilidade.

As áreas cuja vulnerabilidade baixa ou média das AEU ainda assim apresentem concentrações de risco alto e médio, são indicadores que o planejamento da ocupação requer do poder público municipal ações efetivas na redução do Perigo, e não apenas na redução da Vulnerabilidade.

5 ANÁLISE DA EFICÁCIA DOS CONTROLES EXISTENTES

Como apresentado ao longo da análise, os desastres apresentam tipologias distintas, mas algumas compartilham os eventos deflagradores (escorregamentos, inundações, tempestade de raios, granizo e vendaval todos podem se relacionar as chuvas intensas), mas preservando algumas particularidades, outras se apresentam com elementos deflagradores do tipo falha mecânica ou erros humanos (Tecnológicos). Ainda ocorrem os tipos de situações propensas ao evento, mas sem o elemento deflagrador, quando elementos climáticos e meteorológicos criarem situações de incêndios e acidentes rodoviários, ou de proliferação de vetores para os desastres biológicos.

5.1 DESASTRES DE DEFLAGRAÇÃO METEOROLÓGICA E CLIMATOLÓGICA

Os controles existentes envolvem o conhecimento das áreas de risco, e o controle das chuvas, para controlar os elementos deflagradores, por meio de previsão meteorológica. Os controles existentes atualmente se referem a boletins meteorológicos recebidos pela Defesa Civil Municipal, e emitidos pela Defesa Civil Estadual, o CEMADEN emite boletins. Assim, os elementos que dependem de previsões e boletins meteorológicos são apresentados a seguir, exemplos dos informes da defesa civil do Estado de Santa Catarina.

Os formatos dos boletins tentam colocar antecedência nas previsões das chuvas intensas, destacando chuvas diárias e chuvas acumuladas em curtos períodos, para também controlar eventos deflagradores de movimento de massa e inundações. Contudo, as chuvas convectivas, com potencial de causar tempestades de raios, granizo e vendavais, por vezes apresentam a simples descrição, pancadas de chuva com possibilidade de relâmpagos e granizo. A **Figura 6.3-1** mostra exemplo do boletim, da página da internet da Defesa Civil Estadual.

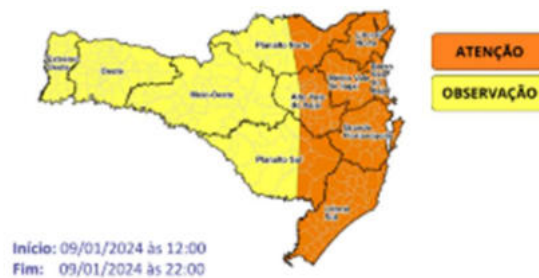
Figura 6.3-1. Exemplo de Boletim meteorológico de chuvas intensas.

Atenção Meteorológica 08/01 – Temporais e chuva intensa nesta terça-feira (09)

Elaborado em: 08/01/2024 às 17:00 – N° 004/2024
Meteorologistas: Fernando Rafael e Caio Guerra

A terça-feira (09) será marcada por temporais e chuva intensa no estado de Santa Catarina, sobretudo nas áreas entre os planaltos, em todo o Vale do Itajaí e regiões litorâneas, onde o risco é alto para danos como destelhamentos, queda de árvores e danos na rede elétrica. Em curtos períodos de tempo, a chuva pode ser volumosa, portanto, também há risco para alagamentos e enxurradas pontuais. Na região do Grande Oeste, as chuvas devem ocorrer de forma mais isolada, sendo o risco moderado. É a atuação das instabilidades na atmosfera, combinadas ao calor e a umidade, que favorecem a chuva de forma generalizada, em especial no período entre a tarde e à noite.

Fonte: Defesa Civil Estadual-SC.



A Defesa Civil recomenda:

- Alertas de tempestades de raio;
- Alertas de inundações e alagamentos; e
- Alertas de vendavais.

Infelizmente, esse formato mal permite a previsão de enxurradas (inundações bruscas), pois não é possível individualizar as localidades em que a precipitação pode ser mais intensa, ele se aplica às tempestades de raio e granizo. Algumas instalações industriais, se utilizam desse tipo de previsão, em plataformas comerciais de meteorologia para que seus sistemas de saúde e segurança do trabalho controlem as atividades a céu aberto, potencialmente frágeis a tempestades de raio como sondagens, atividades em torres de comunicação, chaminés e montagem de andaimes.

Os vendavais, acompanham os boletins de previsão meteorológica, e acaba sendo de dois tipos, aqueles que acompanham ondas de frio e potencial de impactar o continente, mas também apresentam boletins voltados às condições marítimas, de ressacas e ciclones extratropicais, e que preveem ventos fortes em mar aberto. Notar que o boletim foi elaborado às 21:20 com previsões para a madrugada, situação de difícil atuação preventiva de defesa civil municipal, que demonstra a necessidade de um sistema interno, envolvendo plantonistas e protocolos de ação.

Figura 6.3-2. Exemplo de Boletim meteorológico de vendavais.

Monitoramento Meteorológico SDC/SC 03/06 21:20

Elaborado em: 03/06/2024 às 21:20

Meteorologistas: Ana Luiza Dors Wilke

Na noite desta segunda-feira (03) devido a atuação de uma frente fria, há bastante quantidade de nuvens em grande parte do estado e ocorrência de chuva nas áreas litorâneas entre a Grande Florianópolis e o Litoral Norte. O vento sopra com intensidade fraca a moderada de quadrante sul, com rajadas de até 60 km/h na costa e suas proximidades. No momento, as temperaturas variam entre 6 e 12°C no Planalto Sul e no Litoral Sul e marcam entre 13 e 17°C nas demais regiões. Nas próximas horas, essas condições se mantêm, as temperaturas entram em declínio e o vento deve perder intensidade gradativamente. O risco é baixo a moderado para danos na rede elétrica e queda de galhos de árvores.

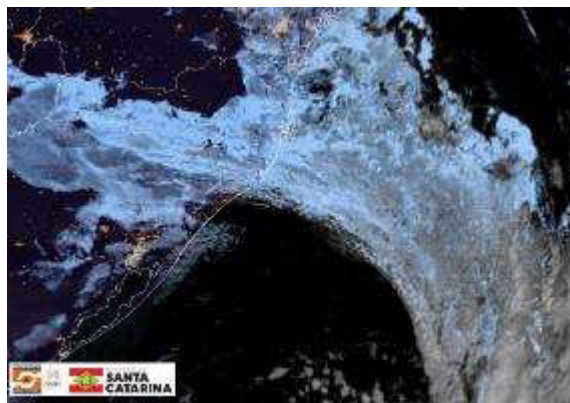


Figura: Imagem do satélite GOES-16, às 21h00 horário local.

Fonte: RAMMB/CIRA. Adaptado por: Defesa Civil de SC

Os alertas para onda de frio e calor apresentam formato adequado, e podem ser emitidos com a antecedência necessária para que o sistema municipal possa prevenir danos humanos graves por hipotermia em população vulnerável, ou em decorrência de insolação em trabalhadores expostos, além de que o sistema de saúde possa se precaver, na forma de plantões, estoques e equipes de emergência, os boletins apresentam um conteúdo adequado apresentado na **Figura 6.3-3** e **6.3-4** a seguir.

Figura 6.3-3. Exemplo de Boletim meteorológico de ondas de frio.

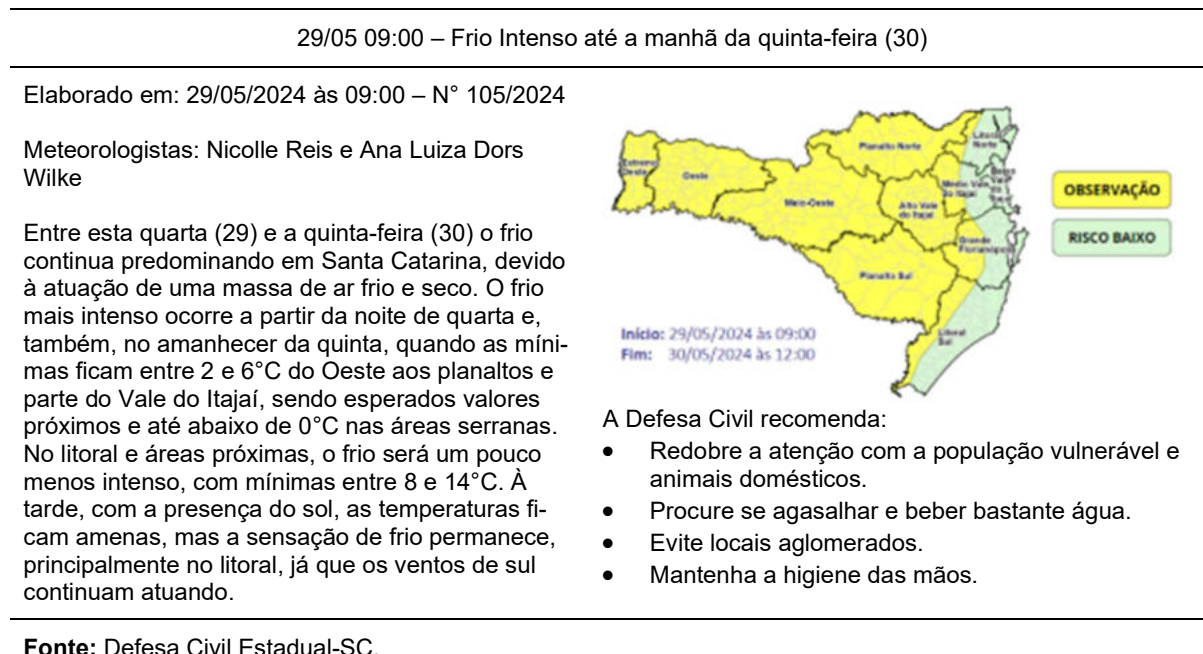


Figura 6.3-4. Exemplo de Boletim meteorológico de ondas de calor.

Observação meteorológica baixa umidade relativa do ar neste domingo (15)

Início: 15/03/2020 às 12:00.

Fim: 15/03/2020 às 18:00.

Regiões: Extremo Oeste, Oeste, Meio Oeste e Litoral Sul

Previsão: A atuação persistente de uma massa de ar seco e quente favorece temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar no dia de hoje (15). Destaca-se as regiões em amarelo no mapa, em que muitos municípios a umidade relativa devem ficar abaixo de 30 %.

A pesquisa nos boletins meteorológicos permitiu que o sistema vem apresentando de forma antecipada os avisos de riscos meteorológicos e climatológicos, contudo vale ressaltar que a análise de números de dias em que houve cenário 1 de ondas de calor, apresentou dezenas de registros, mas nos boletins, na busca pelo exemplo acima, apenas foram citados calor

forte, na descrição dos dias com previsão de pancadas de chuvas. Para o exemplo da **Figura 6.3-4** foi necessário buscar notícias mais antigas, nota-se que Joinville, no dia 15 registrou temperaturas de 35°, que ocasionou cenário 1, quase 2, e o sistema estadual não apontou riscos para a zona litorânea, possivelmente devido o alerta buscar áreas de baixa umidade, propícios a incêndios florestais.

Assim o sistema de suporte prevê condições de controle dos eventos, embora apresente oportunidades de melhoria, e cabe ao sistema municipal o desenvolvimento das ferramentas adequadas de controle e antecipação das ondas de calor, ondas de frio e chuvas intensas. Contudo entende-se a dificuldade em aplicar as escalas de atuação para eventos mais pontuais, dos processos relacionados às chuvas intensas, como locais de ocorrência de inundações bruscas, alagamentos, granizo, tempestades de raio e vendavais. Para isto, entende-se que o acompanhamento por radares meteorológicos, seja de ações supervisionadas, seja com uma preparação para modernos sistemas de *machine learning*.

5.2 DESASTRES BIOLÓGICOS

A crise sanitária provocada pela Covid-19 destacou o potencial devastador desse tipo de desastre, mostrando não apenas os danos humanos e materiais, mas também o papel crucial da defesa e proteção civil na gestão de crises, atuando além do âmbito médico (Rodrigues *et al.*, 2020).

Para os riscos biológicos, os controles existentes envolvem a determinação da população exposta e a implementação de medidas para atuar nos vetores de disseminação das patologias. No caso dos arbovírus, por exemplo, a metodologia geralmente aplicada é o combate aos mosquitos vetores. Estudos entomológicos ajudam a entender a migração e os habitats desses vetores, e Joinville já conta com pesquisas nesse campo. O poder público deve realizar campanhas intensivas para eliminar os criadouros de mosquitos, incluindo dedetização e, em alguns casos, o uso de drones para localizar e pulverizar focos de maneira pontual. De forma semelhante, o combate ao carrapato estrela, que transmite a febre maculosa, e aos ratos, que são vetores da leptospirose, também são importantes.

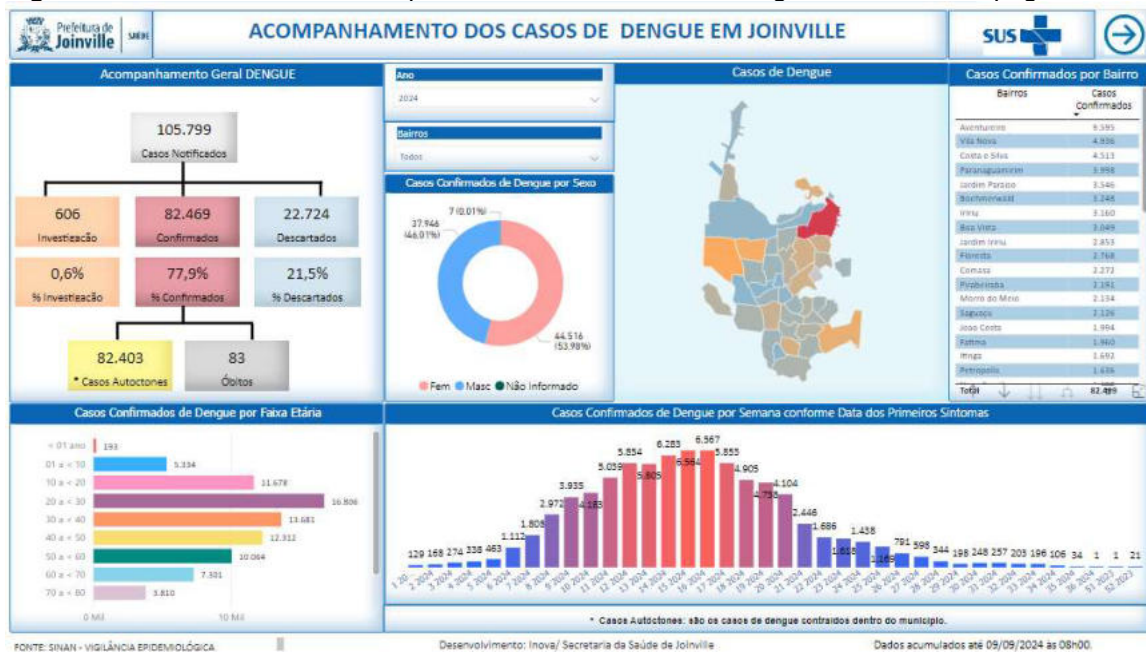
Importante destacar que a prefeitura apresenta cartilhas de prevenção, e ministra palestras sobre os temas ligados a Vigilância Ambiental e Zoonoses, para o combate a focos das tipologias de desastres, com cobertura para a Leptospirose e Febre Maculosa, além de um controle sobre primatas não-humanos.

Para outras situações, como infecções virais, bacterianas ou parasitológicas de contato direto, campanhas de vacinação são essenciais, e a cobertura imunológica da população deve ser constantemente monitorada. Medidas de higiene, uso de máscaras e isolamento social são amplamente recomendados.

No caso específico da infestação por escorpiões, o poder público municipal mantém uma página (<https://www.joinville.sc.gov.br/servicos/obter-orientacoes-sobre-manejo-de-escorpioes/>) sobre o manejo de escorpiões. Importante destacar que em 2019, 2020 e 2021 ocorreu um pico de notificações sobre escorpiões, com os casos voltando a normalidade após 2022, mostrando que o programa de manejo contribuiu com o controle.

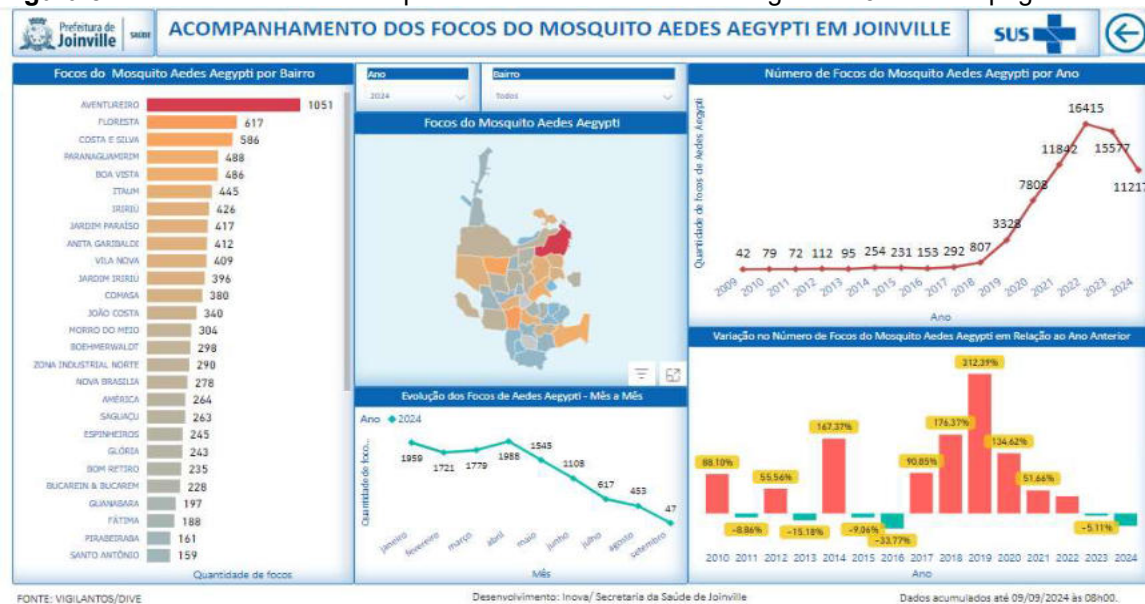
Em relação às arboviroses causadas pelo *Aedes aegypti*, Joinville conta com uma equipe especializada que mantém um mapa dinâmico dos riscos. As informações são continuamente atualizadas na plataforma “Painel da Dengue” (<https://www.joinville.sc.gov.br/dengue/>). As Figuras 5.2-1 e 5.2-2 a seguir mostram a plataforma e as informações disponíveis.

Figura 5.2-1. Plataforma de acompanhamento dos casos de dengue em Joinville – página 1.



Fonte: Painei Dengue Joinville: <https://www.joinville.sc.gov.br/dengue/>.

Figura 5.2-2. Plataforma de acompanhamento dos casos de dengue em Joinville – página 2.



Fonte: Painei Dengue Joinville: <https://www.joinville.sc.gov.br/dengue/>.

A plataforma apresenta com transparência para a população e principais stakeholders a situação atual dos casos de dengue e focos de mosquito, e permite concentrar esforços de maneira espacial nos bairros e unidades de saúde do município, de maneira que ao menos sobre o conhecimento do problema, entende-se o controle existente eficaz, cabendo a um assertivo sistema de alerta e comunicação para uma eficaz gestão dos riscos.

5.3 DESASTRES TECNOLÓGICOS

Dentro do processo de governança dos riscos tecnológicos, existe uma série de medidas não-estruturais relacionadas ao controle, monitoramento e fiscalização de atividades, tanto no âmbito de plantas indústrias / empreendimentos, como para transporte rodoviário e dutoviário de produtos perigosos. Para ambos, há de se ater às legislações estaduais e federais que implicam em uma série de providências para monitoramento e fiscalização.

Dentro desse escopo, pode-se destacar alguns controles eficientes, sendo:

- PAE: Plano de Ação de Emergência;
- PEI: Plano de Emergência Individual;
- PAM: Plano de Auxílio Mútuo;
- PGR: Plano de Gerenciamento de Riscos; e
- APELL: Alerta e Preparação de Comunidades para Emergências Locais.

A partir de uma análise de documentos enviados por parte dos empreendimentos industriais de Joinville, totalizando 14, constatou-se que todos possuem PAE e duas indústrias distintas possuem um PGR e um PEI cada. Não foi registrada existência de PAM e APELL.

Neste sentido, os riscos tecnológicos, relacionados a incêndios e explosões existentes em Joinville, tem a prevenção dos riscos bem como parte da capacidade de resposta gerida pelos próprios empreendedores, constando nos referidos documentos indicação de responsáveis técnicos a depender da tipologia de emergência, procedimentos de evacuação, pontos de encontro, sirenes, contatos externos (SAMU, Bombeiros, SAMA, etc.) e outros tópicos pertinentes. Então, basicamente, o controle de risco que existe no momento é interno aos empreendimentos e a ocorrência estará sob controle caso seja restrita à planta industrial, nas quais já existem os procedimentos a serem seguidos. Contudo, para emergências que extrapolem os limites da planta industrial, ainda há necessidade de implementação de procedimentos que articulem os empreendimentos, com funções bem definidas e delegadas, e que congregue o objetivo de proteção da população lindeira.

No contexto de risco para transporte rodoviário e dutoviário, de produtos perigosos, existem fiscalizações que ocorrem de maneira periódica e tempestiva, por meio de avaliação do motorista e das condições do veículo, realizando vistoria em conformidade com o Código Brasileiro de Trânsito, a qual ocorre junto aos órgãos municipais de trânsito, guarda municipal e SAMA. Contudo, nota-se que tal procedimento não se mostra suficiente para controle e fiscalização deste tipo de risco, e por isso desde já se sugere o estabelecimento de um convênio entre todos stakeholders para um efetivo controle desses riscos, ao incluir polícia rodoviária, Conselho Regional de Química e IMA. Para os riscos de transportes rodoviários e dutoviários, indica-se a implementação de convênios com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), para que o município possa atuar também nas infrações referente ao transporte de produtos perigosos.

O Plano de Continuidade de Negócios e Recuperação de Desastres (PCNRD) da Companhia Águas de Joinville (CAJ) é um instrumento estratégico que visa assegurar a continuidade dos serviços essenciais, como abastecimento de água e esgotamento sanitário, em cenários de desastres. Ele responde a desafios como a fragilidade dos mananciais (Rio Cubatão e Rio Pirai), sujeitos a estiagens, contaminações e colapsos estruturais, e problemas na reservação e distribuição de água, que podem ser impactados por tempestades e falhas elétricas. O plano também aborda riscos em grandes ETEs e reservatórios, como a ETE Jarivatuba, propensas a inundações e movimentos de terra, buscando minimizar desastres à população. Baseado na gestão de riscos (conforme a ISO 31.000/2018), o PCNRD define ações de mitigação, contingência e recuperação para diferentes áreas, utilizando ferramentas como SA Interact para mapeamento de riscos e implementação de controles preventivos. Além disso, o plano

detalha respostas a eventos críticos, reforça estruturas e busca garantir segurança operacional e cumprimento da legislação, com atuação integrada do Comitê de Gerenciamento de Riscos.

Expostas tais fragilidades, indica-se que o aprimoramento dos controles existentes seja dado por diferentes vieses. Primeiramente, faz-se necessária a elaboração de planos que integrem ações emergenciais articuladas e bem definidas entre esses empreendimentos, que procure agregar a população lindeira na gestão dos riscos, por meio de um APELL, sendo possível até vincular NUPDECs. Como forma de melhorar a capacidade de reposta, pode ser recomendado a elaboração de um PAM (Plano de Auxílio Mútuo) por aglomerado industrial. E ainda como última sugestão de quando ocorrer revisões e elaboração de PGR e PAE, possa-se analisar a possibilidade de inclusão da população lindeira na análise e procedimentos.

Quanto aos riscos relacionados ao colapso de edificações, os mecanismos de controle estão atrelados a aplicação da legislação de uso e ocupação do solo que possibilita a implantação de edificações em conformidade com a legislação, com projetos elaborados por profissionais legalmente habilitados e implantados com maior segurança quanto a estes colapsos. Assim, para que estes mecanismos de controle sejam efetivos, é fundamental que a administração municipal reforce a fiscalização destas posturas, principalmente, nas regiões onde o risco para a ocorrência desses colapsos é de grau alto e muito alto. Por outro lado, nas ocupações existentes nestas regiões e implantadas de forma irregular é importante a implantação de um trabalho focado no estabelecimento de mecanismos para a regularização destas áreas, dentro da legislação existente ou a serem postuladas, que possibilite a adequação e melhoria das questões de segurança destes imóveis, além permitir o controle e monitoramento destas áreas.

Portanto, no Plano de Gestão de Riscos e Desastres de Joinville estes controles deverão ser parte integrante dentro das ações preventivas, seja contemplando os procedimentos existentes ou os ampliando dentro das necessidades e objetivos do PMGRD. Diante do exposto, todos os mecanismos de controle hoje existentes deverão ser parte integrante do PMGRD e, se necessários, adequados às necessidades do seu aprimoramento e efetivação, em caráter permanente, e reforçando a governança na prevenção da ocorrência dos eventos relacionados aos referidos riscos tecnológicos.

6 MATRIZ DE RISCOS E HIERARQUIZAÇÃO DAS AMEAÇAS E EXPOSIÇÃO

6.1 RISCO GEOLÓGICO

As áreas de risco mapeadas ou, áreas-alvo apontadas pelo levantamento da CPRM, somam 84 áreas. Em todas essas áreas foram realizadas visitas a campo para validação do processo descrito instalado, mapeamento qualitativo de risco (Brasil 2007), na qual as áreas com risco geológico médio, alto ou muito alto, tiveram suas seções críticas levantadas, e os detalhamentos geotécnicos ocorreram com sondagens de solo, com ensaio SPT, ensaios de cisalhamento direto e levantamento de perfil, para se efetuar os estudos de estabilidade por equilíbrio limite.

A lista final das áreas de risco geológicos realizadas em campo estão apresentados na **Tabela 6.1-1** a seguir, com a classificação qualitativa de campo, e os fatores de segurança dos estudos de estabilidade. A Norma ABNT NBR 11682, apresenta a composição do fator de segurança a ser selecionado, que pode eventualmente ser satisfatório a partir de 1,2 e com-

pletamente satisfatório em FS 1,5. E que valores abaixo de 1,0 apresentam estabilidade crítica. Assim, sugere-se classes muito alto ($FS < 1,0$), alto ($1,0 < FS < 1,2$), médio ($1,2 < FS < 1,5$) e baixo ($FS > 1,5$).

Os riscos apresentados hierarquizados se referem aos riscos mapeados em escala de detalhe, em áreas de riscos instalados e devem ser analisados para a proposição de medidas estruturais e não estruturais para riscos instalados da próxima Etapa.

Tabela 6.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres geotécnicos instalados.

Sector de Risco	Fator de Segurança	Altura Talude Natural (m)	Altura Talude Corte (m)	Altura Talude Aterro (m)	nº moradias	Inclinação Média (°)	Risco Geológico	Probabilidade Risco	Severidade	Tolerância ao Risco
JOI/001/001/ESC/R3/V3	NC	10	5	0	21	15	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/001/002/ESC/R4/V2	1,145	0	6	0	3	15	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/002/001/ESC/SM/V2	NC	25	6	0	11	16	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/003/001/ESC/SM/V2	1,778	30	5	0	18	28	R2 - Médio	Baixo	Alto	Tolerável
JOI/004/001/ESC/SM/V1	NC	30	8	0	5	20	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/006/001/ESC/SM/V2	1,503	30	5	0	16	22	R2 - Médio	Baixo	Alto	Tolerável
JOI/006/002/ESC/SM/V1	NC	40	3	0	4	22	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/006/003/ESC/SM/V1	NC	40	3	0	4	22	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/007/001/ESC/R4/V4	1,387	8	2	0	11	15	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/007/002/ESC/SM/V3	NC	10	2	0	17	15	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/007/003/ESC/R3/V4	NC	15	8	0	2	15	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/007/004/ESC/SM/V3	NC	0	3	0	8	15	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/009/001/ESC/SM/V1	3,57	90	2,5	0	6	23	R2 - Médio	Baixo	Alto	Tolerável
JOI/010/001/ESC/SM/V3	NC	90	1,5	0	6	20	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/011/001/ESC/R3/V3	0,903	70	10	0	4	22,5	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/012/001/ESC/R4/V3	1,281	75	8	0	12	20	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/012/002/ESC/R3/V3	NC	75	4	0	17	20	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/012/003/ESC/R4/V3	NC	0	7	0	10	20	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/013/001/ESC/SM/V2	0,722	50	5	0	21	22	R2 - Médio	Alto	Alto	Intolerável
JOI/013/002/ESC/R3/V1	NC	50	20	0	6	22	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/014/001/ESC/R4/V2	1,185	25	8	0	14	15	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/014/002/ESC/R4/V2	NC	0	8	0	11	15	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/015/001/ESC/R4/V2	1,208	50	7	0	8	20	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/016/001/ESC/R4/V4	0,893	30	8	0	10	20	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/017/001/ESC/R4/V3	0,78	150	10	0	9	22,5	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/017/002/ESC/R3/V2	NC	100	3	0	12	22,5	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/018/001/ESC/R4/V3	0,864	75	8	0	10	25	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/019/001/ESC/R4/V3	0,907	50	8	0	10	25	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/020/001/ESC/R3/V4	1,149	20	12	0	14	47,5	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/020/002/ESC/SM/V2	NC	0	8	0	9	47,5	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/021/001/ESC/R3/V1	0,628	0	6	0	3	10	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/022/001/ESC/R3/V4	0,762	0	8	0	11	35	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/023/001/ESC/R4/V4	1,32	0	6	0	12	25	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/023/001/ERO/R4/V3	NC	0	6	0	8	60	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/024/001/ESC/R3/V1	0,71	0	6	0	8	35	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável

Tabela 6.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres geotécnicos instalados.

Setor de Risco	Fator de Segurança	Altura Talude Natural (m)	Altura Talude Corte (m)	Altura Talude Aterro (m)	nº moradias	Inclinação Média (°)	Risco Geológico	Probabilidade Risco	Severidade	Tolerância ao Risco
JOI/025/001/ESC/R3/V3	1,008	0	5	0	1	20	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/026/001/ESC/R4/V3	0,818	0	12	0	7	50	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/027/001/ESC/SM/V3	1,857	0	6	0	4	35	R2 - Médio	Baixo	Alto	Tolerável
JOI/029/001/ESC/R4/V2	1,155	20	5	0	3	30	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/029/002/ESC/SM/V3	NC	0	4	0	33	30	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/029/003/ESC/R3/V4	NC	0	5	0	3	30	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/030/001/ESC/SM/V3	3,631	0	4	0	12	20	R2 - Médio	Baixo	Alto	Tolerável
JOI/031/001/ESC/SM/V1	NC	0	0	3	6	23	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/032/001/ESC/R3/V3	1,272	25	2	0	3	13	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/033/001/ESC/SM/V3	1,069	0	4	0	44	16,25	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/033/002/ESC/SM/V4	NC	0	6	0	12	16,25	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/033/003/ESC/R3/V4	NC	0	5	0	3	16,25	R3 - Alto	Alto	Médio	Intolerável
JOI/033/004/ESC/SM/V3	NC	0	4	0	2	16,25	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/034/001/ESC/SM/V3	3,667	0	3	0	18	15	R2 - Médio	Baixo	Médio	Observação
JOI/035/001/ESC/R4/V1	1,392	8	4	0	2	21,67	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/035/002/ESC/R3/V2	NC	40	2	0	9	21,67	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/035/003/ESC/R4/V1	NC	40	25	0	4	21,67	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/036/001/ESC/SM/V1	1,414	25	2	0	2	20	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/036/002/ESC/R3/V2	NC	25	3,5	0	11	20	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/037/001/ESC/R3/V3	1,196	20	3	2	26	15	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/037/002/ESC/SM/V2	NC	10	3	2	42	15	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/039/001/ESC/SM/V3	NC	10	6	0	8	18	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/040/001/ESC/R4/V2	1,007	10	6	2,5	19	12	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/041/001/ESC/SM/V2	3,898	4	4	0	41	12	R2 - Médio	Baixo	Médio	Observação
JOI/043/001/ESC/R3/V1	1,135	5,5	2	3,5	22	9	R3 - Alto	Alto	Médio	Intolerável
JOI/044/001/ESC/R4/V3	1,259	0	3	3	20	16,5	R4 - Muito Alto	Alto	Médio	Intolerável
JOI/044/002/ESC/SM/V2	NC	0	1,5	0	18	16,5	R2 - Médio	Médio	Baixo	Observação
JOI/045/001/ESC/R3/V3	1,4	0	2,5	0	1	30	R3 - Alto	Médio	Médio	Tolerável
JOI/046/001/ESC/SM/V1	NC	4	2	2	7	15	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/047/001/ESC/R4/V4	0,852	12	6	0	39	15	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/047/002/ESC/SM/V1	NC	0	3	0	3	15	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/048/001/ESC/R4/V4	1,147	12	8	0	3	15	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/048/002/ESC/R3/V3	NC	12	8	0	8	15	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/049/001/ESC/SM/V2	1,507	0	6	0	16	30	R2 - Médio	Baixo	Alto	Tolerável
JOI/050/001/ESC/R3/V1	1,143	0	3,5	0	1	12	R3 - Alto	Alto	Médio	Intolerável

Tabela 6.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres geotécnicos instalados.

Sector de Risco	Fator de Segu- rança	Altura Ta- lud Natu- ral (m)	Altura Ta- lud Corte (m)	Altura Ta- lud Aterro (m)	nº mora- dias	Inclinação Média (°)	Risco Geológico	Probabilidade Risco	Severidade	Tolerância ao Risco
JOI/050/002/ESC/SM/V1	NC	0	3,5	0	5	12	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/051/001/ESC/SM/V4	NC	0	3	0	7	20	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/052/001/ESC/SM/V2	NC	0	4	0	41	30	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/052/002/ESC/R3/V3	1,5	0	5	0	2	30	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/054/001/ESC/R3/V1	1,454	10	5	0	5	30	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/054/002/ESC/SM/V1	NC	0	5	0	8	30	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/055/001/ESC/R3/V1	1,033	0	4	0	7	25	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/055/002/ESC/SM/V1	NC	0	4	0	5	25	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/056/001/ESC/SM/V1	NC	10	0	0	0	15	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/057/001/ESC/R3/V2	1,272	0	10	0	14	30	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/058/001/ESC/R3/V1	0,736	0	6	0	4	45	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/059/001/ESC/R3/V1	1,034	0	10	0	8	60	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/060/001/ESC/SM/V2	NC	0	0	2	14	20	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/060/002/ESC/R4/V1	1,241	5	6	2	3	20	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/062/001/ESC/R4/V1	0,993	8	4	0	8	12	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/062/002/ESC/SM/V1	NC	12	3	0	6	12	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/062/003/ESC/SM/V2	NC	7	2	0	14	12	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/063/001/ESC/R3/V2	0,703	15	0	0	10	20	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/063/002/ESC/SM/V1	NC	8	0	0	8	20	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/064/001/ESC/R3/V3	0,746	10	5	9	6	11	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/065/001/ESC/SM/V3	NC	6	2	0	17	20	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/065/002/ESC/R3/V4	0,737	0	6	0	23	20	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/066/001/ESC/R3/V2	1,465	15	0	0	12	15	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/066/002/ESC/SM/V0	NC	15	5	0	11	15	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/067/001/ESC/R4/V1	0,802	18	2	2	7	20,5	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/067/002/ESC/SM/V2	NC	0	3	0	12	20,5	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/068/001/ESC/R4/V1	1,34	65	12	0	6	22	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/071/001/ESC/R3/V2	NC	35	0	0	12	5	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/073/001/ESC/R3/V1	0,797	25	8	0	7	25	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/073/002/ESC/R4/V4	NC	50	6	0	0	25	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/074/001/ESC/SM/V1	NC	0	6	0	4	21	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/075/001/ESC/SM/V0	NC	0	8	0	3	21	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/076/001/ESC/R4/V4	1,412	85	4	4	9	22,67	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/076/002/ESC/R3/V3	NC	10	4	0	15	22,67	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/076/003/ESC/SM/V1	NC	100	3	0	4	22,67	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável

Tabela 6.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres geotécnicos instalados.

Sector de Risco	Fator de Segu- rança	Altura Ta- lud Natu- ral (m)	Altura Ta- lud Corte (m)	Altura Ta- lud Aterro (m)	nº mora- dias	Inclinação Média (º)	Risco Geológico	Probabilidade Risco	Severidade	Tolerância ao Risco
JOI/078/001/SOL/SM/V1	NC	2,5	0	0	4	60	R2 - Médio	Médio	Médio	Tolerável
JOI/079/001/SOL/SM/V3	NC	4	0	0	3	80	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/080/001/ESC/R3/V3	0,905	35	6	2	20	17	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/082/001/ESC/R3/V1	0,753	0	10	0	4	12	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/082/002/ESC/SM/V2	NC	6	6	0	21	12	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/104/001/SOL/R3/V3	NC	1,5	0	0	11	55	R3 - Alto	Alto	Médio	Intolerável
JOI/112/002/SOL/SM/V1	NC	5	0	0	2	35	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/112/004/SOL/SM/V0	NC	3,5	0	0	1	80	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/115/002/SOL/R3/V1	NC	2	0	0	20	80	R3 - Alto	Alto	Médio	Intolerável
JOI/133/002/SOL/R3/V3	NC	2,5	0	0	8	70	R3 - Alto	Alto	Médio	Intolerável
JOI/135/002/SOL/R3/V4	NC	3	0	0	95	60	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/136/002/SOL/R3/V4	NC	2,5	0	0	13	70	R3 - Alto	Alto	Médio	Intolerável
JOI/141/001/ESC/R3/V1	1,381	15	0	0	5	21	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/142/001/ESC/R3/V2	1,434	0	6	0	17	45	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/143/001/ESC/R3/V3	1,409	35	5	0	7	20	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/145/001/ESC/SM/V1	NC	25	10	0	7	22,5	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/145/002/ESC/R3/V2	0,807	40	10	0	17	22,5	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/146/001/ESC/SM/V3	NC	70	6	0	11	18	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/147/001/ESC/R4/V3	1,175	30	3	0	4	20	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/148/001/ESC/R3/V3	0,745	50	8	0	13	20,5	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/148/002/ESC/SM/V2	NC	0	3	0	14	20,5	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/149/001/ESC/R3/V3	0,906	10	3	0	13	16	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/150/001/ESC/R3/V1	1,277	40	2	0	5	22	R3 - Alto	Médio	Alto	Intolerável
JOI/150/003/ESC/SM/V2	NC	30	3	0	24	22	R2 - Médio	Médio	Alto	Intolerável
JOI/151/001/ESC/R4/V3	1,109	0	7	0	6	35	R4 - Muito Alto	Alto	Alto	Intolerável
JOI/151/002/ESC/R3/V1	NC	0	6	0	6	35	R3 - Alto	Alto	Alto	Intolerável

NC = Não Calculado

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

6.2 RISCO HIDROLÓGICOS

Os eventos hidrológicos foram mapeados diferenciando-se dos processos de inundação, principalmente devido à infraestrutura de drenagem urbana. Utilizando o modelo HAND, que analisa a topografia e a capacidade de drenagem, foram identificadas áreas suscetíveis a alagamentos em eventos de chuva intensa. A suscetibilidade foi classificada com base em períodos de retorno (TR) de 5 anos.

As áreas de risco foram mantidas conforme as classes de suscetibilidade, com algumas exceções:

- **JOI125:** Na porção sul, apresenta diferentes graus de risco devido às distintas condições de vulnerabilidade das UHCTs.
- **JOI128:** Situação semelhante à JOI125.
- **JOI131:** Na porção norte, algumas UHCTs tiveram riscos agravados devido à vulnerabilidade, enquanto outras foram suprimidas devido à vulnerabilidade não aplicável.

Tabela 6.2.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres hidrológicos instalados.

Setor de Risco	Risco Hidrológico	nº de moradias	Nível de Atingimento (m)	Severidade	Probabilidade (TR)	Tolerância ao Risco
JOI/085/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	62	0,7	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/085/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	199	0,6	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/085/003/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	294	0,8	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/085/004/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	313	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/086/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	157	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/086/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	0	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/086/003/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	0	0,8	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/086/004/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	121	1,2	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/086/005/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	402	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/087/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	10	0,8	Média	>25 anos	Observação
JOI/088/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	28	0,3	Baixa	NC	Tolerável
JOI/088/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	31	0,5	Baixa	NC	Tolerável
JOI/089/001/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	28	0,5	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/089/002/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	36	0,3	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/089/003/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	20	0,3	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/090/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	19	0,9	Média	>25 anos	Observação
JOI/091/001/INU/R2/V4	R2 - Risco Médio	11	1,5	Alta	<10 anos	Intolerável
JOI/091/002/INU/R2/V4	R2 - Risco Médio	18	0,5	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/091/003/INU/R1/V4	R1 - Risco Baixo	26	1,1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/091/004/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	18	1,5	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/091/005/INU/R2/V4	R2 - Risco Médio	69	1,2	Alta	<10 anos	Intolerável

Tabela 6.2.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres hidrológicos instalados.

Setor de Risco	Risco Hidrológico	nº de moradores	Nível de Atingimento (m)	Severidade	Probabilidade (TR)	Tolerância ao Risco
JOI/091/006/INU/R1/V4	R1 - Risco Baixo	21	1,2	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/092/001/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	13	1	Média	NC	Intolerável
JOI/093/001/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	20	1,1	Média	NC	Intolerável
JOI/093/002/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	5	1	Média	NC	Intolerável
JOI/094/001/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	32	1,5	Média	NC	Intolerável
JOI/094/002/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	14	1	Média	NC	Intolerável
JOI/094/003/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	73	0,5	Baixa	NC	Tolerável
JOI/095/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	56	0,6	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/096/001/INU/R1/V4	R1 - Risco Baixo	66	2	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/096/002/INU/R1/V4	R1 - Risco Baixo	72	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/097/001/INU/R1/V4	R1 - Risco Baixo	34	1,5	Média	10 a 25 anos	Tolerável
JOI/097/002/INU/R1/V4	R1 - Risco Baixo	212	1,5	Média	10 a 25 anos	Tolerável
JOI/098/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	31	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/098/002/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	194	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/098/003/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	64	0,6	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/099/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	721	1	Média	>25 anos	Observação
JOI/100/001/INU/R2/V3	R2 - Risco Médio	14	0,5	Média	>25 anos	Observação
JOI/101/001/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	87	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/102/001/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	7	0,5	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/103/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	295	0,8	Média	>25 anos	Observação
JOI/104/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	66	0,8	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/104/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	177	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/105/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	62	0,3	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/106/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	64	0,2	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/107/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	49	1,5	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/107/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	13	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/107/003/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	41	0,3	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/108/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	151	1,5	Média	10 a 25 anos	Tolerável
JOI/109/001/INU/R3/V2	R3 - Risco Alto	2	0,2	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/109/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	113	0,6	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/110/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	219	1	Média	10 a 25 anos	Tolerável
JOI/111/001/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	309	0,5	Média	<10 anos	Intolerável

Tabela 6.2.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres hidrológicos instalados.

Setor de Risco	Risco Hidrológico	nº de moradores	Nível de Atingimento (m)	Severidade	Probabilidade (TR)	Tolerância ao Risco
JOI/112/001/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	3	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/112/003/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	17	0,5	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/113/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	298	0,5	Baixa	10 a 25 anos	Observação
JOI/114/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	45	0,6	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/115/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	86	0,5	Baixa	10 a 25 anos	Observação
JOI/116/001/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	40	0,3	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/117/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	506	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/118/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	334	1,2	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/119/001/INU/R2/V2	R2 - Risco Médio	56	0,4	Média	10 a 25 anos	Tolerável
JOI/120/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	350	0,8	Média	10 a 25 anos	Tolerável
JOI/120/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	0	0,25	Baixa	10 a 25 anos	Observação
JOI/120/003/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	25	0,4	Baixa	10 a 25 anos	Observação
JOI/121/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	858	1,2	Média	>25 anos	Observação
JOI/122/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	45	0,4	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/123/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	197	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/124/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	112	0,4	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/124/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	58	0,4	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/125/001/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	50	0,8	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/125/002/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	125	0,25	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/125/003/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	105	1,2	Alta	<10 anos	Intolerável
JOI/126/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	297	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/126/002/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	33	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/126/003/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	59	0,3	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/126/004/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	118	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/126/005/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	112	0,3	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/126/006/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	152	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/127/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	628	1	Média	>25 anos	Observação
JOI/127/002/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	409	0,5	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/128/001/INU/R2/V1	R2 - Risco Médio	346	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/128/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	20	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/128/003/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	22	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/129/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	779	0,8	Média	10 a 25 anos	Tolerável

Tabela 6.2.1-1. Descrição e classificação das áreas de risco de desastres hidrológicos instalados.

Setor de Risco	Risco Hidrológico	nº de moradores	Nível de Atingimento (m)	Severidade	Probabilidade (TR)	Tolerância ao Risco
JOI/129/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	579	0,8	Média	10 a 25 anos	Tolerável
JOI/130/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	1056	1,5	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/130/002/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	915	1	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/131/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	247	0,4	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/132/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	1935	0,5	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/133/001/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	298	0,5	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/134/001/INU/R2/V2	R2 - Risco Médio	324	0,5	Média	>25 anos	Observação
JOI/135/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	941	0,4	Baixa	10 a 25 anos	Observação
JOI/136/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	841	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/137/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	52	0,5	Baixa	10 a 25 anos	Observação
JOI/138/001/INU/R2/V4	R2 - Risco Médio	618	0,5	Média	<10 anos	Intolerável
JOI/139/001/INU/R1/V2	R1 - Risco Baixo	811	0,5	Baixa	<10 anos	Tolerável
JOI/140/001/INU/R1/V3	R1 - Risco Baixo	533	0,3	Baixa	>25 anos	Observação
JOI/150/002/INU/R1/V1	R1 - Risco Baixo	3	1	Média	10 a 25 anos	Tolerável

Fonte: Consórcio.

6.3 RISCO CLIMATOLÓGICO E METEOROLÓGICO

A partir da análise da ameaça, da cartografia dos riscos e suscetibilidade, pautados pelos registros de ocorrências, entende-se que as áreas de risco do município, para cada desastre, se relacionam como:

- Ondas de calor - embora todo o município esteja sob a mesma onda de calor, as avaliações da cartografia dos riscos, apresenta as áreas de maior suscetibilidade, às áreas de maior vulnerabilidade e nesse caso, sem as ocorrências para pautar o foco desse risco. De acordo com o gráfico da **Figura 4.4.1.4-1**, a estação de maior ocorrência de cenário 1 e 2 é a FlotFlux, que abrangem os bairros da área Centro-norte, que culmina com a concentração das áreas de risco médio e alto cartografadas. Vale destacar que os mapas de suscetibilidade foram avaliados a partir de uma abordagem de detecção de ilhas de calor, com forte influência na porção leste e centro-norte da área urbana;
- Ondas de frio - de maneira análoga, foi constatado que as áreas de risco se concentram nos bairros da estação Ceasa (**Figura 4.4.1.4-2**), com maior ocorrência de cenário 1, 2 e 3. As áreas com risco alto, devido às vulnerabilidades, concentram-se nos bairros da área Oeste e Sul;
- Vendavais - As mesmas estações utilizadas representam os dados de ocorrência de vendavais, nesses também puderam ser contabilizados áreas de maior e menor ocorrência de cenários 1 e 2 na série histórica, sendo a estação lateclub com maior número de ocorrências (**Figura 4.4.1.4-3**). Contudo, esse item conta com registros de ocorrência que embora se espalhem pela área urbana do município, é possível observar concentrações de ocorrência nas proximidades das estações latclub e Itaum, na porção

sudeste da área urbana do município, provavelmente representando as entradas de chuvas intensas convectivas, que acompanham os sistemas de grande escala;

- Chuvas intensas - De acordo com o gráfico da **Figura 4.4.1.4-4**, a estação de maior ocorrência de cenário 1, 2 e 3 é Estrada dos Morros, onde se concentram as áreas de risco alto e médio, localizadas na área de serra, refletindo as chuvas orográficas. A estação Flotflux reflete as chuvas convectivas, onde se concentram as áreas de risco alto. Importante destacar a necessidade de rever os tempos de retorno das chuvas intensas em Joinville, a partir de novas curvas IDF, entendendo que essa ameaça e riscos, devido a gravidade e magnitude das consequências, precisa ser realizada em caráter emergencial, ou ao menos de imediato (até 2 anos);
- Estiagem, incêndios florestais e baixa umidade do ar - O gráfico da **Figura 4.4.1.4-5** apresenta informações que aponta que nos anos de 2006 e 2007 todas as estações ficaram abaixo da média histórica anual. Em 2017, as estações Pirabeiraba (2648033) e Ponte SC-301 (2648028) ficaram abaixo e em 2019 as estações Pirabeiraba (2648033) e Primeiro Salto do Cubatão (2649060) também ficaram abaixo da média histórica anual. Nenhum diagnóstico apontou para a necessidade em tempo emergencial ou imediato de ações para garantir a Segurança Hídrica, exceto as relacionadas a proteção dos riscos tecnológicos.

6.4 RISCO BIOLÓGICO

A partir da análise da ameaça, da cartografia da vulnerabilidade e suscetibilidade, pautadas pelos registros de ocorrências, puderam ser definidas as áreas de risco no município para cada tipologia de desastre biológico. A distribuição territorial destas áreas foi alcançada pela espacialização dos fatores de suscetibilidade definidos pela análise conceitual das tipologias e sua ocorrência, e da vulnerabilidade estimada a partir dos índices propostos.

Assim, para as arboviroses causadas por *Aedes Aegypti* nota-se concentração do risco no setor urbano do município acompanhando principalmente as vulnerabilidades, uma vez que a vulnerabilidade analisa condições de adensamento populacional. Contudo, a distribuição das baixas suscetibilidades exerce influência na redução da classificação de risco em relação à vulnerabilidade para boa parte das áreas nas regiões sul e centro-oeste do perímetro urbano. E as classes de risco baixo, em geral se distribuem nos núcleos de adensamento da zona rural e da expansão urbana.

Para a febre amarela e maculosa, as áreas de risco foram fortemente influenciadas pela distribuição espacial das áreas suscetíveis, considerando principalmente nos fragmentos florestais conectados por corredores ecológicos, cuja classificação final de risco é predominantemente alta nas áreas rurais e na expansão urbanas (acompanhando os fragmentos florestais e corredores, nos quais foram atribuídos a classe alta de vulnerabilidade), enquanto apresentam riscos médios nos núcleos de urbanização na zona rural e restando as classes de risco baixo as áreas urbanas mais densamente ocupadas.

No caso da leptospirose, os fatores de suscetibilidade estão intimamente relacionados à inundação de áreas do município, contudo o controle de zoonoses aponta que áreas com atividades que estimulam a presença de roedores, como aviculturas, que apresentam concentração de rações e outros alimentos, representados no risco por meio de pontos de registros de ocorrência. Deste modo, as altas suscetibilidades a estes processos hidrológicos pesam no sentido do aumento do grau de risco nas áreas de média vulnerabilidade em praticamente todas as áreas de sobreposição.

Por fim, as infestações de escorpião e esporotricose, estão relacionados ao espaço urbano, por meio de terrenos em espaços não consolidados, para o primeiro, com acúmulo de resí-

duos sólidos e presença de alimentos disponíveis (e.g. baratas e outros artrópodes), e o segundo felinos domésticos e roedores, com a presença anterior de focos de infestação representados na espacialização dos focos.

6.5 RISCO TECNOLÓGICO

A partir da análise da ameaça, da cartografia de suscetibilidade e da cartografia dos riscos, norteadas pelos registros de ocorrências, entende-se o panorama das áreas de risco do município para cada tipologia de desastre tecnológico. A distribuição territorial destas áreas, na ausência de dados geográficos para a maioria dos registros - em relação as demais tipologias de desastres, foi alcançada pela espacialização dos fatores de suscetibilidade definidos pela análise conceitual das tipologias e sua ocorrência, e da vulnerabilidade estimada a partir dos índices propostos (Produto 05).

Com base no exposto, o risco a contaminação da água fica potencializado através do tráfego das fontes móveis de emissão de substâncias perigosas (veículo de transporte de carga perigosa em geral), dada à probabilidade de acidentes nos modais ferroviários e, principalmente, rodoviários. Assim, em termos de espacialização, há em todo o município, principalmente nas áreas mais urbanizadas, a integração de duas malhas expressivas, a viária e a hídrica, locais onde o cruzamento ou a grande proximidade entre as duas aumenta o risco em questão. Para tanto, é necessário levar em conta a suscetibilidade de toda rede hídrica do município de Joinville, tanto nas bacias que drenam o município, assim como naquelas à jusante, sendo intermunicipais ou mesmo interestaduais. Nesta integração viária e hídrica, o risco é classificado como alto quando a ocorrência destes eventos atinge bacias produtoras de água e, conseqüentemente, comprometem e colapsam o abastecimento das populações, tanto do município de Joinville como de regiões externas inseridas na bacia, e do ecossistema como um todo.

O risco de contaminação da água também está associado a eventuais acidentes relacionados a operação de indústrias localizadas no município, seja de forma dispersa ou concentradas nos distritos industriais. Isso se deve aos processos produtivos que manipulam matérias primas e produtos potencialmente perigosos, onde o grau desse risco aumenta de médio a alto com a intensidade da toxicidade do produto manipulado, assim como, do eventual efluente do processo industrial. Caso este venha a atingir as bacias produtoras de água para abastecimento, sem o devido tratamento, o risco de contaminação relacionado a essa fonte fixa é alto. Destaca-se também com fonte fixa, a ocorrência de eventos relacionados a acidentes em dutovias que transportam combustíveis líquidos, os quais apresentam grande potencial de contaminação no mesmo contexto das demais fontes relatadas anteriormente.

Os riscos associados ao colapso e recalque de edifícios/estruturas estão relacionados às regiões do município com recobrimento pedológico de solos hidromórficos, os quais possuem parâmetros físicos baixos de resistência a tensões, resultando em baixa capacidade de suporte e no comprometimento das estruturas e fundações. Nestas porções, o grau de risco aumenta na medida em que os processos construtivos não seguem as boas práticas da engenharia e quando há adaptações das fundações ao contexto local do meio físico. Em decorrência disso, na maioria das edificações em risco, há a desconformidade à legislação de uso e ocupação do solo. Pontualmente, pode-se registrar a potencialização de riscos em estruturas públicas e particulares de maior porte e obras de arte dispersas pelo município, onde as respectivas integridades estruturais não são submetidas a manutenções preventivas e a campanhas de monitoramento e fiscalização.

Para os incêndios/explosões urbanos, assim como foi citado para a contaminação de água, os riscos também são potencializados pelo transporte de produtos perigosos nos diversos modais e, por indústrias, sejam instaladas nos distritos industriais ou dispersas pelo município. Assim, destaca-se os agrupamentos urbanos inseridos nas proximidades das indústrias,

por vezes cortados pelo sistema viário local e, principalmente, pelo sistema rodoviário, em face do maior fluxo de circulação de produtos perigosos, como é o caso da BR 101, SC 108 e SC 418.

Por fim, para os acidentes com transporte de passageiros e/ou cargas não-perigosas, o destaque fica para a BR-101 que apresenta grande frequência de acidentes. Na Serra da Dona Francisca foi registrado em 2015 o maior acidente de transporte de passageiros de Santa Catarina, com 51 mortes, mostrando a importância de intervenções na rodovia, como já elencado no transporte de produtos perigosos. Concomitantemente, para o trecho urbano destacam-se a Rua Nove de Março, Avenidas Juscelino Kubitschek e Doutor Albano Schulz (Centro), Rua Aubé (Saguaçu), Avenida Hermann August Lepper (Saguaçu) e Rua Santa Catarina (Floresta), bem como as ruas Doutor João Colin e Dona Francisca.

7 AVALIAÇÃO DOS RISCOS POR BACIAS HIDROGRÁFICAS

A seguir, o **Tabela 7-1** apresenta detalhadamente os registros de desastres naturais destacando os subgrupos de desastres e as bacias onde ocorrem. Nesta pode-se observar o destaque da Bacia do Rio Cachoeira e os desastres geológicos e hidrológicos.

Tabela 7-1. Distribuição do inventário de ocorrências de desastres nas sub-bacias.

Bacia	Desastres Naturais Geológicos		Desastres Naturais Hidrológicos			Desastres Naturais Meteorológicos			Desastres Naturais Biológicos		Desastres Tecnológicos relacionados a incêndios		Desastres Tecnológicos relacionados a Obras Civis				Desastres Tecnológicos relacionados produtos perigosos		Total	%
	Ero-são	Movi-mento de Massa	Alaga-mento	Enxur-rada	Inunda-ção	Siste-mas de grande escala	Temperatu-ras extremas	Tempesta-des	Epide-mias	Infesta-ções e Pragas	Incên-dio	Incên-dios Ur-banos	Colapso de Es-trutura	Co-lapso de Pontes	Colapso de edifica-ções	Colapso de barra-gens	Contamina-ção de água	Trans-porte de Produtos Perigosos		
Ind. da Vertente Leste	21	348	363	20	36	-	-	87	70	6	7	5	4	-	370	-	-	-	1337	12,60
Ind. da Vertente Sul	14	194	81	2	42	3	3	64	-	2	2	2	5	2	323	-	1	-	740	6,98
Itapocuzinho	-	6	-	2	1	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	13	0,12
Palmital	1	30	6	3	3	1	-	11	-	1	-	-	-	-	25	-	-	1	82	0,77
Rio Cacho-eira	185	2.488	413	73	344	12	9	480	125	23	31	19	30	3	1.924	-	3	7	6169	58,15
Rio Cuba-tão	17	255	199	38	57	-	-	113	1	5	10	6	4	2	230	1	1	9	948	8,94
Rio Pirai	28	521	202	14	98	5	1	161	-	6	4	-	2	2	274	1	-	-	1319	12,43
Total	266	3.842	1.264	152	581	21	13	919	196	43	54	32	45	10	3.146	2	5	17	10608	100

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Os riscos geológicos (deslizamento) de destaque no número de ocorrências foram analisados como risco em escala 1:10.000 e a **Tabela 7-2** a seguir apresenta a distribuição em Km² das classes de risco. E os riscos avaliados em escala de detalhe, acompanhados da análise da tolerância dos riscos estão apresentados na **Tabela 7-3**.

Tabela 7-2. Área total (em km²) de UHCTs com suas classificações de risco geológico (deslizamento) e distribuição espacial nas bacias.

Bacia	UHCTs com Risco Geológico - Deslizamento (km ²)			
	Baixo	Médio	Alto	Total
Independentes da Vertente Leste	0,00	0,51	1,03	1,55
Independentes da Vertente Sul	0,51	0,83	1,46	2,80
Palmital	0,00	0,18	1,66	1,84
Rio Cachoeira	4,12	12,27	7,61	24,00
Rio Cubatão	0,86	4,44	5,52	10,82
Rio Piraí	0,80	5,27	7,69	13,76
Total	6,29	23,51	24,97	54,77

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 7-3. Risco geológico, classificação de tolerância a risco em função das bacias avaliadas.

Bacia	Áreas de Risco por classificação de tolerância		
	Observação	Tolerável	Intolerável
Independentes da Vertente Leste	-	1	15
Independentes da Vertente Sul	-	1	1
Palmital	-	-	1
Rio Cachoeira	2	3	32
Rio Cubatão	-	3	10
Rio Piraí	-	-	9
Total	2	8	68

Fonte: Elaborado pelo consórcio

Para os riscos hidrológicos, com destaque no inventário, mas com maior potencial de causar consequências no município, a **Tabela 7-4** a distribuição em Km² das classes de risco de inundação com influência da maré e a **Tabela 7-5** das classes de risco de alagamento.

Tabela 7-4. Área total (em km²) de UHCTs com suas classificações de risco hidrológico (inundação com influência da maré) e distribuição espacial nas bacias.

Bacia	UHCTs com Risco Hidrológico – Inundação: com influência da maré (km ²)			
	Baixo	Médio	Alto	Total
Independentes da Vertente Leste	1,01	2,07	6,96	10,04
Independentes da Vertente Sul	0,40	0,81	3,35	4,57
Palmital	0,20	0,52	2,88	3,60
Rio Cachoeira	3,60	6,53	8,69	18,82
Rio Cubatão	0,55	2,71	10,98	14,23
Rio Piraí	1,05	3,28	6,58	10,91
Total	6,82	15,92	39,43	62,17

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Tabela 7-5. Área total (em km²) de UHCTs com suas classificações de risco hidrológico (alagamento) e distribuição espacial nas bacias.

Bacia	UHCTs com Risco Hidrológico – Alagamento (km ²)			
	Baixo	Médio	Alto	Total
Independentes da Vertente Leste	12,78	2,13	0,43	15,35
Independentes da Vertente Sul	4,04	3,30	0,13	7,48
Palmital	2,76	1,86	0,00	4,62
Rio Cachoeira	39,87	3,90	0,24	44,01
Rio Cubatão	19,25	5,37	0,14	24,75
Rio Piraí	18,97	4,32	0,26	23,55
Total	97,66	20,89	1,21	119,76

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Considerando os eventos hidrológicos como sendo os mais danosos materialmente falando, a **Tabela 7-6** traz a análise desses danos materiais calculados por sub-bacia. Como detalhado no **Quadro 4.4.5-1**, os danos materiais em reais (R\$) são calculados a partir de possíveis cenários de ocorrência. Para o cenário 1, é considerado apenas os setores de risco Alto, para o cenário 2, apenas os riscos Alto e Médio, e para o cenário 3, os riscos Alto, Médio e Baixo. Dessa forma, podemos considerar que em um caso de evento de desastre, a sub-bacia do Rio Cachoeira sofreria com o maior prejuízo, em qualquer que seja o cenário. Em contrapartida, a sub-bacia do Palmital teria danos materiais menores, quando colocado em perspectiva.

Tabela 7-6. Estimativa de danos materiais, nos cenários de magnitude de consequências, dos riscos hidrológicos por bacia hidrográfica

	Risco	Dano (R\$)	Cenário 1 (R\$)	Cenário 2 (R\$)	Cenário 3 (R\$)
Independentes da Vertente Leste	Alto	198.018.433,92	693.064,52	9.304.434,06	48.963.046,40
	Médio	68.584.261,13			
	Baixo	32.317.002,15			
	Total	298.919.697,20			
Independentes da Vertente Sul	Alto	26.135.353,46	91.473,74	1.294.362,89	6.835.993,54
	Médio	10.952.408,57			
	Baixo	4.646.020,30			
	Total	41.733.782,32			
Palmital	Alto	3.505.194,88	12.268,18	188.248,86	1.026.169,81
	Médio	1.888.755,18			
	Baixo	870.822,92			
	Total	6.264.772,98			
Rio Cachoeira	Alto	743.150.619,04	2.601.027,17	63.531.426,05	440.454.583,85
	Médio	1.077.234.081,56			
	Baixo	868.593.222,79			
	Total	2.688.977.923,39			
Rio Cubatão	Alto	71.849.233,79	251.472,32	3.962.934,87	22.042.960,31
	Médio	41.701.908,51			
	Baixo	21.021.264,94			
	Total	134.572.407,24			
Rio Piraí	Alto	66.091.212,38	231.319,24	4.539.423,38	23.946.390,36
	Médio	63.978.225,36			
	Baixo	16.123.421,63			
	Total	146.192.859,37			

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

8 EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação	Conselho de Classe
Fernando Machado Alves	Geólogo, M.Sc.	CREA/SP 5062119280
Antônio Manoel dos Santos Oliveira	Geólogo, Dr.	CREA/SP 0600297022
Mariana Guarnier Fagundes	Geógrafa, M.Sc.	CREA/SP 5062821457
Leonardo Mitre Alvim de Castro	Engenheiro Civil, Dr.	CREA/MG 70992/D
Ronaldo Malheiros Figueira	Geólogo, M.Sc.	CREA/SP 0601882960
Pedro Machado Simões	Geólogo	CREA/SP 5060927396
Oswaldo Yujiro Iwasa	Geólogo	CREA/SP 0600518079
Ledice Kesiane Pestana Moraes	Engenheira ambiental e de segurança do Trabalho	CREA/SP 5071122845
Camila Bertaglia Carou	Geógrafa, M.Sc.	CREA/SP 5070223575
Fernanda Dall Ara Azevedo	Bióloga, Dra	CRBIO/RJ 96243
Guilherme Nunes Fernandez	Geólogo, M.Sc	CREA/SP 5069082361
Carina de Carvalho Farias	Geógrafa	CREA/SP 5071065848
Diego Hiroshi Tanikawa	Geógrafo	CREA/SP 5071089964
Karina da Silva Lima	Geógrafa	CREA/SP 5070953341
Ricardo Augusto Voigtel Oliveira	Engenheiro Civil	CREA/SP 5070645609
Francesco Barale	Geólogo	CREA/SP 5071205568
Tobias Rehder da Cunha Patuci	Engenheiro Cartógrafo, M.Sc.	CREA/SP 5070306026
Davi Tochetto Bove	Geógrafo Trainee	CREA/SP 5071557429

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. **Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries**. Geomorphology 47, 107–124. 2002.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Nota técnica Nº 51/2021/SPR. Assunto: Impacto das Mudanças Climáticas na Demanda da Irrigação do Brasil**. 32p. 2021.

ANGULO, O. C. **Desastres e Epidemiologia**. Apresentação. Líderes 2007, Curso Internacional para Gerentes sobre Saúde, Desastres e Desenvolvimento. Brasília-DF, 2007.

BRASIL **Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012**. Ministério da Integração Nacional, 2012.

BRASILIANO, A. C. R., 2006. Método Brasileiro de análise de risco (Método básico). São Paulo-SP, 2006.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA (CEPED-SC). **Gestão de Risco de Desastres no Brasil: Panorama atual e tendências**. Florianópolis: FAPEU, 2020. 110 p. Disponível em < https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2022/04/GRD_Panorama_VF.pdf >. Acesso em 17 de setembro de 2024.

DER-SP – Departamento de Estradas e Rodagem. **Manual de Segurança Viária**. Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, São Paulo, 2023. Disponível em < https://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/manuais/MANUAL_SEGURANCA_VIARIA.pdf >. Acesso em 13 de novembro de 2024

DIAS, H.C., HÖLBLING, D., GROHMANN, C.H.. **Landslide susceptibility Mapping in Brazil: A Review**. Geosciences 2021, 11, 425, 2021 DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences11100425>

FREITAS, A. W. Q. de. **Perfil Epidemiológico dos Desastres no Brasil**. Dissertação de Mestrado. UFCSA. Porto Alegre. 117 p, 2021.

IPCC, 2021. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. In Press. Disponível em < <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> >. Acesso em 22 de maio de 2024.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. MMA, Ministério do Meio Ambiente. 2006. Disponível em:<https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/wp-content/uploads/sites/34/2014/04/mc_globais_efeitos_biodiversidade.pdf >. Acesso em: 22 de maio de 2024.

MARENGO, J. A. **O futuro clima do Brasil**. Revista USP, n. 103, p. 25-32, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p25-32.